



República de Cuba  
Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
Facultad de Metalurgia y Electromecánica

## **TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL**

Departamento de Ingeniería Mecánica

---

TÍTULO: *“Identificación de Clases Prácticas de Laboratorio y Recuperación de la Instalación de Transportadores de la Nave de Beneficio para la asignatura Equipos de Transporte Industria”*

Autor: *Evis Nervis Barallobre Pérez*

Tutores: *MSc Roberto Johan Sierra Pérez*  
*Departamento de Ingeniería Mecánica*  
*Facultad de Metalurgia y Electromecánica*  
*Instituto Superior Minero Metalúrgico.*



**MOA – 2008**



República de Cuba  
Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
Facultad de Metalurgia y Electromecánica  
Departamento de Ingeniería Mecánica

## **TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL**

**Título:** *“Identificación de Clases Prácticas de Laboratorio y Recuperación de la Instalación de Transportadores de la Nave de Beneficio para la asignatura Equipos de Transporte Industria”*

**Autor:** *Evis Nervis Barallobre Pérez*

**Tutor:** *M Sc Roberto Johan Sierra Pérez*

**Moa, Julio de 2008.**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

---

**Evis Nervis Barallobre Pérez**, autor de este trabajo de diploma y el tutor M. Sc. Roberto Johan Sierra Pérez, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que disponga de su uso cuando estime conveniente.

---

Evis Nervis Barallobre Pérez

---

MSc. Roberto Johan Sierra Pérez

## ***PENSAMIENTOS***

---

*“Creo en el milagro de lo que puede hacer el trabajo, de lo que puede hacer la ciencia y de lo que pueden hacer los hombres”.*

***Fidel Castro Ruz***

*“El conocimiento es experiencia, todo lo demás es información”.*

***Albert Einstein.***

## *Agradecimientos:*

---

Agradezco especialmente a todas aquellas personas que me apoyaron para la realización de esta tesis:

- A mi tutor MSc. Roberto Johan Sierra Pérez por su incondicionalidad, exigencia, colaboración, apoyo, paciencia y sobre todo por ser fiel consejero en el desarrollo de este trabajo.
- A mi hija; Camila de la Caridad Barallobre por ser lo más lindo de mi vida.
- A mi Madre, Padre, hermanas, hermano, a toda mi familia, a todas mis amistades y a todos los que desinteresadamente me mostraron el camino del éxito.
- A mis compañeros de estudio Junior Correa, Edgardo Quintero Correa, Gisela Broom y otros, por su apoyo en todo momento, su amor y dedicación incondicional.
- A todos los trabajadores de la Empresa Cmdte. “Ernesto Che Guevara” que me brindaron su ayuda, especialmente a Ing. Oniel Garcia Reyes, MSc. Roberto Hinojosa Rivera, Eliecer Cutiño, Ing. Cleudis de la Cruz y a Osvaldo León Toranzo, a todos muchas gracias.
- A todos los profesores que de una forma u otra tuvieron que ver con mi formación profesional.

## **RESUMEN**

La asignatura Equipos de Transporte Industrial pertenece a la disciplina Máquinas Industriales y de Mantenimiento. Su programa analítico no tiene planificada dentro de sus clases de carácter práctico las clases prácticas de laboratorio.

En este trabajo se realiza un diagnóstico del estado técnico de una instalación de transportadores para el proceso de trituración y clasificación a escala piloto en la Nave de Beneficio de Minerales, perteneciente al Instituto Superior Minero Metalúrgico<sup>1</sup>, con el propósito de utilizar estos transportadores, como objeto de laboratorio para la el diseño de prácticas en el tema de transportadores de banda y propiedades físico mecánica de los materiales.

Todos los objetivos propuestos fueron cumplidos satisfactoriamente. Se realizó la restauración de los equipos componentes, se realizó el ajuste, mantenimiento y puesta en marcha del transportador de banda. Finalmente se diseñaron 3 prácticas de laboratorio, logrando identificar el aseguramiento necesario para su desarrollo.

## **SUMMARY**

The subject Teams of Transportation Industrial belongs to Industrial Machines and Industrials Maintenance. Your analytical program does not have planned inside his classrooms of practical character the classrooms practical of laboratory.

The design of practices in the theme of belt conveyors and properties accomplishes to the High Mining Metallurgical Institute, in order to use these carriers, like object of laboratory for her a diagnosis of the technical status of an installation of carriers for the process of trituration and classification to pilot scale in Beneficio's Ship of Minerals, which belongs in this work to physical and mechanical properties of the materials.

All the proposed objectives were kept satisfactorily. Himself I accomplish the component teams' restoration, himself I accomplish the adjustment, maintenance and setting in parade of the belt conveyor. Finally they designed 3 practices of laboratory, achieving to identify the necessary securing for your development.

# ÍNDICE

Contenido	Págs.
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I</b>	<b>4</b>
<b>Marco teórico- metodológico de la investigación.....</b>	<b>4</b>
1.1 <i>Introducción.....</i>	4
1.2 Características de los Transportadores Instalados.....	4
1.3 Descripción de la Instalación .....	6
1.4 Estado actual de la asignatura Equipos de Transporte Industrial	6
1.5 Trabajos Precedentes.....	7
1.6 Conclusiones del capítulo.....	16
<b>Capítulo II</b>	<b>17</b>
2.1 <i>Introducción.....</i>	17
2.2 Metodología de cálculo de los transportadores de banda.....	17
2.3 Importancia de las propiedades de las cargas transportadas. ....	42
2.4 Identificación de las clases prácticas a desarrollar en la instalación. ....	47
2.5 Conclusiones del capítulo.....	47
<b>Capítulo III</b>	<b>48</b>
3.1 <i>Introducción.....</i>	48
3.2 Principales averías ocurridas en el sistema de transporte por transportadores en la Nave de beneficio ISMM.....	48
3.3 Reparación del sistema de transmisión.....	49
3.4 3.4 Sistema de mantenimiento.....	49
3.5 Conclusiones del capítulo.....	56
<b>Capítulo IV</b>	<b>57</b>
4.1 <i>Introducción.....</i>	57
4.2 Ajuste de la distribución de horas de la asignatura Equipos de Transporte Industrial.....	57
4.3 Diseño de las Prácticas de Laboratorio.....	57
4.4 Montaje de las prácticas.....	64
4.5 Conclusiones del capítulo.....	65
<b>Conclusiones.....</b>	<b>66</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>67</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>68</b>
<b>Anexos</b>	

## **INTRODUCCIÓN**

EL proceso de desarrollo de las asignaturas esta dirigido a la ampliación de posibilidades y oportunidades de acceso a los conocimientos por parte de los estudiantes provenientes de diferentes formas de enseñanza. Las carreras se fortalecen con el perfeccionamiento de las disciplinas y asignaturas. Un papel importante lo desempeña la realización de clases prácticas de laboratorios en las asignaturas, que no tienen instaurado este tipo de actividad.

La asignatura Equipos de Transporte Industrial no tiene actualmente clases prácticas de laboratorio. Mediante la restauración de las instalaciones de transportadores de la Nave de Beneficio, se mejorará la base material de estudio y la posibilidad de incrementar el nivel de asimilación de los contenidos por los educandos y se perfecciona el proceso de enseñanza aprendizaje.

## **SITUACION PROBLEMA**

En la nave de beneficio del ISMM existe un conjunto de máquina de transporte continuo fuera de servicio por diferente fallos mecánicos y eléctricos. Dentro de estos sistema de transporte están los transportadores de banda, tornillo sinfín, hidráulico, Neumático, vibratorio y de canal o gravedad.

El sistema de transportadores de banda tiene problema o avería en el sistema de transmisión en la rueda motriz (piñón), lo cual es necesario fabricar. Tiene una bobina quemada en su motor de accionamiento y dificultades con el sistema de protección eléctrica, por otro lado la falta de mantenimiento a conllevado a que salgan fuera de servicio varios rodillos de apoyo, esta situación imposibilita el trabajo de estos equipos.

