



*República de Cuba  
Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"  
Departamento de Metalurgia Electromecánica*

# **Trabajo de Diploma**

## *Tesis en opción al Título de Ingeniero Mecánico*

**Título: *Determinación de los parámetros tecnológicos para el diseño de un transportador de paletas hundidas para la Planta de Preparación de Mineral de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara.***

**Autor: *Liudbel Blanco Suárez.***

**Tutores: *MsC. Roberto Sierra Perez.***

*MsC. Jorge Reyes de la Cruz.*

*MsC. Isnel Rodríguez González.*

*Moa – 2008  
"Año 50 de la Revolución"*

## DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

**Yo Liudbel Blanco Suárez:**

*Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.*

\_\_\_\_\_  
Firma del Diplomante

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

## **PENSAMIENTOS**

*“En la tierra hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y den más, que digan mejor ahora que mañana.”*

*Che*

*“...la verdad es que da vergüenza ver algo y no aprenderlo, y el hombre no ha de descansar hasta que aprenda todo lo que ve.”*

*José Martí*

## **DEDICATORIA**

*Dedico todo el esfuerzo de estos cinco años:*

*A mi padre Jorge Luis Blanco, por el apoyo que me ha dado en todo momento.*

*A mi Madre Aisa Suárez, por darme todo su amor y guiarme siempre por el camino correcto.*

*A mi hermana Liudmila Blanco, por ser mi ejemplo a seguir durante todos estos años.*

*A la memoria de mis abuelos Arístides Blanco y Carmen Gimenez.*

*A nuestra revolución, por las posibilidades que me ofrece.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A los MSc. Roberto Sierra; Jorge Reyes; Isnel Rodríguez por asesorarme técnicamente y científicamente.*

*Al colectivo de profesores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) por los conocimientos transmitidos en estos cinco años.*

*Al colectivo de trabajadores del departamento de Ingeniería y proyecto de la empresa Ernesto Che Guevara por los conocimientos transmitidos y el apoyo brindado.*

*A mis compañeros de aula por ser los que a lo largo de estos cinco años marcaron la diferencia.*

*A todos mis familiares, amigos y aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a lograr este triunfo que tanto e deseado.*

**GRACIAS**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A los MSc. Roberto Sierra; Jorge Reyes; Isnel Rodríguez por asesorarme técnicamente y científicamente.*

*Al colectivo de profesores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) por los conocimientos transmitidos en estos cinco años.*

*Al colectivo de trabajadores del departamento de Ingeniería y proyecto de la empresa Ernesto Che Guevara por los conocimientos transmitidos y el apoyo brindado.*

*A mis compañeros de aula por ser los que a lo largo de estos cinco años marcaron la diferencia.*

*A todos mis familiares, amigos y aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a lograr este triunfo que tanto e deseado.*

**GRACIAS**

## RESUMEN

En el presente trabajo de diploma se realiza el cálculo de los parámetros tecnológicos para el diseño de un transportador de paletas para la planta de preparación de mineral de la empresa Ernesto Che Guevara. Para ello se determinó el ancho y la altura de la canal necesaria del transportador en función de la productividad requerida, las cuales nos sirvieron para el cálculo de las dimensiones de las paletas y la velocidad del transportador. Luego se determinaron los pesos lineales necesarios para el cálculo de las resistencias en los tramos del transportador según el perfil realizado y posteriormente se calcularon las tensiones en cada punto del transportador en función de las resistencias antes calculadas. De los valores de tensiones obtenidos, se escogieron el valor máximo y el mínimo para la selección del paso de la cadena de arrastre y el cálculo del esfuerzo del accionamiento el cual se utilizó en la determinación de la potencia del motor.

Se estableció el ciclo de mantenimiento para dichos transportadores y finalmente se realizó una significativa valoración económica y medio ambiental.

## **ABSTRACT**

In the presently diploma work is carried out the calculation of the technological parameters for the design of a transporter of yokels for the plant of preparation of mineral of the company Ernesto Che Guevara. For it was determined it the width and the height of the necessary channel of the transporter in function of the required productivity, which served us for the calculation as that of the dimensions of the yokels and the speed of the transporter. Then the necessary lineal pesos were determined for the calculation of the resistances in the tracts of the transporter according to the carried out profile and later on the tensions were calculated before in each point of the transporter in function of the resistances calculated. Of the obtained values of tensions, the maximum value and the minimum were chosen for the selection of the step of the haulage chain and the calculation of the effort of the working which was used in the determination of the power of the motor.

The maintenance cycle settled down for this transporter and finally was carried out a significant economic and half environmental valuation.

## INTRODUCCIÓN

La empresa Cdte. "Ernesto Che Guevara", ubicada al norte del yacimiento mineral de Punta Gorda, Provincia de Holguín, entre los ríos Moa y Yagrumaje a 5 km de la Ciudad de Moa y a 2 km del poblado de Punta Gorda.

En esta empresa el flujo minero metalúrgico de níquel está compuesto por nueve Plantas de Proceso, siete de ellas principales y dos auxiliares. Estas son:

### De Proceso:

- Mina
- Planta de Preparación de Mineral.
- Hornos de Reducción.
- Planta de Lixiviación y Lavado:
- Planta de separación de Cobalto.
- Planta de Recuperación de Amoniaco.
- Planta de Calcinación y Sinter.

### Auxiliares:

- Planta Termo energética
- Planta Potabilizadora de agua.

Desde la obtención del mineral en bruto, en las Minas, hasta el proceso final de obtención del Níquel en la planta de Calcinación y Sinter, van a estar presentes las máquinas transportadoras, por lo que son la clave de la producción en masa.

Los transportadores en la empresa se pueden encontrar de diversas formas, desde equipos de banda hasta cadena, de alimentadores a descargadores, de elevadores de cangilones hasta unitarios. Todos ellos acarrean material a cualquier distancia y manejan materiales finos, ligeros, calientes o cargas muy pesadas. El empleo de los transportadores hace posible la circulación suave del mineral a través de una planta, sincronizando operaciones y moviendo grandes cantidades de material sin el agobiador

esfuerzo humano. Lo que contribuye a obtener menores costos de producción y un menor consumo energético de la empresa.

Un ejemplo de lo antes planteado lo encontramos en la planta de Preparación del Mineral llamada comúnmente Secadero (ver anexo 1) donde se emplean varios tipos de máquinas transportadoras que existen en el mundo, pues en ella, a lo largo del proceso de secado del mineral se van a emplear transportadores de banda, de tablillas y de paletas.

En esta planta los de transportadores de bandas van a tener un mayor empleo que los demás pues son los encargados de suministrar y distribuir el mineral en el depósito de homogeneización, reciben el mineral que descargan las grúas del depósito exterior e inician el trayecto hacia los secaderos y recogen el mineral que descargan los secaderos y lo inician en la transportación hacia los molinos. Donde nuevamente son usados para alimentar a los molinos de bolas con el mineral que reciben de las tolvas.

Los transportadores de tablillas se usan para dosificar el mineral a la correa que alimenta a los secaderos, el mineral lo reciben por medio de las grúas del depósito interior o de los transportadores de banda.

Los transportadores de paletas hundidas de 15 T/h, transportan el mineral, que se descarga en ellos proveniente de los electrofiltros, hacia los transportadores de paletas hundidas de 50 T/h que descargan su contenido en las tolvas de mineral que alimentaran a las bombas de transporte neumático las cuales son encargadas de conducir el mineral hacia las tolvas de producto final de los molinos.

La correcta proyección y selección del tipo de transportador permite lograr la explotación de estos equipos al máximo de sus posibilidades, esto es posible si sus condiciones de trabajo han sido correctamente seleccionadas y calculadas para su posterior diseño y explotación.

La eficiencia en el trabajo de estas máquinas, es un factor de gran importancia en la producción de la fábrica, de ella va a depender el alcanzar los planes de producción que se hallan trazado.

Del conjunto de máquinas transportadoras, que laboran en esta empresa, nos enmarcaremos en este trabajo de los transportadores de paletas hundidas empleados en la planta de Preparación de Mineral (Secadero).

### **Situación problémica:**

Actualmente los transportadores de paletas КЛС 650 – 117 y 118 pertenecientes a la planta de Preparación de Mineral de la empresa Ernesto Che Guevara. Se encuentran trabajando continuamente para garantizar el proceso productivo debido a un incremento de producción realizado en la planta.

Cuando ocurre alguna avería o parada por mantenimiento de uno de estos transportadores entonces es necesario evacuar todo el mineral por uno de ellos. Esto causa una gran aglomeración de material lo cual provoca deficiencia en el funcionamiento del transportador en función debido a la poca capacidad para la cual está diseñado, influencia negativa sobre el medio ambiente, e incremento del número de intervenciones durante la aplicación del ciclo de mantenimiento.

### **Problema:**

Baja capacidad de carga que poseen los transportadores de paletas КЛС 650 – 117 y 118 ubicados en la Planta de Preparación de Mineral, cuando se hace necesario pasar todo el mineral por uno de ellos para garantizar el régimen de producción de la planta por cuestiones de avería o parada por mantenimiento de uno de los dos transportadores.

### **Hipótesis:**

Determinando los parámetros tecnológicos como son; ancho de la canal, altura de la canal, dimensiones de la paleta, velocidad y tensiones según el perfil del transportador y potencia de motor, para una capacidad de 100 t/h, es posible diseñar un transportador de paletas que satisfaga el flujo productivo de la planta.

### **Objetivo general:**

Determinar los parámetros tecnológicos correspondientes al diseño de un transportador de paletas para la planta de Preparación de Mineral de La Empresa Ernesto Che Guevara, para una capacidad de 100 T/h.

### **Objetivos específicos:**

- Calcular los parámetros tecnológicos que permiten el diseño de un transportador de paletas como son:

- Ancho y la altura de la canal del transportador.
- Dimisiones de la paleta.
- Velocidad real del transportador.
- Pesos lineales.
- Resistencias y tenciones según los tramos del transportador.
- Potencia del motor.
- Calcular los parámetros que caracterizan el ciclo de mantenimiento para los transportadores de paletas.

**Tareas del trabajo:**

- Realizar búsqueda bibliográfica sobre las características y parámetros constructivos que se establecen para la selección y fabricación de los transportadores de paletas.
- Determinar los parámetros tecnológicos para el diseño de un transportador de paletas.
- Proponer el ciclo de mantenimiento para el transportador de paletas.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Análisis económico y medio ambiental.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Introducción.**

Las máquinas de transporte continuo constituyen uno de los principales eslabones del proceso tecnológico, tanto en las canteras, plantas de beneficio, talleres, almacenes así como en las plantas de procesos metalúrgicas. Su objetivo consiste en el traslado de la carga desde un punto a otro, creando un flujo de masa o volumen de determinada potencia y dirección. Especial importancia, tiene el transporte de mineral laterítico procesado, los materiales de construcción, los minerales de cromo beneficiados, distintas mezclas de sólidos y líquidos, gases y polvos, piezas y partes.

Para la comprensión de su buen funcionamiento, es necesario conocer algunos elementos fundamentales como son, calcificación, características, ventajas, desventajas, elementos que lo componen, etc. En tal sentido este capítulo tiene como **objetivo:**

Exponer a través de un eficiente análisis bibliográfico, los fundamentos teóricos para la adecuada comprensión del comportamiento de los transportadores de paletas hundidas.

### **1.2. Clasificación de las máquinas de transporte continuo.**

El amplio campo de aplicaciones que tienen las máquinas de transporte continuo y la forma tan variadas que presentan en el orden constructivo, hace complejo establecer una clasificación única de las mismas. La clasificación más recomendable es la de ordenarlas según los elementos que constituyen su rasgo más característico (Oriol, 1988), por ejemplo.

- Según la forma en que se transmita la fuerza motriz a la carga que se traslada.

1 - Mediante elementos mecánicos.

2 - Por la fuerza de gravedad.