Además, la asignatura de Equipo de Transporte Industrial no realiza práctica de laboratorio en este tema



## **PROBLEMA CINTIFICO**

No existe la preparación metodológica, ni se ejecutan clases de práctica de laboratorio para los transportadores de bandas, por no existir equipos disponibles en funcionamiento.

## **OBJETO**

Transportadores de bandas del laboratorio de beneficio del ISMM.

## **OBJETIVO GENERAL**

Establecer la ejecución de práctica de laboratorio para la asignatura de Equipo de Transporte Industrial para el caso de los transportadores de banda

## **CAMPO DE ACCION**

Explotación de los transportadores de banda para prácticas de laboratorio de la asignatura de Equipo de Transporte Industrial para la carrera de Ingeniería mecánica.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Recuperar el funcionamiento de los transportadores de banda instalado en la Nave de Beneficio del ISMM
- Identificar y realizar la preparación metodológica de la práctica de laboratorio para los transportadores de banda relacionadas con: productividad resistencia al movimiento y energía {potencia}

## **HIPOTESIS**

Con la ejecución de las prácticas de laboratorio de los transportadores de banda en la asignatura Equipo Transportadores Industriales, se mejora considerablemente el proceso de enseñanza y aprendizaje del contenido de la asignatura en la carrera de Ingeniería Mecánica del ISMMM.



**TAREAS:**

1. Estado del arte
2. Realizar un diagnóstico de la instalación de transportadores de banda de la Nave de Beneficio de Minerales del ISMM.
3. Restaurar las piezas y agregados fuera de servicio de los de transportadores de banda de la Nave de Beneficio de Minerales del ISMM, para la puesta en explotación de los mismos.
4. Establecer el sistema de revisión, mantenimiento y reparación de los de transportadores de banda de la Nave de Beneficio de Minerales del ISMM.
5. Identificación y preparación de las clases prácticas de laboratorio para la asignatura Equipo Transportadores Industriales.

## CAPITULO I

### 1.1 Introducción

El desarrollo de las habilidades prácticas y la familiarización con el equipamiento por parte de los estudiantes es de vital importancia. En este capítulo se analiza el estado actual de la estructura de la asignatura Equipos de transporte Industrial, las condiciones para realizar prácticas de laboratorio de la misma en una instalación ubicada en la nave de Beneficio del ISMM, donde a la vez se evalúa su estado técnico y las posibilidades de realizar clases prácticas de laboratorio sobre transportadores de banda.

#### Objetivo del capítulo:

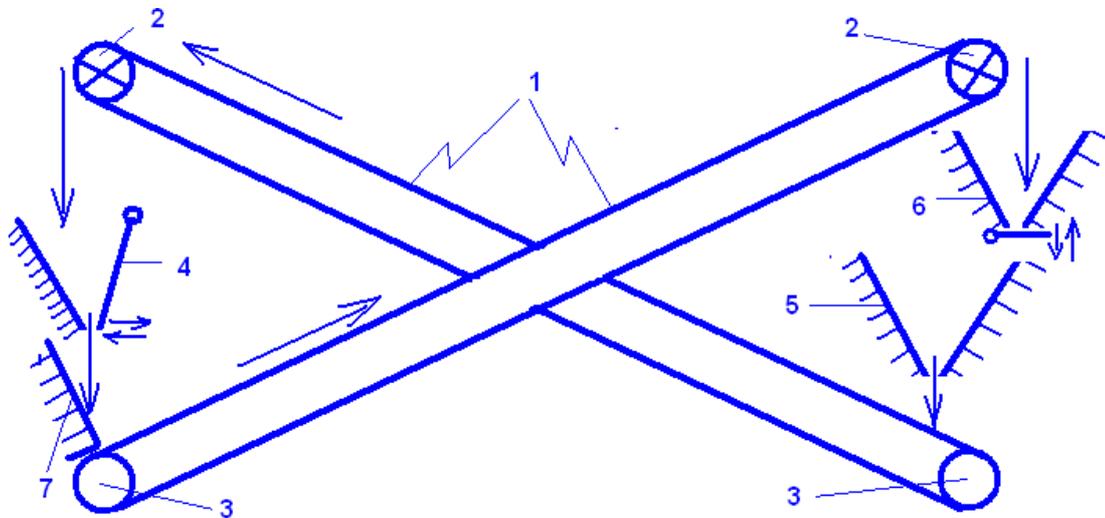
- 1- Identificar el estado actual de la asignatura equipos de Transporte Industrial
- 2- Evaluar el estado de la instalación de transportadores de banda presente en la Nave de Beneficio y las posibilidades de realizar algunas clases prácticas.

### 1.2 Características de los Transportadores Instalados.

Las características fundamentales de estos transportadores son:

No.	Datos	Dimensión
I.	Ancho de la banda o cinta	400 mm
II.	Velocidad de movimiento de la banda	0,3 m/s
III.	Longitud de cada transportador	8.00 m
IV.	Potencia de los motores de accionamiento	1,7 kW
V.	Velocidad de los motores de accionamiento	1750 rpm
VI.	Relación de transmisión entre el motor y el tambor motriz	$i = 20,47$
VII.	Diámetro de los tambores motrices	$D_m = 0,28 \text{ m}$
VIII.	Diámetro de los tambores de cola	$D_c = 0,16 \text{ m}$

### 1.2.1 Funcionamiento del esquema tecnológico.



**Figura 1.** Esquema tecnológico de la instalación de transportadores en la Nave de Beneficio del ISMMM. 1- Banda transportadora (cinta), 2 Tambor de accionamiento, 3- Tambor de cola, 4- Triturador de mandíbula, 5- Tolva de alimentación del material a granel a la banda o cinta, 6- Tolva de recepción del material transportado, 7- Canal

### 1.2.2 Estado actual de la Instalación

En el momento de iniciar el trabajo ningún transportador funciona, presentan averías serias en el accionamiento, en el sistema de suministro eléctrico y en la estación de botones de arranque y parada.

El accionamiento está compuesto por un motor eléctrico asíncrono de jaula de ardilla, acoplamientos y un reductor con transmisión por cadena. La rueda dentada (piñón) que está acoplada al motor está averiada, la misma hay que someterla a un proceso de recuperación o fabricación. El otro motor tiene averías en los enrollados, lo que no le permiten el trabajo continuo disparándose al cabo de 30 segundos de iniciar la marcha sin carga en el elemento portador de la carga. En todos los casos hay que realizar un mantenimiento general en las principales partes; tales como:

- 1- Motores de accionamiento; aislamiento, rodamiento y limpieza
- 2- Reductores de velocidad, lubricación y limpieza
- 3- Ajuste de los acoplamientos

- 4- Alineación de la banda
- 5- Ajuste del sistema de atesado
- 6- Lubricación y cambio de rodillos de apoyo
- 7- Pintura de la instalación

El suministro eléctrico de la instalación se realiza de la manera siguiente:

Para arrancar el sistema se cierra el interruptor principal, se pulsa el botón (Start) y se energiza la bobina del contactor M, serrando su contacto de cello M, se cierran todos los contactos de fuerza que alimentan el motor, así quedando energizado el sistema para su funcionamiento, para parar el equipo se pulsa el botón stop se desenergiza la bobina del contactor M se abre el contacto de cello M y los contacto de fuerza, desergenzando al motor y parando el sistema. **Ver anexo Fig. 2.**

### 1.3 Descripción de la Instalación

La instalación donde se desarrollaran las clases prácticas de laboratorio para la asignatura Equipos de Transporte Industrial consta de los siguientes elementos, (Vea Figura 1):

- 1- Banda o cinta de capas, que el elemento portador de la carga
- 2- Tambor motriz; encargado de transmitirle el movimiento a la banda por fricción considerando el ángulo de abrazado de la banda sobre el tambor
- 3- Tambores de desvío o cola
- 4- Triturador de mandíbula o quijada
- 5- Tolva de alimentación del material a granel a la banda o cinta.
- 6- Tolva de recepción del material transportado.
- 7- Canal de alimentación del mineral o material que se transporta.

### 1.4 Estado actual de la asignatura Equipos de Transporte Industrial.

La asignatura Equipos de Transporte Industrial pertenece a la disciplina Máquinas Industriales y Mantenimiento. Esta disciplina la integran las siguientes asignaturas; como se muestra en la **tabla: 1.1**

Asignatura	Cant. temas	C	CP	S	Lab	Taller	Total	Exámen Final
Motores Combustión Interna	2	20	32	8	0	4	64	Si
Máquinas Automotrices	3	18	24	6	0	6	54	Si
Equipos Transporte Industrial	2	30	26	4	0	0	60	Si
Mantenimiento	4	28	24	8	10	4	74	No
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>92</b>	<b>106</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>252</b>	<b>3</b>

Se observa que el número de prácticas de laboratorio es nulo; por no existir una instalación con disponibilidad técnica. Precisamente con la realización de este trabajo se obtendrá las condiciones para posibilitar el desarrollo de actividades de que les permitan a los estudiantes adquirir habilidades en el manejo de estos equipos; así como; familiarizarlo con este tipo de instalación

### 1.5 Trabajos Precedentes

El perfeccionamiento metodológico es una actividad constante que permite ir perfeccionando el proceso enseñanza aprendizaje.

Según el Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la educación superior aprobado a partir de septiembre de 2007 establece en su **ARTÍCULO 104:** Las formas organizativas fundamentales del proceso docente-educativo en la educación superior son:

- La clase.
- La práctica de estudio.
- La práctica laboral.
- El trabajo investigativo de los estudiantes.

- La autopreparación de los estudiantes.
- La consulta.

La tutoría

Estas formas organizativas se desarrollan en diferentes escenarios educativos. Se pueden incluir otras formas organizativas en aquellas carreras cuyas particularidades lo justifiquen, las que deben estar previstas en el plan de estudio.

Cada forma organizativa tiene su propia tipología. La introducción de nuevos tipos en una determinada forma organizativa es potestad del decano de la facultad.

### **ARTÍCULO 105:**

La clase es una de las formas organizativas del proceso docente educativo, que tiene como objetivos la adquisición de conocimientos, el desarrollo de habilidades y la formación de valores e intereses cognoscitivos y profesionales en los estudiantes, mediante la realización de actividades de carácter esencialmente académico.

Las clases se clasifican sobre la base de los objetivos que se deben alcanzar y sus tipos principales son: la conferencia, la clase práctica, el seminario, la clase encuentro, la práctica de laboratorio y el taller.

En cada modalidad de estudio, el profesor debe utilizar adecuadamente las posibilidades que brinda cada tipo de clase para contribuir al logro de los objetivos educativos formulados en el programa analítico de la asignatura y del año académico en que se desarrolla.

Especial importancia tiene para este trabajo la práctica de Laboratorio, que establece en su artículo 112.

**ARTÍCULO 112: La práctica de laboratorio** es el tipo de clase que tiene como objetivos que los estudiantes adquieran las habilidades propias de los métodos y técnicas de trabajo y de la investigación científica; amplíen, profundicen, consoliden, generalicen y comprueben los fundamentos teóricos de la disciplina mediante la experimentación, empleando para ello los medios necesarios.

Las prácticas de laboratorio se realizan en instalaciones propias de las universidades o en las que existen en las unidades docentes u otras entidades

laborales. Como norma, en este tipo de clase se deberá garantizar el trabajo individual de los estudiantes en la ejecución de las tareas previstas.

Según Garcell (2003) se realiza una reestructuración del programa analítico de la asignatura Equipos de Transporte Industrial, pero no se conciben el desarrollo de las prácticas de laboratorios por no constar con instalaciones adecuadas. La distribución de las actividades docentes se expresa por la tabla 1.2

**Tabla 1.2 Distribución de las actividades docentes de la asignatura Equipos de Transporte Industrial**

<b>DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DOCENTES</b>		
No. actividad	Tipo	Tema y títulos:
1	Conf.1	<b>Tema I: Principios Generales de las Máquinas de Transporte Continuo</b> <b>Título:</b> 1) Características y clasificación de las máquinas transportadoras. Principio y factores técnicos que intervienen en la selección. Características de los materiales. Clasificación y propiedades.
2	Conf.2	<b>Tema I: Principios Generales de las Máquinas de Transporte Continuo</b> <b>Título:</b> 2) Productividad de las máquinas de transporte continuo. Factor de resistencia al movimiento. Resistencia y potencia de los transportadores con órgano de tracción flexible. Resistencia por sectores del conductor. Fuerza de tracción y potencia del motor. Disposición de los órganos de propulsión y atesado en los transportadores.

3	C. Práct.1	<b>Tema I: Principios Generales de las Máquinas de Transporte Continuo.</b> <b>Título:</b> 2) Productividad de las máquinas de transporte continuo. Factor de resistencia al movimiento. Resistencia y potencia de los transportadores con órgano de tracción flexible. Resistencia por sectores del conductor. Fuerza de tracción y potencia del motor. Disposición de los órganos de propulsión y atesado en los transportadores.
4	Sem.1	<b>Tema I: Principios Generales de las Máquinas de Transporte Continuo</b> <b>Título:</b> 3) Relación entre las partes componentes. Órganos de tracción: cadenas y cintas. Tipos, cálculo y selección. Órganos de apoyo y soporte. Dispositivos para el atesado. Unidades propulsoras.
5	C. Práct.2	<b>Tema I: Principios Generales de las Máquinas de Transporte Continuo</b> <b>Título:</b> Productividad de las máquinas de transporte continuo. Factor de resistencia al movimiento. Resistencia y potencia de los transportadores con órgano de tracción flexible. Resistencia por sectores del conductor. Fuerza de tracción y potencia del motor. Disposición de los órganos de propulsión y atesado en los transportadores.
6	Conf.3	<b>Tema II: Máquinas de transporte continuo.</b> <b>Título:</b> Transportadores de banda. Generalidades.
7	Sem.2	<b>Tema II: Máquinas de transporte continuo.</b> <b>Título:</b> Transportadores de banda. Aspectos hidráulicos y elementos constructivos.
8	Conf.4	<b>Tema II: Máquinas de transporte continuo.</b>

		<b>Título:</b> Transportadores de banda. Dispositivos esenciales y teoría de la transmisión del esfuerzo de la banda.
9	C.Prác.3	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores de banda. Determinación de la resistencia o la marcha del transportador. Determinación de la tensión y resistencia de la banda.
10	C.Prác.4	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores de banda. Determinación de la flecha entre rodillos. Determinación de la potencia del motor y los gastos de energía eléctrica.
11	Conf.5	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores de placa .
12	C.Prác.5	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores de placa.
13	Conf.6	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores de rastrillo.
14	C.Prác.6	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores de rastrillo.
15	Conf.7	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores de bandeja, aéreos.
16	C.Prác.7	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores de bandeja, aéreos.
17	Conf.8	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores elevadores de cangilones.
18	C.Prác.8	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores elevadores de cangilones.
19	Conf.9	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo.