3 - Por las fuerzas centrífugas.

- Según el aspecto de la carga transportada.

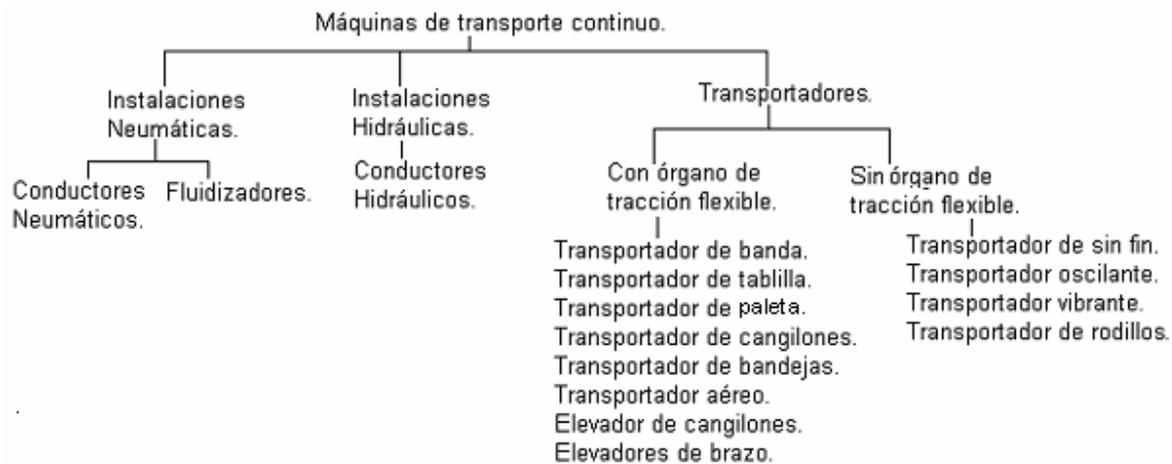
1 - Máquinas para el transporte de carga a granel.

2 - Máquinas para el transporte de carga por piezas.

- Según el plano en que se ubique la trayectoria de la máquina transportadora.

- 1 - En el plano horizontal.
  - 2 - En el plano vertical.
  - 3 - En el espacio tridimensional.
- Según la forma de transportar la carga.
    - 1 - En forma de ventana continua.
    - 2 - En recipientes o depósitos (cangilones).
    - 3 - Por piezas.
  - Por las formas constructivas y de aplicación de la forma motriz.

Por lo que tomará la siguiente forma de clasificación para subdividir los diferentes tipos de máquinas transportadoras.



**Figura1.** Subdivisión de las máquinas de transporte continuo.

Dentro de las máquinas de transporte continuo existente, nos basaremos en el estudio de los transportadores de paletas para cumplir el objetivo del capítulo.

### 1.3 Desarrollo de trabajos precedentes sobre transportadores de paletas.

Según Oriol (1988), el funcionamiento de los transportadores de paletas hundidas, se caracteriza por la transportación de la carga a granel o por piezas a través de una ruta dada sin que se produzcan paradas para la carga y descarga del material transportado. De acuerdo con lo expresado, el recorrido del elemento de la máquina encargado de portar la carga y el retorno de éste vacío, ocurrirán al mismo tiempo y en forma continua. Las

características fundamentales (movimiento continuo de la carga, ausencia de paradas para la carga y descarga, simultaneidad de movimiento del órgano portador cargado y vacío en el retorno, etcétera) confieren a las máquinas de transporte continuo una gran productividad, condición de gran importancia en la industria moderna en la cual son típicos los grandes flujos.

Plantea Shuvin (1986), la metodología de cálculo para los tipos de transportadores de paletas que existen, además se muestran una serie de aspectos concernientes a este tipo de transportador que sirven para tener un mayor entendimiento durante el cálculo, tales como: las características constructivas y determinación de los parámetros principales de un transportador de paletas.

Más tarde Méndez (2002), trabajó en la automatización de la metodología de cálculo para transportadores de banda. El mismo realiza el perfeccionamiento y actualización de dicha metodología de cálculo para estos tipos de transportadores y desarrolla el algoritmo acorde con dicha metodología y a los intereses de la producción e investigaciones realizadas. Además se elaboró un software basado en la proyección del algoritmo antes mencionado.

Pis (2005), basándose en lo expuesto por Oriol (1988), Shuvin (1986) y Méndez (2002), realizó la automatización de la metodología de diseño para los transportadores de paletas así como el correcto régimen de mantenimiento de los mismos.

Especialistas de la empresa Ernesto Che Guevara han trabajado en base del diseño de un transportador de paleta también para lograr una mayor capacidad de carga así como una transportación mineral más eficiente.

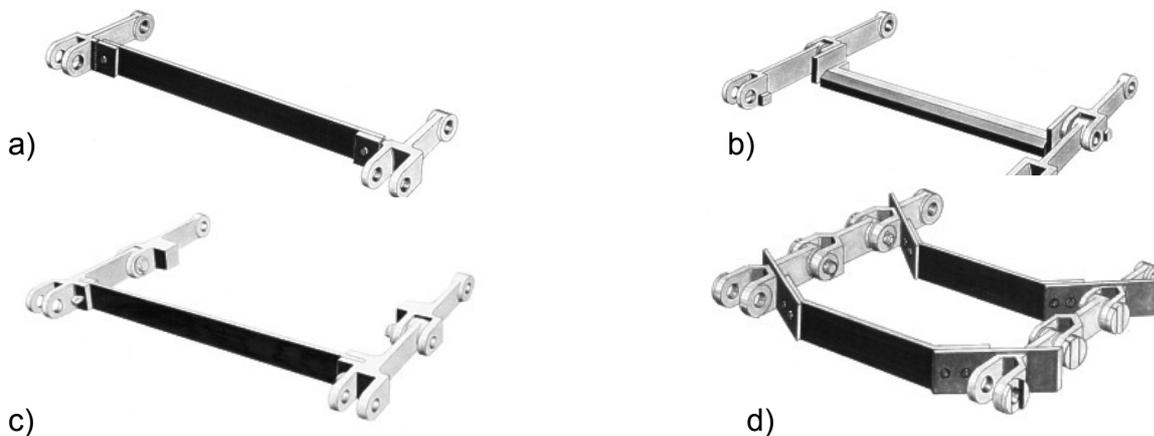
### **1.3.1 Conjuntos principales de los transportadores de paletas hundidas.**

El transportador de paletas hundidas, consta de los siguientes conjuntos principales (Oriol, 1988):

- A. Órgano de tracción o cadena.
- B. Dispositivo de transmisión.
- C. Cabezal divisor.
- D. Canal o conducto.

### 1.3.1.1 Órgano de tracción o cadena.

La determinación del órgano de tracción, se determina por la característica de la traza del transportador. Para transportación horizontal de las cargas se emplean cadena de tracción de raquetas planas, para la transportación en posición inclinada y vertical se utilizan cadenas de tracción con raquetas de contorno. Los eslabones de la cadena de arrastre pueden ser, estampados, fundidos y en algunos casos soldados. Con frecuencia el eslabón tiene forma de horquilla, esta forma facilita el desprendimiento de la carga de la cadena y su caída en los lugares de descarga. Debido a esto es mínima la posibilidad de amontonamiento de la carga en los dientes del sprockts motriz, ejemplos de cadenas de arrastre dobles se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Ejemplos de cadenas de arrastre dobles (paletas).

Eslabones forjados con paletas de arrastre soldadas y atornilladas (a); Eslabones forjados con paletas de arrastre móviles (b); Eslabones forjados con paletas de arrastre encajadas y sujetas por pasador (c) y Cadena de arrastre de doble ramal con paletas ordenadas en forma V (d).

La longitud límite del transportador, en la mayoría de los casos está limitada por la presión específica en la charnela que se determina en un grado considerable, la intensidad del desgaste, es decir, la duración de la unión y de la cadena en general. Por eso, como material para los eslabones y rodillo de las cadenas de tracción de orquillas se emplean aceros de alta calidad con elaboración térmica posterior.

Las cargas de trabajo para la cadena de arrastre se seleccionan partiendo de la duración del trabajo seguro de la misma (hasta el desgaste con el cual aún se garantiza la reserva necesaria de resistencia y el engranaje seguro de la cadena de arrastre con la catalina).

Se someten al desgaste de las charnelas (pasador y su agujero) y la superficie de apoyo de los eslabones que se desplazan por las guías y el fondo del canal.

En fin el desgaste va a depender fundamentalmente de dos factores:

- 1) Del tipo de material y de la termo-elaboración de las piezas de la cadena.
- 2) De la intensidad de trabajo de la cadena.

Al determinar las presiones específicas admisibles, se debe tener en cuenta la abrasividad de la carga a transportar, disminuyendo la presión específica admisible para los materiales abrasivos, como por ejemplo el cemento, la arena de cuarzo, etcétera, y aumentándola para los materiales no abrasivos.

La intensidad de trabajo de la cadena de arrastre se determina por la velocidad de su movimiento. La gran mayoría de las construcciones de los transportadores con paletas sumergidas tienen una velocidad de movimiento de las cadenas de tracción que se encuentra dentro de los límites de, 0.1 hasta 0.4 m/s.

Existen dos tipos de cadenas:

1. Corriente, con fijación del pasador mediante contrapasadores de alambre.
2. Desarmable, con fijación del pasador mediante contrapasador-chaveta.

La paleta, tanto plana como de contorno en la mayoría de los casos, se fabrican de acero blando y al colocarla a la cadena se sueldan o se pueden jigar con otros medios.

### **1.3.1.2 Dispositivos de transmisión.**

En la transmisión con frecuencia se utiliza la transmisión por correa trapezoidal, que permite, mediante poleas cambiables, cambiar fácilmente la velocidad de la cadena de paletas de acuerdo con la productividad requerida del transportador. La transmisión por correa trapezoidal excluye la necesidad de la cadena.

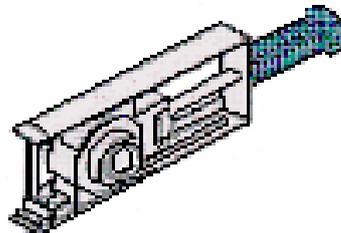
Las catalinas de transmisión se fabrican con acero de calidad (por ejemplo, 40X) y se someten al temple con un alto revenido o al mejoramiento y los dientes se elaboran con corriente de alta frecuencia hasta una dureza no inferior a HRC 50. La cantidad de dientes se toma desde seis hasta diez.

### 1.3.1.3 Dispositivo de tensión.

Para compensar el desgaste y alargamiento de las articulaciones, debe existir un sistema de tensado que permita aumentar la distancia entre centro de los ejes y así evitar que la cadena de arrastre trabaje excesivamente floja lo que provocaría dificultades de engrane con la rueda motriz. También para facilitar el montaje de la cadena, es necesario prever el sistema de tensado que permita una distancia entre ejes inferior a la nominal. El sistema de atezado, además va a garantizar la estabilidad del rastrillo.

Generalmente en todos los tipos de transportadores de paletas se emplean los atesadores de tornillo y de tornillo muelle. Aunque con más frecuencia se utilizan en los transportadores de paletas los dispositivos de tensión en tornillo, en los cuales, mediante la transmisión dentada, se garantiza la rotación sincrónica de los tornillos que evita la deformación del eje de tensión.

En otra construcción las cadenas de tensión se hacen con muelles y puede ser un índice especial para medir la tensión. La presencia de los muelles amortigua los tirones de la cadena, mejorando las condiciones de la cadena de arrastre y de los cojinetes. En la figura 3 se muestra un ejemplo de sistema tensor con muelles.



a)

**Figura 3.** Sistema tensor con muelles.

### 1.3.1.4 Canal o conducto.

Está formado por secciones que se unen sucesivamente unas con otras y cuya cantidad se determina por la longitud del transportador, como se muestra en la figura 4. Las secciones generalmente tienen sección transversal rectangular, la longitud de las mismas no es mayor de tres metros. El canal generalmente se monta por secciones de 3 a 6 m de longitud.