		<b>Título:</b> Transportadores de tornillo sin fin.
20	C.Prác.9	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores de tornillo sin fin.
21	Conf.10	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores vibratorios y de rodillos.
22	C.Prác.10	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores de los vibratorios y de rodillos.
23	Conf.11	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores neumáticos. Funcionamiento. Esquemas utilizados
24	Conf.12	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los Transportadores neumáticos.
25	C.Prác. 11	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los Transportadores neumáticos.
26	Conf.13	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Alimentadores
27	C.Prác.12	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores neumáticos.
28	Conf.14	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Transportadores hidráulicos. Funcionamiento. Elementos principales
29	Conf.15	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los Transportadores hidráulicos.
30	C.Prác.13	<b>Tema II:</b> Máquinas de transporte continuo. <b>Título:</b> Cálculo de los transportadores hidráulicos.

- Programas Directores: Durante el desarrollo de la asignatura se aplicaran los programas directorios de las asignaturas Computación e inglés.

Garcell (2003) estableció el plan calendario de la siguiente manera

**Tabla: 1.3 Plan calendario de la asignatura: Modelo P – 1; Equipos de Transporte Industrial.**

<b>MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR</b>		<b>Plan calendario de la asignatura: P - 1</b>			
<b>INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO</b>		<b>Equipos de Transporte Industrial</b>			
<b>Facultad:</b> Metalurgia y Electromecánica.		<b>Dpto.:</b> Ingeniería Mecánica		<b>Carrera:</b> Mecánica.	
<b>Año:</b> 4to.	<b>Tipo de curso:</b> Diurno	<b>Curso académico:</b> 2003 - 2004		<b>Semestre:</b> 1ro.	
<b>Elaborado por:</b>		<b>Jefe Dpto.</b> Dr. Alberto Turro Breff.  <b>Firma:</b>	<b>Fecha</b>		
<b>Categoría docente:</b> Asistente			<b>D</b>	<b>A</b>	<b>M</b>
<b>Firma:</b>			05	06	2003
<b>Distribución del fondo de tiempo</b>					
<b>Total</b>	<b>Conferencias</b>	<b>Clases Prácticas</b>	<b>Seminarios</b>	<b>Laboratorios</b>	
60	30	26	4		
<p>♣ <u>Objetivos Generales Educativos de la Asignatura:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extender la concepción científica del mundo a la interpretación de los problemas relacionados con el cálculo y selección de las máquinas de transporte continuo</li> <li>2. Desarrollar las formas de pensamiento lógico y las capacidades cognoscitivas que permitan la formación y aplicación de un enfoque Ingenieril de la actividad.</li> <li>3. Mejorar las condiciones generales de trabajo a partir de los elementos de funcionalidad y fiabilidad de las máquinas de transporte continuo.</li> <li>4. Interpretar el estado actual y las tendencias futuras en el desarrollo de los sistemas de transportación continua de materiales.</li> <li>5. Desarrollar motivos e intereses hacia el estudio de los tópicos principales de la</li> </ol>					

asignatura.

6. Formar y enriquecer la actitud hacia la autopreparación permanente como expresión de su condición como profesional.
7. Utilizar eficientemente las técnicas de búsqueda y procesamiento de información en la solución de las necesidades de autopreparación.
8. Desarrollar el interés y la habilidad de comunicarse con otras personas a través de distintos medios (gráfico, verbal, matemático) como vía de la autopreparación.

♣ Objetivos Generales Instructivos de la Asignatura:

1. Identificar los diferentes tipos de máquinas de transporte continuo (MTC)
2. Aplicar los criterios de selección de las máquinas de transporte continuo.
3. Calcular los parámetros principales de operación de las máquinas de transporte continuo.
4. Seleccionar los principales elementos y agregados de las MTC.

♣ Sistema de conocimientos:

- 1) Características y clasificación de las máquinas transportadoras. Principio y factores técnicos que intervienen en la selección. Características de los materiales. Clasificación y propiedades.
- 2) Productividad de las máquinas de transporte continuo. Factor de resistencia al movimiento. Resistencia y potencia de los transportadores con órgano de tracción flexible. Resistencia por sectores del conductor. Fuerza de tracción y potencia del motor. Disposición de los órganos de propulsión y atesado en los transportadores.
- 3) Relación entre las partes componentes. Órganos de tracción: cadenas y cintas. Tipos, cálculo y selección. Órganos de apoyo y soporte. Dispositivos para el atesado. Unidades propulsoras.
- 4) Transportadores de banda. Descripción general. Partes componentes. Particularidades de la unidad propulsora y las tamboras. Particularidades de los dispositivos para el atesado y la deflexión. Fundamentos del cálculo. Descripción general de los transportadores de tablillas, rastrillo, aéreo, bandeja y elevadores de cangilones.

5) Descripción general de los transportadores sin órganos de tracción flexible: transportadores de tornillo sin fin, vibratorios, y de rodillos.

6) Descripción general de los transportadores de flujo: transportadores neumáticos, hidráulicos y reseña de los alimentadores.

7) Medidas de seguridad. Explotación técnica y montaje de los transportadores. Mando automático.

♣ **Sistema de habilidades:**

1. Describir los diferentes tipos de máquinas transportadoras.
2. Aplicar los criterios de selección óptima de las máquinas transportadoras.
3. Identificar las características físico mecánicas de los materiales a granel.
4. Identificar los parámetros que intervienen en la productividad de las máquinas de transporte continuo.
5. Calcular los parámetros que influyen en la determinación de la potencia del motor y su selección.
6. Determinar la disposición de los órganos de propulsión y atesado en los transportadores con órgano de tracción flexible.
7. Identificar las partes componentes de los transportadores con órgano de tracción flexible.
8. Calcular y seleccionar los órganos de tracción flexible.
9. Calcular y los elementos principales de los transportadores con órgano de tracción flexible .
10. Identificar las partes componentes de los transportadores sin órgano de tracción flexible.
11. Calcular y seleccionar los elementos principales con cada tipo.

**Valores a desarrollar en los estudiantes con el estudio de la asignatura:**

1. Objetividad.
2. Responsabilidad.
3. Honestidad.
4. Independencia y creatividad.



Sierra (2007) realiza una reestructuración de la disciplina pero tampoco desarrolla las prácticas de laboratorios por los mismos factores mencionados anteriormente.

### **1.6 Conclusiones del capítulo**

- La asignatura Equipos de Transporte Industrial para el cuarto año de la carrera de Ingeniería Mecánica, no tiene previsto o planificada el desarrollo de clases prácticas de laboratorio.
- Las clases prácticas de laboratorio de transportadores de banda se pueden desarrollar, en la instalación de la Nave de Beneficio, una vez restaurado el estado técnico de la misma.

## CAPITULO II

### 2.1 Introducción

En el presente capítulo se expone el procedimiento de cálculo de los transportadores de banda y se realiza la identificación de las prácticas posibles a desarrollar de acuerdo las posibilidades metodológicas de la asignatura equipos de Transporte Industrial y las condiciones reales de la instalación analizada. Se realiza una caracterización de las propiedades físico mecánica de los materiales que se transportan.

**Objetivo** del capítulo:

1- Establecer el procedimiento de cálculo establecido para los transportadores de banda para la selección de las clases prácticas de laboratorio

### 2.2 Metodología de cálculo de los transportadores de banda

Durante el cálculo de los transportadores de banda se pueden presentar dos casos posibles:

1-Proyectar un nuevo transportador en el cual se conocen algunos de los datos de la empresa en cuestión.

2-La comprobación de un transportador ya instalado, comparándolo con otro que ya se conocen, o simplemente cálculos que se realizan para conocer sus parámetros desconocidos.

A continuación se hace referencia acerca el orden de cálculo a tener en cuenta.