**Figura 4.** Ejemplos de canales de transportadores de paletas hundidas.

La construcción de las secciones, por regla general, es desarmable y garantiza el acceso al transportador en cualquier parte del mismo. Los conjuntos que forman el canal se unen mediante bridas con pernos, con lo que se garantiza la rapidez de las uniones, así como la hermeticidad al agua y al polvo. El canal de los transportadores verticales y muy inclinados se diferencia por la presencia de un tabique continuo por toda longitud, el tabique separa la parte de trabajo del canal de la parte libre.

En los transportadores largos horizontales y levemente inclinados a veces es conveniente instalar en la parte superior del canal rodillos de apoyo, por los cuales se desplaza la rama libre de la cadena.

El paso de los rodillos de apoyo en las diferentes construcciones oscila entre dos y cuatro metros. Esta construcción además de garantizar el movimiento de la rama libre con pérdidas muy pequeñas en la fricción evita realmente el desgaste de la superficie de apoyo de la cadena de arrastre en la rama libre y permite, en una construcción simétrica de los rastrillos, girar la cadena para trabajar por el otro lado, aumentando de esta forma la duración de la misma.

Para examinar la parte interior del transportador en los canales se contemplan registros que se abren fácilmente. Generalmente estos se sitúan encima de los rodillos de apoyo, en el centro de las secciones curvas y encima de los orificios de descarga internos. Estas aberturas permiten poder observar el interior del transportador en aquellos lugares que tengan la necesidad de ser revisados constantemente durante las revisiones diarias que se efectúan por el mantenimiento planificado al transportador.

La carga del transportador se realiza a través de embudos de carga cuya cantidad y disposición dependen de las exigencias de la producción. Se tienen diferentes tipos de embudos de carga, con carga por ambos lados, con carga central superior a través del orificio, directamente en la rama de trabajo. La selección del tipo de los dispositivos de carga y sus dimensiones se determina por las propiedades de la carga a transportar.

La descarga del transportador se realiza a través del orificio de descarga construido en la parte inferior del canal. La cantidad, la disposición y las dimensiones de los orificios de descarga también dependen de las exigencias de la producción y de las propiedades de la carga a transportar. Cuando hay dos o más orificios de descarga se instalan en ellos compuertas que permiten descargar el transportador en el punto dado y regular el volumen de la descarga. El control de las compuertas puede ser manual, mediante volante y de cremallera, o a distancia y en este caso es eléctrico. Cuando se transporta carga pegajosa o abrasiva la placa deslizante de la compuerta debe estar situada en el nivel del fondo del canal. En todos los casos restantes la placa deslizante se sitúa algo más abajo del fondo del canal.

En la planta de Preparación de Mineral, En el caso los transportadores de paletas la alimentación del transportador en los diferentes puntos de descarga se realiza de forma directa es decir sin regulación. Pero a través de mecanismos se dirige el flujo, del mineral que se descarga, hacia un transportador u otro.

#### **1.4 Características generales de los transportadores de paletas hundidas.**

Los transportadores de paletas hundidas están dados por la forma y tipo del órgano de tracción y por la estructura de la transmisión (Sumin, 1985). En las cadenas, está sujeta la paleta (rasqueta o rascadores), las cuales al arrastrarse la cadena, desplazan el material por el canal portador de carga.

El material puede transportarse por la rama inferior o superior o por las dos ramas simultáneamente (en direcciones contrarias). El transportador se carga por medio de la batea y se descarga en el final del canal portador de carga o a lo largo del mismo, a través de las escotillas provistas de compuerta.

El órgano de tracción de estos transportadores son las cadenas igual que las de los transportadores de bandejas.

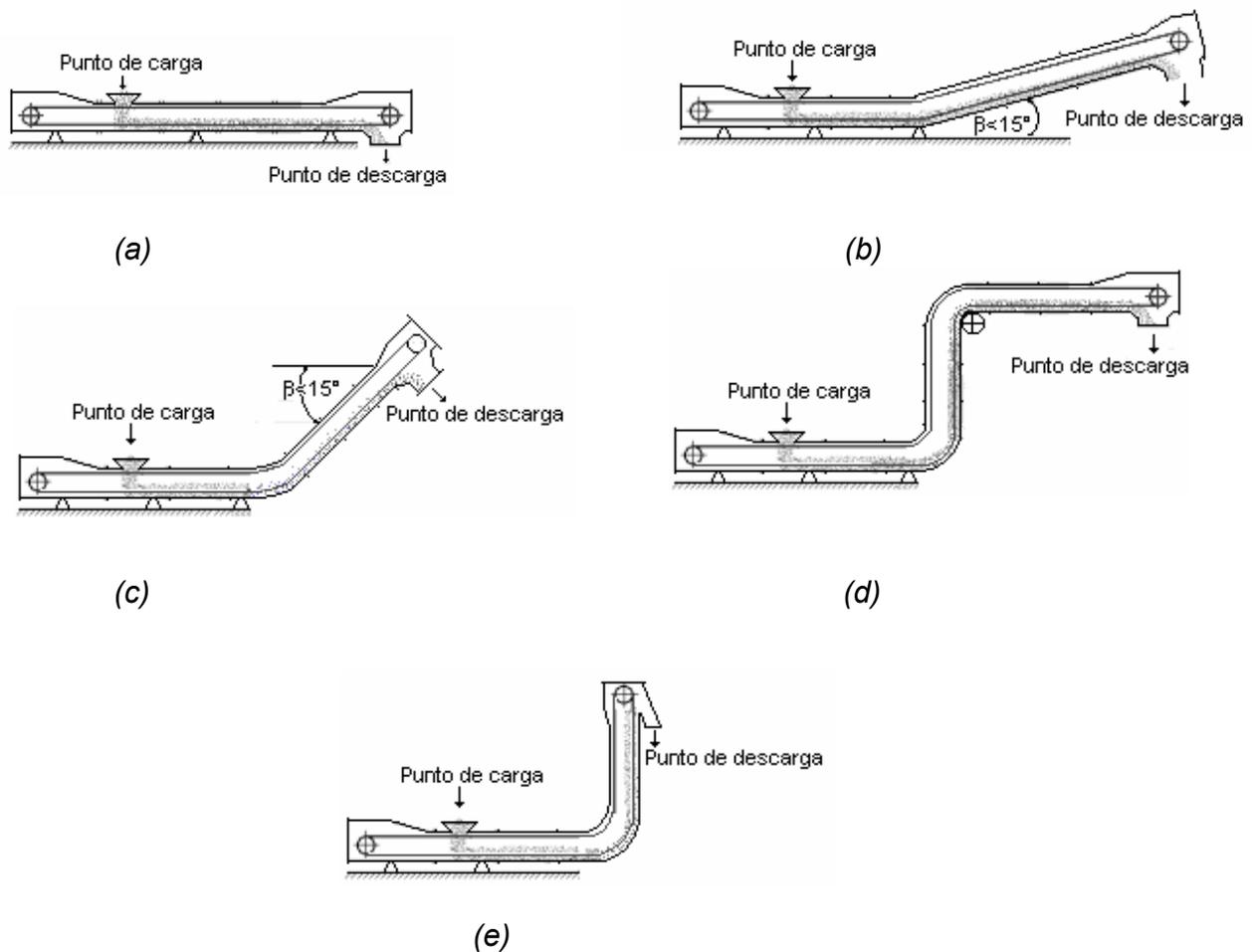
Se utilizan para transportar minerales no abrasivos, no adhesivos y los que no corran el peligro de retritarse.

Se distinguen en transportadores de paletas de arrastre intermitente y los de arrastre continuo.

En los transportadores del primer tipo, el material se desplaza a porciones que se encuentran delante de las paletas. Las paletas y los canales se fabrican de acero. La forma de las paletas es rectangular o trapezoidal, el perfil del canal pertenecen a la forma de las paletas, las cuales se sitúan a dos pasos de la cadena, para los materiales gruesos y, a un paso para los finos. Estos transportadores se instalan generalmente en plano horizontal y se usan para distribuir el material entre los aparatos homogéneos (tolvas, trituradoras). La velocidad del movimiento del material es, en estos transportadores, de 0.1-0.5 m/s.

En los transportadores del segundo tipo, el material se transporta en forma de torrente continuo; en este caso, las paletas se encuentran sumergidas en el material, la altura de las mismas no supera la de los eslabones de la cadena y el espesor de la capa del material es un poco superior a la de las paletas. El canal de trabajo en estos transportadores esta cerrado y dividido, por un tabique, en dos partes (una, para la rama de trabajo, y la otra, para la rama de sentido contrario). El principio de funcionamiento de los transportadores de arrastre continuo consiste en que la resistencia al corte de la capa de material es mayor que la de rozamiento del mismo contra las paredes del canal. La velocidad de transporte es de, 0.16-0.2 m/s. Al aumentar la velocidad, disminuye el rendimiento y aumenta el consumo de energía eléctrica por causa del retardo del torrente de carga del órgano de tracción. Se instalan en planos horizontales, horizontales inclinados; se admite la configuración de sectores horizontales e inclinados. Para los transportadores inclinados se fabrican paletas perfiladas de perímetro aumentado.

Los transportadores de paletas sumergidas (figura 5) van a clasificarse de acuerdo a la forma de su traza en: transportadores horizontales (Fig.5, a), horizontales levemente inclinados (Fig.5, b), horizontales-muy inclinados (Fig.5, c) y en forma de Z (Fig. 5, d) y en forma de L (Fig. 5, e).



**Figura 5.** Ejemplos de distintos tipos de transportadores de paletas.

#### 1.4.1 Características técnicas de los transportadores de paletas hundidas.

Los transportadores de paletas hundidas, también llamados transportadores de arrastre, son una variedad de máquinas de transporte continuo (Oriol, 1988), en las cuales el desplazamiento de las cargas en polvo, granos y en pedazos pequeños se realizan mediante el arrastre por una base fija que pueden ser canal o conducto.

Las partes componentes de estos tipos de transportadores son, generalmente, un canal o conducto fija a la estructura, a lo largo de la cual se mueve el órgano de tracción, que casi siempre es de cadena y en la cual se acoplan las paletas. También consta de un conjunto de elemento constituido por un sistema de accionamiento donde se encuentran el motor, reductor, y un sistema de atezado. El material se recibe a través de una o varias tolvas

alimentadoras y se descargan a través de aberturas, que posee la canal o conducto a lo largo de la traza.

### **1.5 Principales ventajas de los transportadores de paletas hundidas.**

Para lograr una adecuada selección de un equipo de transporte continuo. Se debe tener en cuenta además de sus funciones y características, las principales ventajas y desventajas que ofrece el equipo, siendo las siguientes ventajas en los transportadores de paletas.

1. Simpleza en el diseño y poca exigencia en el acabado de sus partes componentes.
2. Posibilidad de transportación de la carga en sentido contrario, empleando la rama inferior y superior.
3. Fácil carga y descarga del material en cualquier punto de la traza.
4. Hermeticidad de canal y en relación con esto, ausencia de formación de polvo, de pérdida del material a transportar y de suciedad del mismo.

#### **1.5.1 Principales desventajas de los transportadores de paletas hundidas.**

1. Rápido desgaste de la canal y de las partes móviles, especialmente cuando se manipulan materiales abrasivos.
2. Alto consumo de energía.
3. El ruido creado por la fricción de la carga y los elementos del transportador sobre el canal y las guías.

### **1.6 Tipos de sistemas de mantenimiento para transportadores de paletas.**

Dentro de los sistemas de mantenimiento que pueden ser aplicados en los transportadores de paletas encontramos según Navarrete, 1986.

1. Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).
2. Mantenimiento por diagnóstico (MPD).

#### **1.6.1 Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).**

El Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP): No es más que la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis,

limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica sobre la base de un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario (Navarrete, 1986).

También es conocido como todo el conjunto de medidas de carácter técnico y organizativo, mediante las cuales se lleva a cabo el mantenimiento y la reparación de los equipos. Estas medidas son elaboradas previamente según el plan que asegura el trabajo constante de los equipos.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

Con la aplicación correcta del MPP, se obtienen experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etcétera.

### **1.6.2 Ventajas del Mantenimiento preventivo planificado.**

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos o máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de las actividades.
- Se obtiene un menor costo de las reparaciones.

### **1.6.3 Fases del Mantenimiento preventivo planificado.**

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

#### **1.6.4 Ciclo de reparaciones del Mantenimiento Preventivo Planificado.**

Según Navarrete, 1986 el ciclo de reparaciones del Mantenimiento Preventivo Planificado está dado de la siguiente manera:

- 1) Revisión.
- 2) Reparación pequeña.
- 3) Reparación mediana.
- 4) Reparación general.

➤ Revisión.

La revisión se realiza en el tiempo de intervención según el plan correspondiente al equipo. Su propósito es comprobar el estado de este y determinar los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación.

Gracias a ella, se puede determinar el volumen de trabajo necesario para la reparación del equipo. Además la revisión no se hace diariamente sino periódicamente según el plan.

En algunos casos la revisión se realiza con la separación parcial y limpieza de algunos mecanismos.

➤ Reparación pequeña.

La reparación pequeña debido al mínimo volumen de trabajo que durante ella se realiza, es un tipo de reparación preventiva, es decir, es una reparación para prevenir posibles defectos en el equipo.

Durante la reparación pequeña, mediante la sustitución o reparación de una pequeña cantidad de piezas y con la regulación de los mecanismos, se garantiza la explotación normal del equipo hasta la reparación siguiente. Durante la misma se cambia o se reparan piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo entre esta reparación y la próxima.

➤ Reparación mediana.

Durante la reparación mediana se realiza una cantidad de trabajo mayor que durante la reparación pequeña. Durante ella el equipo se desmonta parcialmente y mediante la reparación o sustitución de las piezas en mal estado se garantiza la precisión necesaria, potencia y productividad del equipo hasta la próxima reparación planificada.

Durante la reparación mediana se sustituye o reparan aquellas piezas cuyos plazos de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre esta reparación y la próxima o cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre dos reparaciones medianas.

Aquí radica la importancia del MPP que elimina o tiende a eliminar las averías y mantiene siempre el equipo en condiciones favorables para su explotación.

Debe tenerse en cuenta que durante la reparación mediana se realizan aquellos trabajo mencionados anteriormente que sean necesarios ejecutar o que se previeron durante la ultima reparación pequeña. El volumen de la reparación mediana es un 60 % de la reparación general.

➤ Reparación general.

La reparación general es la reparación planificada de máximo volumen de trabajo, durante la cual se realiza el desmontaje total del equipo, la sustitución o reparación de todas las piezas y todos los mecanismos desgastados, así como la reparación de las piezas básicas del equipo. Mediante la reparación general se garantiza la fiabilidad, potencia y productividad del equipo.

Si se dispone de un taller para efectuar este tipo de reparación es conveniente levantar el equipo y trasladarlo o desmontar las partes del transportador y enviarlas hacia los talleres especializados en el mantenimiento y reparación de los equipos de las diferentes partes, no es recomendable el levantamiento de los cimientos del transportador.

Se debe tratar de tener de antemano hechas todas las piezas y mecanismos que se vallan a cambiar para poder disminuir el tiempo de parada de la reparación general.

### **1.6.5 Mantenimiento por diagnóstico (MPD).**

El Mantenimiento por Diagnóstico (MPD), también conocido como mantenimiento predictivo de averías (Navarrete, 1986), tiene como objetivo final asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas a través de la vigilancia continuada de los niveles de vibración en las mismas, indicadores de su condición, y que se ejecuta, mediante el empleo de equipos o instrumentos especializados, sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas.

Además permite crear las condiciones necesarias para la futura reparación o sustitución de los mecanismos o equipos defectuosos durante una parada programada de ante mano de dicho equipo o realizar la parada inmediata del equipo para su reparación si el caso así lo requiere.

La herramienta básica del Mantenimiento por Diagnóstico es, por tanto, el análisis de vibraciones, y los principios en los que se basa son los siguientes:

1. Toda máquina en correcto estado de operación tiene un cierto nivel de vibraciones y ruidos, debidos a los pequeños defectos de fabricación. Esto podría considerarse como él "estado básico" o "nivel base" característico de esa máquina y de su funcionamiento satisfactorio.
2. Cualquier defecto en una máquina, incluso en fase incipiente, lleva asociado un incremento en el nivel de vibración perfectamente detectable mediante una medición.
3. Cada defecto, aún en fase incipiente, lleva asociado unos cambios específicos en las vibraciones que produce (Espectros o firma característica), lo cual permite su identificación.

El control de evolución de la anomalía, fallo o avería aporta una información bastante clara y completa de su diagnosis, lo que permite planificar racionalmente la revisión o reparación de la máquina al poder contemplar los siguientes puntos básicos.

- ◆ Decidir el momento más conveniente de la intervención.
- ◆ Localización de posibles elementos afectados de la máquina.
- ◆ Dictamen de las operaciones que pueda implicar la intervención.
- ◆ Almacenamiento de las posibles piezas de repuestos necesarios.
- ◆ Estimación de horas invertidas y costos absorbidos.

El objetivo primario de mantenimiento predictivo es minimizar, con confianza y seguridad, el número de inspecciones visuales y daños no esperados.

#### **1.6.5.1 Formas de aplicar el Mantenimiento por Diagnóstico.**

El Mantenimiento por Diagnóstico puede ser aplicado de dos formas (Navarrete, 1986):

1. Método General.

## 2. Método por elementos.

- El método General consiste en determinar las averías que influyen en la capacidad de trabajo de las máquinas (equipos) y determinar el grado de desgaste de estas.
- En el método por elementos se debe de conocer en un equipo o máquina los elementos o piezas que van a tener una mayor posibilidad de deterioro por sus características constructivas o las condiciones de trabajo.

### 1.6.5.2 Ventajas de su utilización.

La aplicación del análisis de vibraciones al mantenimiento de la maquinaria reporta, entre otras, las siguientes ventajas:

- Detectar de ante mano e identificar defectos, sin necesidad de parar y desmontar la máquina.
- El seguimiento de la evolución del defecto hasta que sea peligroso.
- La programación del suministro de repuestos y la mano de obra.
- Se programan las paradas para corrección dentro de un tiempo muerto o parada rutinaria del proceso de producción.
- Reducir el tiempo de reparación, ya que se tiene perfectamente identificada la avería y los elementos que han fallado.
- Evitar los fallos repetitivos identificando y corrigiendo su origen.
- Se reducen los costos e incrementa la producción por ahorro de paradas y tiempos muertos.
- Permite una selección satisfactoria de las condiciones de operación de la máquina.
- Funcionamiento más seguro de la planta.

El funcionamiento de la maquinaria en correctas condiciones de operación, con bajos niveles de vibraciones y ruidos, aparte de las ventajas ambientales para el personal, es exigido ya por ley en algunos países avanzados.

## 1.7 Conclusiones del capítulo.

- ❖ La bibliografía consultada, nos permite exponer fundamentos teóricos basados en la clasificación, características y funciones, de las máquinas de transporte continuo, fundamentalmente de los transportadores de paletas hundidas.
- ❖ El análisis bibliográfico nos permite realizar una descripción de los tipos de sistemas de mantenimiento que son aplicados en los transportadores de paletas hundidas, determinando que es factible aplicar el MPP para lograr una mejor efectividad en su funcionamiento.

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Introducción.**

Los parámetros constructivos de los transportadores se pueden obtener mediante el cálculo a partir de la metodología de cálculo que aparece en Oriol (1988) y Shuvin (1986). A partir de la combinación de ambas metodologías. Pis, en el 2005, realizó la automatización de la metodología de cálculo para los transportadores de paletas. Este capítulo tiene como **objetivo**:

Establecer la metodología de cálculo correspondiente a la determinación de los parámetros tecnológicos para el diseño de un transportador de paletas así como para la correcta realización del ciclo de mantenimiento de dichos transportadores.

### **2.2 Materiales y métodos.**

Generalmente durante el cálculo de un transportador de paleta se pueden presentar dos casos:

- 1) La proyección de un nuevo transportador; para el cual es necesario conocer algunos datos de la empresa en cuestión.
- 2) Realizar un nuevo transportador a partir de uno ya instalado.

#### **2.2.1 Orden de cálculo para la proyección de un nuevo transportador.**

1. Construcción de la traza del transportador en el plano topográfico.
2. Construcción del perfil del transportador a partir de la traza y el plano topográfico.
3. Determinación de las características del material a transportar.
4. Determinación del ancho de la canal y selección de la velocidad de movimiento de la cadena de arrastre del transportador.
5. Determinación de la resistencia a la marcha del transportador.
6. Determinación de las tensiones en los puntos característicos del contorno del transportador según el perfil.
7. Selección del paso de la cadena.
8. Determinación del recorrido mínimo de la cadena.

9. Determinación del esfuerzo del mecanismo de tensión.
10. Determinación de la potencia motriz y selección del motor según catálogo.
11. Establecer el ciclo de mantenimiento.

### **2.2.2 Orden de cálculo para realizar un nuevo transportador a partir de uno ya instalado.**

1. Si se tiene la productividad, se determina el ancho de la canal necesaria.
2. Determinación de la resistencia a la marcha del transportador.
3. Determinación de las tensiones en los puntos característicos del contorno según el perfil.
4. Selección del paso de la cadena.
5. Determinación del recorrido mínimo de la cadena.
6. Determinación del esfuerzo del mecanismo de tensión.
7. Determinación de la potencia motriz y selección del motor según catálogo.
8. Establecer el ciclo de mantenimiento.

Para llevar a cabo el cálculo de los transportadores de paletas además son necesarios conocer, previamente, los siguientes datos:

- a) La productividad de la empresa o planta.
- b) La traza, el perfil, la longitud del transportador, la altura y el ángulo de inclinación del transportador ( $\beta$ ).
- c) Características del material a transportar: tamaño de los fragmentos de la carga, coeficiente de fricción del material, peso específico de la carga, etcétera.

En los transportadores de paletas, se ha tomado como parámetro principal el ancho de la canal. Pues este determina tanto la productividad, como las demás características principales del transportador ejemplo: la altura de la canal, ancho, altura y espesor del la paleta, la velocidad real del transportador, etcétera. De los dos métodos cálculo antes expuestos para los transportadores de paletas, nos basaremos en el segundo método

para la determinación de los parámetros tecnológicos para el diseño del transportador de paletas debido a que se conoce la productividad que se quiere lograr.

## 2.3 Metodología de cálculo para la determinación de los parámetros tecnológicos.

### 2.3.1 Determinación del ancho de la canal del transportador ( $B_c$ ).

Para el cálculo del ancho de la canal debe tener en cuenta fundamentalmente, la productividad del transportador, la velocidad y el peso específico de la carga. Para ello nos apoyaremos en la siguiente ecuación según la metodología expuesta en Oriol, 1988.

$$B_c = \sqrt{\frac{k \cdot Q}{3600 \cdot K_o \cdot v \cdot \gamma}} \quad [\text{m}] \quad (1.1)$$

Donde:

Q: productividad; [t/h]

k: coeficiente de la relación entre el ancho de la canal y la altura de la canal. Para los transportadores de rastrillos sumergidos. Según Pis, 2005;  $k = (1.5 \div 3)$ .

v: velocidad del transportador; en [m/seg]. Según Oriol, 1988;  $v = (0.16 \div 0.2)$ .