- Podemos tener de datos la productividad y en ese caso determinaremos el ancho de la banda necesario. El ancho de la banda escogido de la productividad debe ser menor que su ancho real. También puede ocurrir que conozcamos el ancho de la banda y en este caso calculamos la productividad del transportador.[Seleccionamos de un catálogo el transportador adecuado

- Se determina la resistencia a la marcha del transportador.
- Se determinan las tensiones en los puntos característicos del transportador.
- Se controla la resistencia de la banda.
- Se determina el esfuerzo del mecanismo de tensión.
- Se realizan los cálculos complementarios como: La determinación de la flecha máxima, el alargamiento de la banda, relación de los diámetros de los tambores motrices en el caso de que existan más de uno en la instalación motriz.
- Se determina la potencia del motor y se escoge el mismo según los catálogos.
- Se determinan los gastos de energía eléctrica durante la transportación.

**Para llevar a cabo este cálculo es necesario tener una serie de datos como son:**

1-La productividad de la empresa o de una parte de ella; o el ancho de la banda.

2-La longitud del transportador.

3-El perfil del transportador y su traza.

4-El peso volumétrico del material a transportar [ $t/m^3$ ].

5-El ángulo del talud del material.

6-El tiempo de trabajo al año.

Existen otras series de datos que aparecen en los textos.

### **2.2.1 Determinación de la productividad**

Conociendo la productividad de la empresa (A), podemos conocer la productividad del transportador que se necesita (plan) según

$$Q = \frac{A \cdot K_i}{T} ; [\text{t/h}] \quad (2.1)$$

Q- Productividad planificada del transportador [t/h]

A- Productividad anual de la empresa [t/año]

T- Tiempo de trabajo al año [h/año]

K<sub>i</sub>- Coeficiente de irregularidad en el trabajo. Para los transportadores que trabajan junto a la excavadora K<sub>i</sub> varía de (1,3 % 1,5). En los transportadores principales K<sub>i</sub> =(1,11 a 1,25). Estos valores pueden sufrir variaciones en casos específicos.

## 2.2.2 Determinación del ancho de la banda

Si conocemos la velocidad de movimiento de la banda (v) del transportador instalado (de no conocerlo es posible medirla) podemos calcular el ancho de la banda necesario para mantener dicha productividad.

$$B = 1,1 \cdot \left( \sqrt{\frac{Q}{K_c \cdot v \cdot \varphi \cdot \gamma}} + 0,05 \right) ; [\text{m}] \quad (2.2)$$

donde:

K<sub>c</sub>- Coeficiente que tiene en cuenta la forma de la banda (tabla 2).

v- Velocidad de movimiento de la banda; en [m/h].

φ- Coeficiente de disminución de la productividad que tiene en cuenta el ángulo de inclinación del transportador (tabla 2).

γ- Peso volumétrico del material a transportar en [t/m<sup>3</sup>].

Q- Productividad en [t/h].

Si la productividad está expresada en m<sup>3</sup>/h.

$$B = 1,1 \cdot \left( \sqrt{\frac{Q}{K_c \cdot v \cdot \varphi}} + 0,05 \right); [\text{m}] \quad (2.3)$$

Luego de determinado el valor óptimo del ancho de banda estandarizado según el tamaño de las partículas del material a transportar según

- Para las cargas compuestas por pedazos grandes en un 15% de la masa total

$$B \geq 2,3a_{2,5a_{\text{máx}}}; [\text{mm}] \quad (2.4)$$

- Para cargas clasificadas con en contenido principal de pedazos con un tamaño determinado (a) en una proporción de aproximadamente el 80% de la masa total

$$B \geq (3,3a_{4,6})a; [\text{mm}] \quad (2.5)$$

Si el valor estandarizado del ancho de banda no satisface las condiciones anteriores, entonces se seleccionará de forma estándar el ancho de banda inmediato superior que cumpla la condición.

Con el valor del ancho de banda estandarizado calculamos la velocidad (VR) a la cual realmente se debe mover la banda para mantener esta productividad.

$$V_R = \frac{Q}{K_c \cdot \varphi \cdot (0,98 - 0,05)^2}; [\text{m/h}]$$

Q en m<sup>3</sup>/h

B en m

### 2.2.3 Parámetros y coeficientes que influyen en la magnitud principal.

El diseño y verificación de la explotación de los transportadores de banda en base a las necesidades del proceso tecnológico. Como condiciones iniciales (datos) indispensables se tienen las características físico-mecánica del material a transportar

y las necesidades productivas. (Oriol, 1993) Existen otros factores que intervienen de carácter constructivo, ambiental y de seguridad.

La productividad del transportador (  $Q$  ) es una función del área transversal del flujo de carga (  $F$  en  $m^2$  ), de la velocidad de movimiento de la banda (  $v$  en  $m/s$  ), del peso volumétrico del material transportado (  $\gamma$ ;  $t/m^3$  ) y de la inclinación del transportador en el sentido ascendente de la carga (Pérez cano;1993, Matushev;1979, Mac Queen; 1993 , Castro J;1990)

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi \quad t/h \quad (2.6)$$

Al analizar diferentes disposiciones del órgano portador de la carga (banda) sobre los apoyos de rodillos (artesa), se observa que las áreas transversales del flujo de carga son diferente para un mismo ancho de banda. Las expresiones para la determinación de las áreas transversales para artesa de uno, dos y tres rodillos de apoyo (Fig. 2.2, 2.3 y 2.4) , que son las más utilizadas, se dan a continuación:

$$F_1 = 0,25 \cdot b^2 \cdot \tan \varphi_d ; m^2 \quad (2.7)$$

$$F_2 = 0,25 \cdot b^2 \cdot ((\cos^2 \alpha \cdot \tan \varphi_d) + 0,50 \cdot \text{sen}(2\alpha)) \quad m^2 \quad (2.8)$$

$$F_3 = 0,25 \cdot b^2 \cdot \left\{ \left[ \cos \alpha + \frac{l}{b} \cdot (1 - \cos \alpha) \right]^2 \cdot [\tan \varphi_d + \tan \alpha] - \left( \frac{l}{b} \right)^2 \cdot \tan \alpha \right\} ; m^2 \quad (2.9)$$

En las expresiones (2.2), (2.3) y (2.4) los subíndices 1, 2, 3 representan la cantidad de rodillos que posee el apoyo.

$b$ , es el ancho ocupado en la banda por el material,  $m$ . Por norma este ancho deberá ser un 10 % menor que el ancho de la banda menos 2,5 cm. por cada lado, como margen de seguridad para evitar el derramamiento del material debido a las irregularidades en la alimentación de este (Spibacoski; 1983). Expresando esto matemáticamente:

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad \text{m} \quad (2.10)$$

-B, ancho de la banda, en m

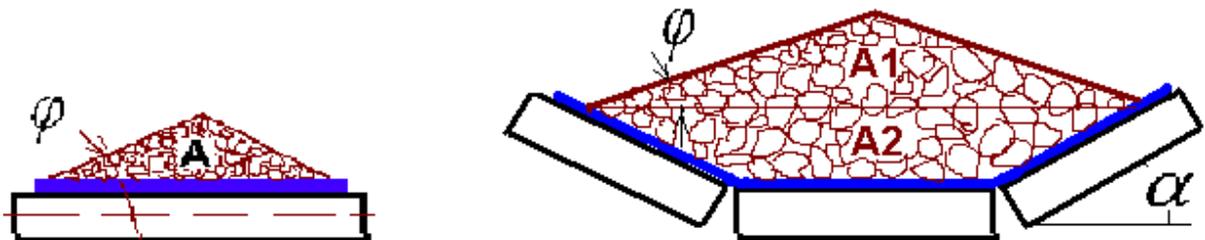
- $\varphi_d$ , ángulo del talud dinámico de la carga. Su valor oscila normalmente entre 0,5 y 0,75 veces el ángulo del talud natural estático  $\varphi$  en grados, es decir:

$$\varphi_d = (0,50 - 0,75) \varphi \quad (2.11)$$

Las diferencias entre  $\varphi_d$  y  $\varphi$  se deben al reordenamiento de las partículas de carga originado por las oscilaciones mecánicas (vibraciones), que se transmiten desde el accionamiento hasta la estructura soporte del transportador, o debido a otras causas como la acción del viento, el régimen de trabajo de otras máquinas, el movimiento de la banda con la carga sobre los apoyos de rodillos, etc. Generalmente los menores valores se toman para regímenes vibratorios fuertes.