$\gamma$ : Peso específico aparente de la carga.

$K_o$ : coeficiente de fricción entre el canal y la carga. Se escoge según la tabla 1 (Anexo 2) por Pis, 2005.

Nota: El ancho de la canal se va a estandarizar por la tabla 2 (Anexo 3) según pasaporte de la máquina.

### 2.3.2 Comprobación del ancho del canal.

Al transportar cargas en pedazos, el ancho de la canal se verifica por las fórmulas siguientes (Oriol, 1988):

- Para cargas no clasificadas:

$$B_c \geq (3.3 \div 3.6) \cdot a' \quad (1.2)$$

- Para cargas clasificadas:

$$B_c \geq (6 \div 7.4) \cdot a' \quad (1.3)$$

Donde:  $a'$  es la dimensión de los pedazos típicos.

Nota: Si el ancho de la canal calculada es mayor que el calculado anteriormente, se debe estandarizar nuevamente.

Nota: Se debe tener en cuenta que:

- Si  $B_c > 320$  mm se deben emplear dos cadenas de arrastre.
- Si  $B_c < 320$  mm solo se debe usar una cadena de arrastre.

### 2.3.3 Determinación de la altura de la canal ( $h_c$ ).

La altura de la canal depende en gran medida del ancho de la canal. Está dada según la ecuación expresada en Oriol, 1988.

$$h_c = \frac{B_c}{K} \quad [\text{mm}] \quad (1.4)$$

Siendo:

$B_c$ : ancho de la canal; [mm]

$k$ : coeficiente de la relación entre el ancho de la canal y la altura de la canal. Para los transportadores de paletas. Según Pis, 2005;  $k = (1.5 \div 3)$ .

### 2.3.4 Determinación del ancho de la paleta con cadenas. (B).

Para el cálculo del ancho de la paleta con cadenas según Pis, 2005 se debe tener en cuenta el ancho de la canal y está dada por la ecuación siguiente.

$$B = B_c - 15 \quad [\text{mm}] \quad (1.5)$$

En la cual:

$B_c$ : ancho de la canal; [mm]

### 2.3.5 Cálculo del espesor de la paleta (s).

En dependencia del valor del ancho de la canal se calcula el espesor de la paleta de contorno en dirección transversal (s), Pis, 2005.

- Para las cargas en polvo, en polvo muy fino y fácilmente movidizo:

$$S \approx 0.015 \cdot B_c \quad (1.6)$$

Donde:

$B_c$ : ancho de la canal; [mm]

- Para las cargas en pedazos y poco movilizadas:

$$S \approx 0.01 \cdot B_c \quad (1.7)$$

Siendo:

$B_c$ : ancho de la canal; [mm]

### 2.3.6 Determinación de la altura de la paleta (h).

La altura de la paleta depende del ancho de ella. Según Pis, 2005 la ecuación está dada por la forma siguiente.

$$h = \frac{B}{4} \quad [\text{mm}] \quad (1.8)$$

Donde:

B: ancho de la paleta; [mm]

### 2.3.7 Velocidad real del transportador.

El cálculo del ancho de la canal tiene en cuenta fundamentalmente, la productividad del transportador, el ancho de la canal y el peso específico de la carga. Para ello nos apoyaremos en la ecuación expuesta según Oriol, 1988.

$$v = \frac{K \cdot Q}{3600 \cdot K_o \cdot B_c^2 \cdot \gamma} \quad [\text{m/seg}] \quad (1.9)$$

Sabiendo que:

Q: productividad; [t/h]

k: coeficiente de la relación entre el ancho de la canal y la altura de la canal. Según Pis, 2005;  $k = (1.5 \div 3)$ .

$k_o$ : coeficiente de fricción entre el canal y la carga. Se escoge en la tabla 1 (Anexo 2)

$B_c$ : ancho de la canal; [m]

$\gamma$ : Peso específico aparente de la carga.

### 2.3.8 Cálculo del peso lineal de la carga ( $q_e$ ).

El peso lineal de la carga depende en gran medida de la productividad y la velocidad real del transportador. La ecuación esta dada según Pis, 2005.

$$q_e = \frac{Q}{3.6 \cdot v \cdot K_2} \quad [\text{N/m}] \quad (1.10)$$

Donde:

$K_2 = 0.9$ ; para las cargas en pedazos, en granos y en polvos.

$K_2 = 0.8$ ; para cargas pulverizadas o en polvo fino.

$Q$  : productividad del transportador; [t/h]

$v$  : velocidad real del transportador; [m/seg]

### 2.3.9 Cálculo del peso de un metro lineal de cadena con paletas ( $q_o$ ).

Al calcular el peso lineal de la cadena con paletas, se tiene en cuenta como factor principal el peso lineal de la carga. El cálculo se realiza por la siguiente ecuación según Pis, 2005.

$$q_o = K_q \cdot q_e \quad [\text{N/m}] \quad (1.11)$$

Donde:

$K_q = (0.6 \div 0.8)$ . Para transportadores de dos cadenas.

$q_e$ : peso lineal de la carga; [N/m]

### 2.3.10 Resistencia de fricción en las partes rectilíneas de la rama libre ( $W_{RL}$ ).

La resistencia de fricción en la rama libre de los transportadores de paletas, esta dada en tramo en el cual no influye la carga del transportador. Para el cálculo se tiene en cuenta solo el peso lineal de la cadena y se calcula se la siguiente manera según Oriol, 1988.

$$W_{RL} = q_o \cdot w \cdot L_h \quad [\text{N}] \quad (1.12)$$

Donde:

$L_h$ : longitud del tramo a calcular [m].

$q_o$ : peso de un metro lineal de cadena con paletas; [N/m]

$w$ : coeficiente de resistencia de la cadena que frota sobre la pared del canal. Según Pis, 2005;  $w = (0.3 \text{ a } 0.4)$ ; Para los canales de acero.

### 2.3.11 Resistencia de fricción en las partes inclinadas ( $W_C$ ).

La tensión de entrada y el ángulo de curvatura del tramo son parámetros que se tienen en cuenta para el cálculo de la resistencia de fricción en las partes curvilíneas. Si las fuerzas

de tensión de la cadena la comprimen a la pared del canal o a las guías, según Oriol, 1988 la ecuación es la siguiente.

$$W_{fc} = S_e (e^{w\alpha_k} - 1) \quad [\text{N}] \quad (1.13)$$

Sabiendo que:

$S_e$ : tensión de la rama de entrada.

$\alpha_k$ : Angulo de curvatura.

$w$ : coeficiente de resistencia de la cadena que frota sobre la pared del canal.

-  $w = (0.3 \div 0.4)$ ; Para los canales de acero.

### 2.3.12 Resistencia en las partes rectilíneas cargadas ( $W_{Fc}$ ).

En las partes rectilíneas cargas de los transportadores de paletas influye directamente el peso de la carga y el peso de la cadena con paletas. Para el cálculo nos basaremos en la ecuación expuesta por Oriol, 1988.

$$W_{Rc} = (q_o + q_e) \cdot w'_c \cdot L_h \quad [\text{N}] \quad (1.14)$$

En la cual:

$q_e$ : peso lineal de la carga; [N/m]

$q_o$ : peso de un metro lineal de cadena paletas; [N/m]

$L_h$ : longitud del tramo a calcular [m].

$f_o$ : coeficiente de fricción entre el material y la canal. Se escoge según Sumin, 1985.

$w'_c$ : factor de resistencia al movimiento entre el material y la canal. Se calcula por:

$$w'_c = 1.1 \cdot f_o \quad (1.15)$$

Siendo:

$f_o$ : Coeficiente entre el material y la canal.

### 2.3.13 Resistencia del dispositivo de carga ( $W_{Dc}$ ).

El parámetro fundamental que se tiene en cuenta para el cálculo de la resistencia en el dispositivo de carga, es el peso lineal de la carga. Según Oriol, 1988 la ecuación de cálculo es la siguiente.

$$W_{Dc} = 0.7 \cdot q_e \quad [\text{N/m}] \quad (1.16)$$

Donde:

$q_e$ : peso lineal de la carga; [N/m]

### 2.3.14 Resistencia en las partes cargadas muy inclinadas ( $W_{RC}$ ).

El peso lineal de la carga, el peso lineal de la cadena con paletas y el ángulo de inclinación del tramo, constituyen los parámetros especiales que se deben tener en cuenta para el cálculo de las resistencias en las partes cargadas muy inclinadas. La ecuación esta dada por Oriol, 1988.

$$W_{RC} = (q_o + q_e) \cdot L_h \cdot (\pm \text{sen} \beta + w'_c \cos \beta) \quad [\text{N}] \quad (1.17)$$

Teniendo en cuenta que:

$\beta$ : ángulo de inclinación del tramo.

$q_e$ : peso lineal de la carga; [N/m]

$q_o$ : peso de un metro lineal de cadena con paletas; [N/m]

$L_h$ : longitud del tramo a calcular; [m]

$w'_c$ : factor de resistencia al movimiento entre el material y la canal.

### 2.3.15 Resistencia a la fuerza de gravedad ( $W_g$ ).

Para el cálculo de la resistencia a la fuerza de gravedades tiene en cuenta la diferencia de altura en la posición de los puntos del tramo al comienzo y al final y los pesos lineales tanto de la carga como de la cadena. Según Oriol, 1988 se calcula por la siguiente ecuación.

$$W_g = \pm (q_o + q_e) \cdot H_1 \quad [\text{N}] \quad (1.18)$$

Donde:

$H_1$ : diferencia de altura en la posición de los puntos del tramo al comienzo y al final [m].

$q_e$ : peso lineal de la carga; [N/m].

$q_o$ : peso de un metro lineal de cadena con paletas; [N/m]

### 2.3.16 Resistencia del dispositivo de limpieza ( $W_{DL}$ ).

La resistencia del dispositivo de limpieza depende fundamentalmente del ancho de la canal y el número de dispositivos de limpieza. Según Oriol, 1988 la ecuación está dada por.

$$W_{DL} = q_1 \cdot z_1 \cdot B_c \quad [N] \quad (1.19)$$

Siendo:

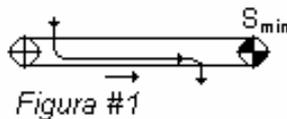
Según Pis 2005;  $q_1 = (30 \div 50)$  N/m

$z_1$ : número de dispositivos de limpieza.

$B_c$ : ancho de la canal [mm]

### 2.3.17 Cálculo de las tensiones.

El cálculo de las tensiones se debe comenzar por el punto de tensión mínima de la cadena ( $S_{min}$ ). En los transportadores horizontales de punto  $S_{min}$  se encuentra en el lugar de salida de la cadena de la catalina de transmisión (Fig. #1).



Las tensiones se calculan por la siguiente fórmula; Oriol, 1988:

$$S_n = S_{n,n-1} \pm W_{n,n-1} \quad [N] \quad (1.20)$$

Siendo:

$S_n$ : Tensión en el tramo a calcular; [N]

$W_n$ : Resistencia en el tramo a calcular; [N]

La expresión 1.16 expresa que; la tensión en un punto de la traza, es igual a la tensión que exista antes de ese punto más las resistencias que existan entre ambos puntos.

### 2.3.18 Selección del paso de la cadena (t).

La selección del paso de la cadena se debe realizar en función de la tensión máxima, y se escoge según la tabla Pis, 2005 por la tabla 3 (Anexo 4).

### 2.3.19 Cálculo del recorrido mínimo necesario para el sistema tensor (AI).

El recorrido mínimo necesario para el sistema tensor se calcula en función del paso de la cadena; Pis, 2005.

$$AI = t / 2 \text{ (para cadenas acodadas) [mm]} \quad (1.21)$$

Donde:

- t : paso de la cadena; [mm]

A la distancia (AI) hay que añadirle el recorrido para facilitar el montaje de la cadena además de las tolerancias de fabricación en la estructura del transportador.

### 2.3.20 Determinación del esfuerzo de tracción del accionamiento.

Las tensiones máximas y mínimas del transportador, son los parámetros fundamentales que se tienen en cuenta para el cálculo del esfuerzo del accionamiento. La ecuación de cálculo esta dada por Oriol, 1988.

$$W_0 = (S_e - S_s) + 0.05(S_e + S_s) \text{ [N]} \quad (1.22)$$

$S_e$  : Tensión de entrada; [N]

$S_s$  : Tensión de salida; [N]

### 2.3.21 Potencia del motor (Kw).

El cálculo de la potencia del motor depende en gran medida del esfuerzo del accionamiento, la velocidad real del transportador y el coeficiente de reserva. Para ello utilizamos la siguiente ecuación expuesta por Oriol, 1988.

$$N = \frac{W_0 \cdot v}{1000 \cdot \eta} \cdot K_r \text{ [Kw]} \quad (1.23)$$

Sabiendo que:

$k_r$ : coeficiente de reserva;  $k_r = (1.15 \div 1.25)$

v: velocidad del transportador; [m/seg]

$W_0$ : esfuerzo de tracción del accionamiento; [N]

$\eta$ : eficiencia de la transmisión; Se escoge entre 0.8- 0.95 según Oriol, 1988.

## 2.4 Metodología de cálculo para le determinación del mantenimiento.

En los transportadores de paletas el sistema de mantenimiento aplicado es el Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP). El cálculo del ciclo de mantenimiento durante la aplicación de MPP se realizará empleando la metodología propuesta por Navarrete (1986). Para el desarrollo del mismo se tiene en cuenta la cantidad de horas entre 2 reparaciones generales, el tiempo entre reparaciones medianas, pequeñas y las revisiones las cuales se escogen según el expediente del equipo.

### 2.4.1 Tiempo teórico de duración del ciclo ( $T$ ).

El régimen de trabajo y el coeficiente de duración teórica del ciclo son los parámetros que influyen en cálculo del tiempo teórico de duración del ciclo. Según Navarrete, 1986.

$$T = B_Y \cdot A \quad (1.24)$$

Donde:

$B_Y$ : Régimen de trabajo. Se toma según Navarrete, 1986.

A: Coeficiente de duración teórica del ciclo. Se toma según Navarrete 1986.

### 2.4.2 Número de revisiones en el ciclo ( $N_R$ ).

Para el cálculo de del número de revisiones se debe tener un cuenta la reparación general y las revisiones. Según Navarrete, 1986.

$$N_R = \frac{G}{R} \quad (1.25)$$

En la cual:

G: Tiempo de reparación general. Se escoge en la tabla 4 (Anexo 5) según el expediente de mantenimiento del equipo.

R: Tiempo entre revisiones. Se escoge en la tabla 4 (Anexo 5) según el expediente del equipo.

### 2.4.3 Número de reparaciones pequeñas ( $N_p$ ).

Según Navarrete, 1986 el número de reparaciones pequeña se calcula por la siguiente ecuación.

$$N_p = \frac{G}{P} \quad (1.26)$$

Siendo:

G: Tiempo de reparación general.

P: Tiempo entre reparación pequeña. Se escoge en la tabla 4 (Anexo 5) según el expediente de mantenimiento del equipo.

#### 2.4.4 Número de reparaciones medianas ( $N_M$ ).

El tiempo de reparación general y el tiempo de reparaciones medianas según Navarrete, 1986 son los parámetros que se deben tener en cuenta para el cálculo de número de reparaciones medianas.

$$N_M = \frac{G}{M} \quad (1.27)$$

Donde:

G: Tiempo de reparación general.

M: Tiempo entre reparación mediana. Se escoge en la tabla 4 (Anexo 5) según el expediente de mantenimiento del equipo.

#### 2.4.5 Período entre intervenciones ( $t_o$ ).

Para realizar el cálculo del período entre intervenciones se debe tener el tiempo teórico de duración del ciclo y el número de revisiones de cada intervención. La ecuación esta dada según Navarrete, 1986.

$$t_o = \frac{T}{N_M + N_P + N_R + 1} \quad (1.28)$$

Siendo:

$N_M$ : Número de reparaciones medianas.

$N_P$ : Número de reparaciones pequeñas.

$N_R$ : Número de revisiones.

#### 2.4.6 Periodo entre reparaciones ( $t_r$ ).

El cálculo del periodo entre reparaciones está dado según tiempo teórico de duración del ciclo y el número de revisiones medianas y pequeñas. Según Navarrete, 1986 la ecuación a utilizar es la siguiente.

$$t_r = \frac{T}{N_M + N_P + 1} \quad (1.29)$$

Donde:

$N_M$ : Número de reparaciones medianas.

$N_P$ : Número de reparaciones pequeñas.

#### 2.5. Conclusiones del capítulo II.

- ❖ Las ecuaciones desarrolladas expuestas en el epígrafe 2.3 caracterizan el método de cálculo para la determinación de los parámetros tecnológicos para el diseño de un transportador de paletas hundidas.
- ❖ Los parámetros tecnológicos como son; ancho de la canal, altura de la canal, dimensiones de la paleta, velocidad y tensiones según el perfil del transportador, son los parámetros fundamentales que caracterizan el diseño del transportador de paletas hundidas.
- ❖ El procedimiento de cálculo descrito en el epígrafe 2.4 nos permitirá establecer la estructura y ciclo de mantenimiento para el sistema de mantenimiento de los transportadores de paletas.

## **CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. VALORACIÓN ECONÓMICA. IMPACTO AMBIENTAL**

### **3.1 Introducción.**

En éste capítulo se exponen los resultados obtenidos mediante la metodología de cálculo propuesta. Se realiza una evaluación de la valoración económica y medio ambiental en la que incurre durante el funcionamiento del transportador.

#### **El objetivo del capítulo es:**

Realizar la valoración crítica de los resultados y a través de ella, explicar los fundamentos científicos que dan solución al problema planteado a partir de la interpretación de las regularidades observadas.

### **3.2 Análisis de los resultados correspondiente al cálculo de los parámetros tecnológicos del transportador.**

El ancho de la canal del transportador la obtenemos por ecuación 1.1 donde:

$$Q = 100 \text{ T/h}$$

$$K = 1,5$$

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$

$$\gamma = 0,6$$

$$k_o = 0,8$$

Sustituyendo obtenemos:

$$B_C = 0,658 \text{ m}$$

$$B_C = 658 \text{ mm}$$

Estandarizado

$$B_C = 650 \text{ mm}$$

El resultado demuestra que como el ancho de la banda supera los 320 mm, se deben usar dos cadenas de arrastre para garantizar el correcto funcionamiento del órgano de tracción.

La altura de la canal se calcula por la ecuación 1.4, en la misma:

$$B_c = 650 \text{ mm}$$

$$K = 1,5$$

Por lo que llevándolo a la ecuación obtenemos:

$$h_C = 430 \text{ mm.}$$

El valor obtenido es el la altura necesaria de la canal, la cual garantizará la adecuada ubicación de los elementos que componen el cuerpo del transportador y así lograr un eficiente funcionamiento del transportador.

Luego de haber calculado el ancho y la altura de la canal, calculamos el ancho de la paleta con cadenas (B), espesor (s) y la altura (h). Por lo que sustituyendo el resultado obtenido en la ecuación 1.1 en las ecuaciones 1.5 y 1.7, obtenemos:

$$B = 635 \text{ mm}$$

$$s = 9,7 \text{ mm}$$

y sustituyendo B en 1,8 tendremos:

$$h = 160 \text{ mm}$$

Los resultados, expresan las dimensiones que deben tener las paletas del transportador para garantizar en conjunto con el órgano de tracción el aumento de la de la productividad requerida.

Luego calculamos velocidad real del transportador por la ecuación 1.9 donde:

$$Q = 100 \text{ t/h}$$

$$K = 1,5$$

$$B_C = 0,650 \text{ m}$$

$$\gamma = 0,6 \text{ t/m}^3$$

$$k_0 = 0,8$$

Sustituyendo tenemos:

$$V = 0,205 \text{ m/s}$$

Al aumentar de velocidad disminuye el rendimiento y aumenta el consumo de energía eléctrica por causa del retardo del torrente de carga del órgano de tracción.

Según la ecuación 1.10 lo calculamos el peso lineal de la carga a transportar, teniendo en cuenta que:

$$K_2 = 0,8$$

$$Q : 100 \text{ t/h}$$

$$v : 0,205 \text{ m/s}$$

Sustituyendo obtuvimos:

$$q_e = 169,37 \text{ N/m}$$

Sustituyendo  $q_e$  en 1.11 obtenemos el peso lineal de un metro de cadena con paletas.

$$q_0 = 118,55 \text{ N/m}$$

Basándonos esquema de cálculo (Ver anexo 6) se calculó las resistencias en los tramos del transportador las cuales nos permitirán el cálculo de las tensiones:

La resistencia en la rama libre (tramo 1-2) se obtuvo según la ecuación 1.12 donde:

$$L_h = 51,432$$

$$q_o = 118,55 \text{ N/m}$$

$$w = 0,4$$

Sustituyendo:

$$W_{RL} = 2\ 418,42 \text{ N}$$

Conociendo que el transportador es horizontal, no existe resistencia en los tramos curvos (ecuación 1.13).

Según la ecuación 1.14 calculamos la resistencia en la rama cargada donde:

$$q_e = 169,37 \text{ N/m}$$

$$q_o = 118,55 \text{ N/m}$$

$$L_h = 51,432 \text{ m}$$

$w'_c = 1,32$ ; según la ecuación 1.15 donde:

$$f_0 = 1,2$$

Sustituyendo:

$$W_{RC} = 19\ 382,77 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta que el transportador consta de 6 puntos de carga, por la ecuación 1.16 se determinó la resistencia en los dispositivos de carga que es la misma en todos los puntos de carga, sabiendo que:

$$q_e = 169,37 \text{ N/m}$$

Obtenemos:

$$W_{DC} = 118,55 \text{ N}$$

Para los 6 puntos de carga:

$$W_{DC} = 711,354 \text{ N}$$

Conociendo que el transportador no tiene dispositivo de limpieza, ni tramos inclinados, las resistencias según las ecuaciones 1.17, 1.18 y 1.19 no existen.

Los valores de resistencias calculados nos expresan las resistencias a las cuales será sometida la cadena de arrastre según los tramos del transportador y dichos valores nos permitirán realizar el cálculo de las tensiones.

Teniendo los valores de resistencias a se determinó según la ecuación 1.20 las tensiones necesarias para la selección del paso de la cadena, por lo que sustituyendo obtuvimos.

$$S_{\min} = S_s = 22\,260,85 \text{ N}$$

$$S_{\max} = S_e = 45\,296,01 \text{ N}$$

Los valores obtenidos expresan los puntos máximos y mínimos de tensiones a que va estar sometida la cadena.

Nota: En la hoja de cálculo desarrollada en Exel (Anexo 8) se podrán ver los demás valores de resistencias según los tramos del transportador.

Teniendo el valor de la  $S_{\max}$  del transportador, según la tabla 3 (Anexo 4) se selecciona el paso de la cadena:

$$t = 200 \text{ mm}$$

El paso de la cadena garantiza la separación entre paletas así como el correcto funcionamiento del órgano de tracción del transportador.

Y sustituyendo  $t$  en la ecuación 1.21, calculamos el recorrido mínimo del sistema tensor:

$$A_l = 100 \text{ mm}$$

Luego sustituyendo las tensiones  $S_s$  y  $S_e$  en la ecuación 1.22 determinamos el esfuerzo del accionamiento:

$$W_0 = 26\,413,0016 \text{ N}$$

Sustituyendo  $W_0$  en 1.23, tenemos la potencia necesaria del motor teniendo en cuenta que:

$$k_r = 1,25$$

$$v = 0,205 \text{ m/s}$$

$$\eta = 0,85$$

Por cálculo:

$$N = 7,9 \text{ kW}$$

Teniendo la potencia del motor se podrá seleccionar según catálogos el motor y el reductor a utilizar para garantizar el funcionamiento del transportador de paletas.