$\alpha$ , ángulo de inclinación de los rodillos laterales.

L, longitud del rodillo central, en m.



Incluyendo en las expresiones (2.2), (2.3) y (2.4) el coeficiente de transformación 3600, se puede plantear generalizando que:

$$F = k \cdot b^2 \quad \text{m}^2 \quad (2.12)$$

Donde k para cada caso será igual a:

$$k_1 = 900 \cdot \tan \varphi_d \quad (2.13)$$

$$k_2 = 900 \cdot (\cos^2 \alpha \cdot \tan \varphi_d + 0,5 \cdot \text{sen} 2\alpha) \quad (2.14)$$

$$k_3 = 900 \cdot \left[ \left( \cos \alpha + \frac{l}{b} \cdot (1 - \cos \alpha) \right)^2 \cdot (\tan \varphi_d + \tan \alpha) - \left( \frac{l}{b} \right)^2 \cdot \tan \alpha \right] \quad (2.15)$$

De todo lo anterior se concluye que el área transversal del flujo de carga depende de factores condicionales que son las características físico-mecánicas del material a transportar y de factores constructivos como son las dimensiones y la forma de la artesa, así como el régimen vibratorio y de movimiento de la carga por toda la traza del transportador

Definitivamente para obtener la expresión que determina la dimensión principal, se sustituye la expresión (2.5) en la (2.7) y su resultado se sustituye en la expresión (2.1) de la cual se despeja el ancho de banda y queda de la forma:

$$B = 1,1 \cdot \left( \sqrt{\frac{Q}{K_c \cdot v \cdot \varphi \cdot \gamma}} + 0,05 \right); [\text{m}] \quad (2.16)$$

en la ecuación anterior se aprecian los parámetros y coeficientes de los que depende el ancho de la banda.

#### 2.2.4 Determinación de la resistencia a la marcha del transportador

Para determinar la resistencia o la marcha del transportador primeramente debemos determinar los valores de los siguientes parámetros.

El peso lineal de la banda lo determinamos según

Si la banda es de capa

$$qb = \gamma_b \cdot B \cdot (\delta \cdot i + h_1 + h_2); [\text{N/m}] \quad (2.17)$$

$\gamma_b$ - Peso volumétrico de la banda en [N/m<sup>3</sup>].

B- Ancho de la banda en [m].

$\delta$  -Espesor de una capa m. Varía de 1,25 a 2 mm.

i-Número de capas. Se toma de forma arbitraria mayor que 3.

h1- Espesor del revestimiento superior en m.

h2- Espesor del revestimiento inferior en m.

h1 = (2 a 3); [mm]

h2 = (1,5 a 2); [mm]

Si la banda es de goma y cable

$$q_b = \frac{q'_b}{B} \quad (2.18)$$

$q''_b$ ; peso de la banda por unidad de área; en N/m<sup>2</sup>

$$q_c = \frac{Q}{3,6 \cdot V}; [\text{kg/m}] \quad (2.19)$$

El peso lineal de los apoyos de rodillos se determina por:

Para la rama cargada

$$q_{r'} = \frac{G_{r'}}{l_{r'}}; [\text{N/m}] \quad (2.20)$$

Para la rama vacía

$$q_{r''} = \frac{G_{r''}}{l_{r''}}; [\text{N/m}] \quad (2.21)$$

$G_{r'}$  y  $G_{r''}$  → Peso de los apoyos de rodillos en la rama carga y vacía respectivamente [N]

$l'$  y  $l''$  → Distancia entre rodillos de apoyo en la rama carga y vacía respectivamente [m]

$l' = (0,9 - 1,5) \text{ m}$

$$l'' = 2 \cdot l''$$

Dividiremos entonces el contorno del transportador en partes rectas y curvas y estas a su vez por sus puntos característicos.

En los tramos rectos entre los puntos característicos la resistencia a la marcha la calculamos según:

Para la rama cargada

$$W_c = \{[(q_b + q) \cos \beta + q_r'] \omega' L \pm (q + q_b) L \cdot \text{sen} \beta\} \quad (2.22)$$

$\beta$  - ángulo de inclinación del tramo en cuestión (grados)

L – Longitud del tramo (m)

$\omega'$  - coeficiente de resistencia al movimiento en la rama cargada

Para la rama vacía

$$W_v = \{[q_b \cos \beta + q_r''] \omega'' L \pm (q_b) L \cdot \text{sen} \beta\} \quad (2.23)$$

$\omega''$  - coeficiente de resistencia a la marcha de los rodillos en la rama vacía

Podemos considerar

$$\omega' = \omega'' = \omega$$

$\omega = 0,02 - 0,03$  para bandas estacionarias.

$\omega = 0,04 - 0,05$  para bandas no estacionarias.

El signo (+) se utiliza cuando el movimiento es ascendente y el signo (-) cuando el movimiento es descendente.

### 2.2.5 Resistencia en los tramos curvos

Los tramos curvos en la traza del transportador de banda se distribuyen a lo largo del perfil en el plano vertical. A la resistencia al movimiento que surge como resultado del peso de la carga y las partes móviles debe agregarse otra resistencia complementaria como consecuencia de la tensión del órgano de tracción y la aparición de fuerzas radiales que oprimen a este contra el sector curvado. Estos tramos curvos se logran mediante la instalación de baterías de rodillos estacionarios que tienen cambios de dirección en el plano vertical. Los cambios de dirección de la banda a parte de los que necesariamente tienen que existir en los extremos de la traza y que se logran con el empleo de tambores, pueden ser convexos o cóncavos. [Óriol, 1995]

Los cambios convexos ocurren en los siguientes casos:

- ❖ . De un tramo ascendente a un tramo horizontal
- ❖ . De un tramo ascendente a otro tramo ascendente de menor pendiente.
- ❖ . De un tramo horizontal a un tramo descendente.
- ❖ . De un tramo descendente a otro descendente de mayor pendiente.

Dichos cambios se realizan mediante uno de los **siguientes métodos**:

- Con el empleo de tamboras deflectoras
- Con el empleo de baterías de rodillos

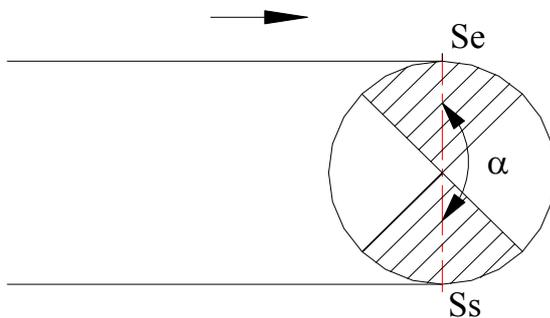
Las tamboras deflectoras se usan preferiblemente en la rama descargada, en la rama cargada esta condicionada por el empleo de rodillos planos.

Se pueden dar los **siguientes casos**:

- Que la banda bordee los tambores motrices.

- Que la banda borde los tambores de desvío o de retorno.
- Que la banda borde una zona transitoria o de cambio de pendiente. Esta puede ser con la convexidad hacia arriba o con la convexidad hacia abajo.
- Que la banda varíe en trayectoria según su traza. Estos son casos que no estudiaremos.

Para ver el primero observemos el siguiente gráfico.