### **3.3 Análisis de los resultados según el cálculo del ciclo de mantenimiento.**

El tiempo de duración del ciclo de mantenimiento es calculado según la ecuación 1.24 siendo:

$$B_y = 1,5$$

$$A = 30\,000$$

Sustituyendo:

$$T = 45\,000 \text{ hrs}$$

A partir de la ecuación 1.25, determinamos el número de revisiones en la cual:

$$G = 43\,200 \text{ hrs}$$

$$R = 600 \text{ hrs}$$

Sustituyendo:

$$N_R = 72$$

El valor obtenido nos expresa la cantidad de revisiones que se darán durante la aplicación del MPP, las cuales permitirán comprobar el estado del equipo y determinar los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación.

El número de reparaciones pequeña, la obtenemos de 1.26, donde:

$$G = 43\ 200 \text{ hrs}$$

$$P = 1\ 400 \text{ hrs}$$

Sustituyendo:

$$N_P = 30.$$

Las cantidades de reparaciones pequeñas obtenidas nos permitirán prevenir posibles defectos en el equipo.

Según la ecuación 1.27, calculamos el número de reparaciones medianas.

Sustituyendo:

$$G = 43\ 200 \text{ hrs}$$

$$M = 1\ 4400 \text{ hrs}$$

Obtenemos:

Sustituyendo:

$$N_M = 3.$$

El valor obtenido nos expresa la cantidad de reparaciones medianas que se darán durante la aplicación del MPP, las cuales permitirán la reparación o sustitución de las piezas en mal estado se garantiza la precisión necesaria.

Sustituyendo los resultados obtenidos según las ecuaciones 1.24, 1.25, 1.26 y 1.27 en la ecuaciones 1.28 y 1.29 obtenemos el periodo entre intervenciones ( $t_0$ ) y reparaciones ( $t_r$ ):

Sustituyendo:

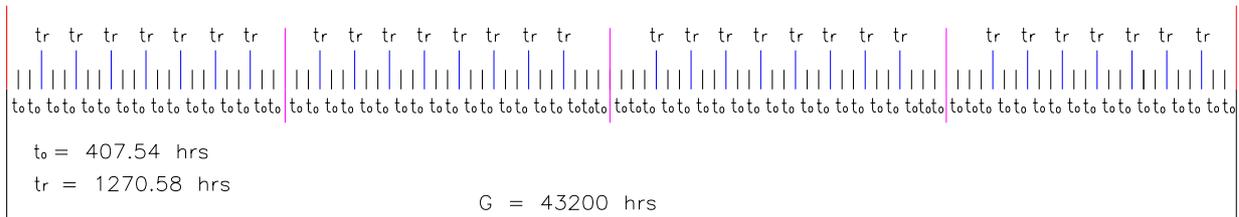
$$t_0 = 407,54 \text{ hrs}$$

$$t_r = 1270,58 \text{ hrs}$$

Estos valores nos expresan el tiempo entre revisiones y reparaciones pequeñas para realizar la estructura del ciclo de mantenimiento.

### 3.3.1 Estructura del ciclo de mantenimiento.

La estructura del ciclo de mantenimiento depende fundamentalmente del periodo entre revisiones, reparaciones pequeñas y el numero de reparaciones que se realizará entre cada intervención.



Leyenda:

- Revisiones.
- Reparaciones pequeñas.
- Reparaciones medianas.
- Reparaciones generales.

### 3.3.2 Ciclo de mantenimiento.

- ✘ La reparación general se hará a los 5 años.
- ✘ Las reparaciones medianas cada 20 meses.
- ✘ Las reparaciones pequeñas cada 50 días.
- ✘ Las revisiones cada 17 días.

### 3.4. Valoración económica.

Los transportadores de paletas se caracterizan por su productividad y altos gastos capitales de instalación. En tal sentido se realizará una valoración económica por concepto de energía

1. Determinación de los gastos de energía eléctrica durante la transportación.

$$AE = \frac{\sum N \cdot K1 \cdot K2 \cdot T}{\eta_i} ; \text{kW/h} \quad (3.1)$$

Donde:

$\sum N$  : Potencia total del transportador, en kW.

K1: coeficiente que considera el grado de utilización de la potencia nominal:

$K1=0.75$  a  $0.85$

K2: coeficiente que considera el grado d utilización de la jornada laboral:

$K2=0.7$  a  $0,8$  para los transportadores que trabajan en los frentes de trabajo, cerca de la excavadoras, dispositivos de homogenización.

$K2=0,85$  a  $0,95$  para transportadores magistrales.

$\eta_i$  : coeficiente que considera las pérdidas en la línea de transmisión; ( $0,9$  a  $0,95$ )

T: Tiempo de trabajo del transportador por jornada (día), en h.

## 2. Determinación del costo de la energía consumida.

$$CE = AE \cdot b ; \text{CUC} \quad (3.2)$$

b ; tarifa que se paga por 1kW.h;  $b = 0,073$

## 3. Determinación de las pérdidas por concepto de subutilización de la potencia instalada.

Con el aumento de las pérdidas no sólo disminuye el rendimiento, sino también empeora el factor de potencia.

Las pérdidas se determinan por:

$$N_p = N_n \cdot \left( 1 - \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_n} \right) ; \text{kW} \quad (3.3)$$

Donde:

$\cos \varphi_1$  : es el factor de potencia medido;  $0,49 - 0,73$

$\cos \varphi_n$  : es el factor de potencia nominal;  $0.86$

$N_n$ ; potencia nominal en kW;  $15 \text{ kW}$

## Resultados obtenidos.

	Resultados	Ecuación
Gastos de energía eléctrica durante la transportación.	288 kW/h	3.1
Costo de la energía consumida.	2,79 kW	3.2
Pérdidas por concepto de subutilización de la potencia instalada.	21,02 CUC	3.3

### 3.4.1 Valoración económica según el ciclo de mantenimiento.

El sistema de mantenimiento aplicado para el transportador de paletas es el mantenimiento previo planificado (MPP), a continuación se dará a conocer el costo total de mantenimiento según el ciclo de mantenimiento por concepto de salario y materiales utilizados.

#### Por concepto de salario

La valoración económica por concepto de salario durante la aplicación de MPP se realiza según la cantidad de obrero destinado por cada intervención, tarifas de pago y horas de parada.

#### Revisión.

	Cant. Interv	Cant. Obrero	Cant. Horas	Tarifa x Horas	Costo (\$)
Revisión	72	2. Mec.	4	2,70	1 555,2
		1. Soldador		2,93	8 43,84
Costo Total					2 399,047

#### Reparación pequeña.

	Cant. Interv	Cant. Obrero	Cant. Horas	Tarifa x Horas	Costo (\$)
R. Pequeña	30	4. Mec.	8	2,70	2 592
		2. Soldador		2,93	1 406,04
Costo Total					3 998,04

#### Reparación mediana.

	Cant. Interv	Cant. Obrero	Cant. Horas	Tarifa x Horas	Costo (\$)
R. Mediana	3	4. Mec.	80	2,70	2592
		3. Soldador		2,93	2 109,6
		2. Pailero		2,70	1 296
		2. Ayudante		2,35	1 128
Costo Total					7125,6

#### Reparación general.

	Cant. Interv	Cant. Obrero	Cant. Horas	Tarifa x Horas	Costo (\$)
R. General	2	4. Mec	240	2,70	5 184
		3. Soldador		2,93	4 219,2
		2. Pailero		2,70	2 592
		4. Ayudante		2,35	4 512
Costo Total					1 6507,2

### Costo total por concepto de salario:

$$\text{Costo total} = C_{\text{Rev}} + C_{\text{RP}} + C_{\text{RM}} + C_{\text{RG}}$$

$$\text{Costo total} = \$ 2\,399,047 + \$ 3\,998,04 + \$ 7\,125,6 + 1\$ 6\,507,2$$

$$\text{Costo total} = \$ 30\,029,88$$

### Por concepto de materiales.

La valoración económica por concepto de materiales es muy variable durante la aplicación de MPP, debido a que en cada intervención de mantenimiento no siempre se realizan las mismas operaciones. En tal sentido a continuación se expondrá un ejemplo de como realizar una valoración económica por concepto de materiales a partir de las órdenes de servicios 081935-13957 y 054179-93372, según expediente de mantenimiento de los transportadores de paletas para una reparación pequeña y general.

#### Reparación pequeña.

Materiales	Cantidad	Costo (CUC)	Costo Total (CUC)
Eslabones de cadena de arrastre	8	17,63	141,04
Paletas	27	13,5	364,5
Correa B 80	4	7,95	31,8
Arandela M10	115	0,015	1,75
Tornillo M10	115	0,13	14,95
Tuerca M10	115	0,12	13,8
Pasadores	8	17,43	139,44
Costo Total			706,83

#### Reparación mediana.

Materiales	Cantidad	Costo (CUC)	Costo Total (CUC)
Eslabones de cadena de arrastre	12	17,63	211,56
Paletas	19	13,5	256,5
Árbol	1	223,48	223,48
Rodillo	32	16,03	512,96
Polea	1	234,51	234,51
Contratuerca Y2	7	0,12	0,84
Eje de rodillo	21	41,24	866,04
Correa industrial B-80	4	7,95	31,8
Costo Total			2337,69

### **Costo total por concepto de salario:**

$$\text{Costo total} = C_{RP} + C_{RM}$$

$$\text{Costo total} = 706,83 + 2337,69$$

$$\text{Costo total} = 3\,044,52 \text{ CUC}$$

### **3.5. Impacto ambiental.**

La protección del medio ambiente con el paso de los años se ha convertido en una de las cuestiones que inquietan a la humanidad. Los grandiosos medios técnicos de que dispone el hombre para explotar las riquezas naturales y el acelerado desarrollo de la economía, han traído consecuencias indeseables para la humanidad, tales como: el agotamiento de los recursos naturales, la contaminación ambiental, la pérdida de los valores estéticos del medio circundante, entre otros. No es por tanto casual que las organizaciones científicas, sociales, los estados y gobiernos de muchas partes del mundo se hallan preocupado por tomar medidas que, de una forma u otra, están dirigidas a proteger el medio ambiente.

El estado de salud del hombre depende en gran medida de las condiciones de trabajo, su entorno laboral y su labor específica, pues es donde se expone a los diferentes contaminantes, entre los que se encuentran el polvo industrial, ruidos, gases, etcétera.

En los transportadores de paletas, por las características de la mayoría de las cargas que se transportan en ellos, es necesario garantizar la correcta hermetización de la canal o conducto del transportador y de las escotillas o registro.

Cuando estas no presentan las condiciones necesarias para una correcta hermetización van a ocurrir derrames del material que se transporta. Estos derrames van a influir considerablemente en la salud del personal que labora alrededor de ellos así como en la limpieza del área en que se encuentren estos transportadores.

#### **3.5.1 Afectaciones por medio del material transportado.**

De los materiales que son transportados por los transportadores de paletas los que mayor afectación puede tener sobre el medio ambiente son los que sean en polvo, pues este afecta al organismo humano directamente en mayor o menor medida.

El polvo penetra en el organismo principalmente por dos vías:

- 1) Inhalación de polvos en el aire a través de las vías respiratorias.

## 2) Absorción de polvo a través de la piel.

Al ocurrir derrames al medio ambiente de polvo, las partículas que sean superiores a  $5\ \mu\text{m}$  de diámetro quedan detenidas en los vellos de la cavidad nasal. Las partículas entre  $0.5$  y  $5\ \mu\text{m}$  son capaces de penetrar hasta el sistema respiratorio inferior depositándose en los bronquios. Por lo que en la mayoría de los casos es eliminado al cabo de pocas horas por espiración.