Como hemos dicho en clases anteriores el esfuerzo que se transmite a la banda viene dado por la diferencia de tensiones a la entrada y a la salida, veíamos además que la distribución de tensiones no es uniforme y que está condicionada por el ángulo de deslizamiento de la banda sobre el tambor por lo que el esfuerzo no se transmite a la banda en todo el arco abrazado, sino solamente en el límite del arco donde existe el deslizamiento de la banda sobre el tambor.

Por tanto la resistencia al movimiento en tambor motriz es igual al esfuerzo transmitido.

$$W_{tm} = S_e - S_s \quad (2.24)$$

Como  $S_e = S_s \cdot e^{f \cdot \alpha \cdot des}$  Entonces sustituyendo en (12)

$$W_{tm} = S_s \cdot (e^{f \cdot \alpha \cdot des}) \quad (2.25)$$

O expresándola en función de de la tensión de entrada

$$W_{tm} = S_e - \frac{S_e}{e^{e\alpha}} = S_e \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{f \cdot \alpha \cdot des}}\right)$$

$$W_{tm} = S_e \cdot \frac{e^{f \cdot \alpha \cdot des} - 1}{e^{f \cdot \alpha \cdot des}} \quad (2.26)$$

f- Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor.

Se- Tensión de entrada.

Ss- Tensión de salida.

$\alpha_{des}$  Ángulo de deslizamiento.

Wtm- Resistencia al movimiento en el tambor motriz.

En el caso que la banda bordee los tambores de desvío o de retorno.

$$W_{tm} = S_s - S_e$$

Esto se debe a que la banda es la mueve al tambor por tanto a la salida es donde haber un mayor esfuerzo.

$$S_s = S_e \cdot e^{\omega_t \cdot \alpha} \quad (2.27)$$

donde:

$\omega_t$  – Coeficiente de resistencia al movimiento de los rodamientos o cojinetes del tambor.

$\alpha$  - Ángulo de abrazado por la banda del tambor.

Por tanto 
$$W_{td} = S_e \cdot e^{\omega_t \cdot \alpha} - S_e$$

$$W_{td} = S_e \cdot (e^{\omega_i \cdot \alpha} - 1) \quad (2.28)$$

O expresando en función de la tensión de salida

$$W_{td} = S_s - \frac{S_s}{e^{\omega_i \cdot \alpha}} = S_s \left( 1 - \frac{1}{e^{\omega_i \cdot \alpha}} \right)$$

$$W_{td} = S_s \cdot \frac{e^{\omega_i \cdot \alpha} - 1}{e^{\omega_i \cdot \alpha}} \quad (2.29)$$

Cuando la banda bordea una zona transitoria de cambio de pendiente, la convexidad puede estar hacia arriba o hacia abajo.

Cuando está hacia arriba la resistencia a la marcha de la banda por:

$$W_{cp} = S_s - S_e \quad \text{pero} \quad S_s = S_e \cdot e^{\omega_r \cdot \theta} \quad \text{Por lo que;}$$

$$W_{cp} = S_s \cdot \left( \frac{e^{\omega_r \cdot \theta} - 1}{e^{\omega_r \cdot \theta}} \right) \quad (2.30)$$

$$W_{cp} = S_e \cdot (e^{\omega_r \cdot \theta} - 1) \quad (2.31)$$

donde:  $\omega_r$  : Coeficiente de resistencia al movimiento de los rodillos en el tramo.

Puede ser igual a  $\omega'$  y  $\omega''$  en dependencia del tramo que se esté calculando.

$\theta$  : Ángulo central del tramo curvilíneo.

Coeficiente de aumento de resistencia o tensión en los contornos con ángulos.

Angulo; grados	180	90	<90
K'	1,05 – 1,06	1,03 – 1,04	1,02 – 1,03`

Cuando la convexidad es hacia abajo, entonces los rodillos se colocarán de forma tal que estos pasen por la curva de enlace entre los puntos de entrada y salida (según la parábola), por lo que la resistencia en este tramo puede ser considerada igual a cero.

$$W_{cp} = 0$$

$W_{cp}$  : Resistencia por el cambio de pendiente en los tramos curvos sobre apoyos de rodillos.

Los cambios cóncavos ocurren en los **siguientes casos**:

- ❖ . De un tramo horizontal a un tramo ascendente.
- ❖ . De un tramo ascendente a otro ascendente de mayor pendiente.
- ❖ . De un tramo descendente a un tramo horizontal.
- ❖ . De un tramo descendente a otro descendente de menor pendiente.

Dichos cambios en la rama cargada se logran mediante el propio pandeo de la banda.

Según (shubin) la resistencia en las partes curvilíneas del transportador se calculan por la fórmula:

$$W = S_s \cdot k_k$$

(20)

donde  $S_s$ ; tensión de salida del tramo curvo

$$k_k = 1 - \frac{1}{e^{w \cdot \alpha}} \quad (2.32)$$

$\alpha$ ; Ángulo del arco de curvatura del arco del tramo, en rad.

Si se conoce la tensión de entrada  $S_e$ , entonces se puede expresar en función de  $S_e$

La resistencia en los tramos cóncavos no se tienen en cuenta en el cálculo de tracción, en este caso la fuerza de tensión no la comprime hacia los elementos de apoyo, sino por el contrario, disminuye su apriete en los elementos de apoyo y por eso no provoca resistencia complementaria. [Shubin]

Según [Polanco; 1999, Potapob; 1980, Spibakoskii; 1983] la resistencia en los tramos curvos convexos se determina por la siguiente ecuación

$$W = S_e \cdot k' \quad (2.33)$$

Donde  $k'$ ; coeficiente que considera el aumento de la tensión debido a la resistencia al movimiento en la batería de rodillos.  $k' > 1.0$  y depende del ángulo de abrazado del arco que forma la batería de rodillos.

La ecuación c24 la utilizamos fundamentalmente cuando tenemos un tambor de desvío en el tramo curvo.

Para los tramos curvos cuyo arco lo forma una batería de rodillos se utiliza la ecuación siguiente

$$S_s = S_e \cdot k'' = S_e \cdot e^{wr \cdot \alpha} \quad (2.34)$$

$wr$ ; coeficiente de fricción de los rodillos que forman la batería de rodillos.

Según [O.B.Zelenskii; 1986] la resistencia al movimiento en los tramos curvos cuyo arco lo forma una batería de rodillos se determina por las ecuaciones siguientes

En los tramos convexo cargados

$$W = [S_e + (q_c + q_b + 2 \cdot q_r) \cdot R] \cdot \alpha \cdot w \pm (q_c + q_b) \cdot h \quad (2.35)$$

En los tramos convexos sin carga

$$W = [S_e + (q_b + q_r) \cdot R] \cdot \alpha \cdot w \pm (q_b) \cdot h \quad (2.36)$$

En los tramos cóncavos cargados

$$W = (q_c + q_b + q_r) \cdot l \cdot w \pm (q_c + q_b) \cdot h \quad (2.37)$$

En los tramos cóncavos vacíos.

$$W = (q_b + q_r) \cdot w \cdot l \pm q_b \cdot l \quad (2.38)$$

En los tramos curvos formado por un rodillo.

$$W = (0,03 \cdot S_e) \quad (2.39)$$

$$W = (0,04 \cdot S_e) \quad (2.40)$$

para  $\alpha = 180$  a  $2100$

$$W = (0,02 \cdot S_e) \quad (2.41)$$

$\alpha < 300$

Para los tramos con dos tambores o rodillos de la forma

$$W = (0,01 \cdot S_e) \quad (2.42)$$

La determinación de la resistencia al movimiento en los tramos curvos definidas por los cambios de dirección de la banda en los tambores, tramos convexos y cóncavos según varios autores [-----] esta función de la tensión de entrada o de salida del tramo que se calcula; es decir

$$S_s = S_e \cdot e^{w \cdot \theta} \quad (2.43)$$

donde:

$w_t$ ; es el coeficiente de fricción generalizado en el tramo curvo

$\theta$ ; es el ángulo que forma el arco del tramo analizado, en rad.