Las más preocupantes son las partículas menores a  $0.5\ \mu\text{m}$  pues se ha estimado que más del 50 % de las partículas de  $0.01$  a  $0.1\ \mu\text{m}$  que penetra en los alvéolos se depositan allí, donde es más difícil eliminarlos por carecer de cilios y mucosa, pudiendo permanecer durante meses e incluso años degradando la salud del hombre.

Como ejemplo de las afectaciones que provocan los polvos podemos decir que la aspiración de polvo de Níquel puede provocar corizas crónicas y sinusitis, también se le atribuyen, a este polvo, propiedades cancerígenas, actuando fundamentalmente sobre los pulmones. El polvo de Cobalto presenta propiedades dañinas sobre el riñón, se le atribuyen la aparición de dermatitis por ser altamente irritante, además se ha reportado que provoca cambios hematológicos, digestivos y pulmonares. Y los polvos finos de óxido de hierro son inertes y pueden como máximo interrumpir las funciones de los órganos respiratorios.

Por lo que se debe exigir el uso de los equipos de protección respiratoria a los trabajadores en los lugares en que exista una exposición a derrames de polvo.

### **3.5.2 Afectaciones por medio de la emisión de ruido.**

La presencia del ruido es uno de los elementos que más afectan las condiciones de trabajo en el ambiente laboral, incidiendo directamente sobre la salud física y mental de los trabajos y tributa a la aparición de enfermedades profesionales asociados a este fenómeno fundamentalmente cuando no se cuenta con los medios de protección individuales. Estas afectaciones producen efectos indirectos y negativos como incremento de la presión sanguínea, la aceleración del ritmo sanguíneo, la contracción de los capilares de la piel y la disminución de la capacidad de trabajo físico y mental fundamentalmente.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Luego de haber realizado el presente trabajo de diploma con todos los elementos fundamentales que lo caracterizan, pudimos llegar a las siguientes conclusiones:

1. Las bibliografías consultadas nos permitió expresar fundamentos teóricos basados en las características y funciones de los transportadores de paletas hundidas, así como el sistema de mantenimiento factible para garantizar mayor eficiencia en el funcionamiento de los mismos.
2. Se establecieron los parámetros tecnológicos para el diseño de un transportador de paletas hundidas para la planta de preparación de mineral de la empresa Ernesto Che Guevara, así como el adecuado fundamento de los resultados obtenidos a partir de las ecuaciones desarrolladas según el epígrafe 2.3 basado en el incremento de la productividad hasta 100 t/h.
3. Las ecuaciones desarrolladas según el epígrafe 2.4 nos permitió la realización del la estructura del ciclo de mantenimiento y a partir del mismo se estableció el ciclo de mantenimiento para los transportadores de paletas hundidas durante la aplicación del Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).
4. El análisis medio ambiental nos expresa que la emisión de ruido y las características del material transportado de los transportadores de paletas hundidas, causan grandes afectaciones al las vidas humanas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Utilizar los resultados de este trabajo para la proyección y diseño del transportador de paletas hundidas.
2. Seleccionar el material adecuado para el diseño del transportador de paletas hundidas.
3. Garantizar la correcta hermetización del transportador para evitar el escape de polvo en el área de trabajo.
4. Usar los medios de seguridad en el área del trabajo del transportador.
5. Montar rejillas en la descarga del transportador para evitar la caída de material no deseado en las bombas de transporte neumáticas.
6. Colocar registros con dimensiones que satisfaga la correcta observación del operario.
7. Colocar registros en el fondo del transportador para la fácil limpieza del mismo en caso de parada por averías.
8. Cumplir con el ciclo de mantenimiento establecido.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 📖 Oriol Guerra; José M; Aguilar Pérez; Francisco; Máquinas de Transporte Continuo. La Habana; Editorial Pueblo y Educación; 1988.
- 📖 Pis, Orleydis; Automatización de la metodología de cálculo para transportadores de paletas; ISMM; 2005.
- 📖 Matushev L. G.; Sumin V. N; Dispositivos de Transporte de Depósitos de las Fábricas de Enriquecimiento. Moscú, URSS; Editorial MIR; 1985.
- 📖 Mendez Galardy, Oliver; Automatización de la metodología de cálculo para transportadores de banda. ISMM Moa; 2002.
- 📖 Navarrete Pérez Enrique; González Martín; José Raúl; Mantenimiento Industrial. T.1 y T.2. La Habana; ENPES; 1986.
- 📖 Shuin V. S; Pedre C; Diseño de Maquinaria industrial. T.3. La Habana; Editorial Pueblo y Educación; 1986.
- 📖 Expediente de mantenimiento de transportadores de paletas; ECG; Planificación y control.
- 🌐 <http://www.controldesolids.com/prod/miniredler>
- 🌐 <http://www.dinasal.com/redler.htm>
- 🌐 <http://www.directorio.adfound.com>
- 🌐 <http://www.elprisma.com>
- 🌐 <http://www.interempresa.net>
- 🌐 <http://www.screwconveyor.com>
- 🌐 <http://www.solomantenimiento.com>
- 🌐 <http://www.temisa.com>
- 🌐 <http://www.todobodega.com/revial-cintas-transportadoras-orugas>

ANEXO 1

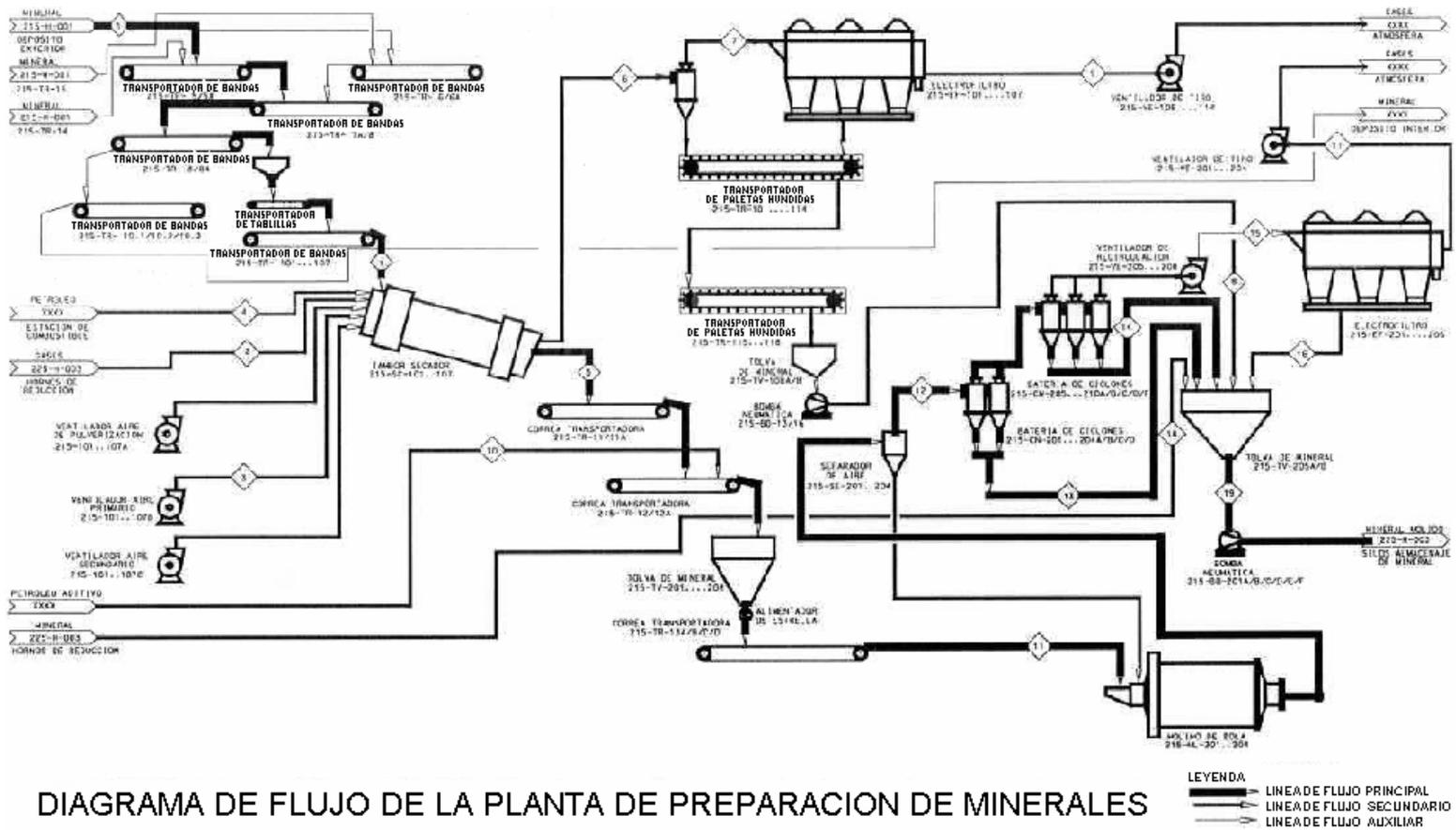


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE PREPARACION DE MINERALES

ANEXO 2

Tipo de Cargas	Valores $k_0$ para los transportadores	
	Horizontales y levemente inclinados	Verticales y muy inclinados
En pedazos pequeños	0.9	0.8
En granos	0.9	0.6
En polvo	0.8	0.45

Tabla 1. Coeficiente de fricción entre el canal y la carga.

### ANEXO 3

Tipos de transportador	Ancho del canal (mm)	Altura de la canal (mm)	Productividad para las cargas (t/h)
Horizontal	125	90	3,4-13,8
Horizontal-levemente inclinado	200	125	7,5-30,0
	320	200	19-76
	500	320	48-192
	650	430	76-300
Horizontal-muy inclinado	125	90	2,4-9,2
En forma de Z y en forma de L	200	125	6-24
Vertical en forma de lazo	320	200	4,5-58

**Tabla 2. Ancho de la canal, altura de la canal y productividad de las cargas.**

### ANEXO 4

Paso de la cadena (t) en mm	Cargas de la cadena (S) en N	
	De resistencia normal	De alta resistencia
100	5700	10000
125	10500	18000
160	19000	33000
200	28000	50000
250	46500	81000

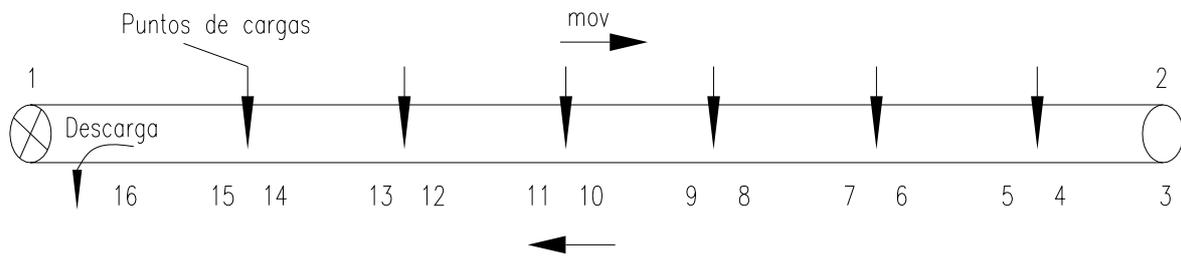
**Tabla 3. Selección del paso de la cadena.**

### ANEXO 5

	Revisión (R)	Reparación pequeña (P)	Reparación mediana (M)	Reparación general (G)
Periodicidad de las reparaciones	600 horas	1400 horas	14400 horas	43200 horas
Tiempo de parada durante la reparación	4 horas	8 horas	80 horas	240 horas

**Tabla 4. Selección del tiempo entre reparaciones.**

## ANEXO 6



**Esquema guía para el cálculo de resistencias y tensiones.**