Otros autores como [O.B.Zelenskii; 1986] determinan la resistencia en los tramos curvos con más precisión también en función de una de las tensiones, pero además en función del radio  $R$  del arco de curvatura del tramo (ecuaciones). Este último parámetro no siempre está como dato y no es fácil de obtener. Con frecuencia los valores de  $e^{w_t \cdot \theta}$  se toman en un rango de 0,01 a 0,03. Como se puede observar la determinación de la resistencia al movimiento de la banda y las tensiones no es una tarea fácil y exacta.

Otros autores plantean determinar la tensión mínima de trabajo considerando las cargas lineales de la carga y de la banda y de la distancia entre rodillos  $l_r$ .

$$S_{\min.trab.} = (10 - 5) \cdot (q_b + q_c) \cdot l_r \quad (2.44)$$

Esto no es correcto por varias causas, en primer lugar en el perfil del transportador no se puede conocer en que punto de la rama cargada está situada la mínima tensión sin haber obtenido el valor de todas las tensiones de esa rama. En segundo lugar, la tensión en un punto es igual a la tensión en el punto anterior más la resistencia entre los puntos y a su vez, esta última puede ser muchas veces mayor ya que depende de la longitud del tramo

$$S_n = S_{n-1} + W_{n-1,n} \quad (2.44.1)$$

La tensión mínima de trabajo obtenida por la ecuación (34) nos sirve para comprobar la flecha de la banda en la rama cargada.

Existen una serie de resistencias puntuales, que se determinan por ecuaciones conocidas.

En los puntos de carga la resistencia se determina por la fórmula:

$$W_{dc} = C \cdot \frac{q \cdot (V - V_0) \cdot V}{g} \quad (2.45)$$

donde: C: Coeficiente que tiene en cuenta la fricción de la carga con la banda y los bordes guías de la tolva. Varía de 1,3 a 1,4.

V: velocidad de la banda.

Vo: velocidad de la carga en la dirección del movimiento.

Cuando el material cae en dirección perpendicular  $V_0 = 0$  por lo que

$$W_{dc} = C \cdot \frac{q \cdot V^2}{g}, N \quad (2.46)$$

En este caso es cuando la banda tiene mayor resistencia al movimiento.

En el punto de descarga la resistencia al movimiento se determina por:

$$W_{dd} = C' \cdot B \cdot q ; [N] \quad (2.47)$$

C' - Coeficiente que toma valores entre 2,7 y 3,6

La resistencia en los dispositivos de limpieza se puede calcular por la fórmula.

$$W_{dl} = q_1 \cdot B ; [N] \quad (2.48)$$

q1- Resistencia específica del dispositivo de limpieza. Para raspadores y arados de limpieza q1 toma valores entre 30 y 50 N/m.

Para cepillos giratorios se toma igual de 2 a 6 veces mayor que la velocidad lineal del cepillo ( $V_c$ ) y esta a su vez se toma mayor que la velocidad de la banda entre las magnitudes de 1,2 a 2; es decir

$$q_1 = (2\%6)V_c \quad y \quad V_c = (1,2\%2)V \quad (2.49)$$

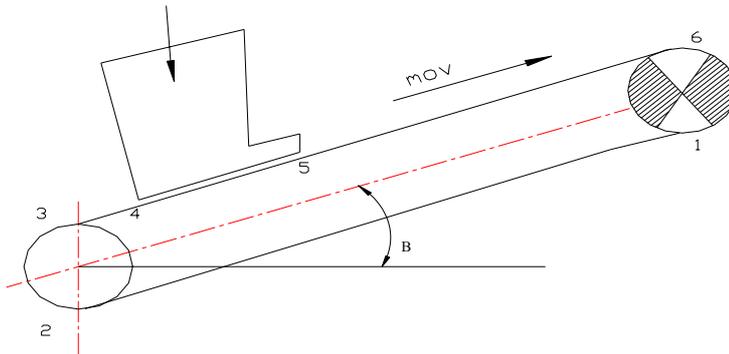
### 2.2.6 Determinación de la tensión de la banda

Como para la determinación de las resistencias hemos dividido el contorno del transportador en varias secciones dadas estas por los puntos característicos, entonces aplicando esta misma distribución determinamos las tensiones en cada punto de contorno.

En general podemos decir que la tensión en cada punto posterior, según el movimiento de la banda es igual a la tensión en el punto anterior más la resistencia al movimiento en este tramo. En esto consiste el método, el cual se puede representar según fórmula

$$[S_{n+1} = S_n + \sum W] \quad (2.50)$$

Veamos el siguiente ejemplo y apliquemos el método.



Lo primero es dividir el contorno según los puntos característicos, partiendo de la salida del tambor motriz y numerarlas según tantos puntos hallan. Entonces según la fórmula del método podemos obtener.

$$S_1 = ?$$

$$S_2 = S_1 + \sum W_{1-2} \quad (2.51)$$

$$S_3 = S_2 + \sum W_{1-2} \quad (2.52)$$

$$S_4 = S_3 + \sum W_{3-4} \quad (2.53)$$

$$S_5 = S_4 + \sum W_{4-5}$$

$$S_6 = S_5 + \sum W_{5-6}$$

$$S_s = S_e \frac{1}{e^{f \cdot \alpha \cdot dest}}$$

$$S_e = S_6$$

$$S_1 = S_6 \frac{1}{e^{f \cdot \alpha \cdot dest}} \quad (2.54)$$

Para hacer más fácil el cálculo, le damos las siguientes denominaciones a la resistencia:

$$\sum W_{1-2} = A \quad \sum W_{2-3} = B \quad \sum W_{5-6} = E \quad \text{y al coeficiente } \frac{1}{e^{f \cdot \alpha \cdot des}} = F$$
$$\sum W_{3-4} = C$$

Si sustituimos en (1) el valor de S1

$$S_2 = FS_6 + A$$

( 2.55')

Si continuamos sustituyendo cada ecuación obtenemos en la otra que le sigue obtenemos

$$S_3 = FS_6 + A + B$$

$$S_4 = FS_6 + A + B + C$$

$$S_5 = FS_6 + A + B + C + D$$

$$S_6 = FS_6 + A + B + C + D + E$$

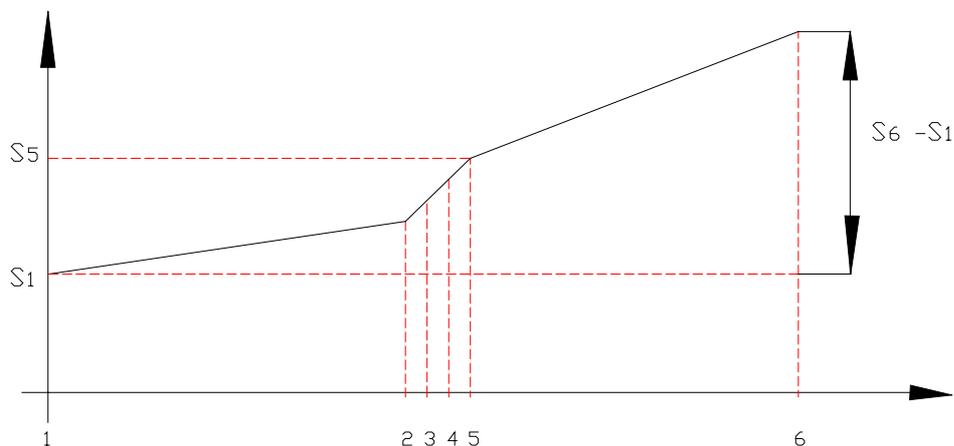
Haciendo  $A + B + C + D + E = M$

$$S_6 = F \cdot S_6 + M$$

$$S_6 = \frac{M}{1 - F} \quad (2.55)$$

De esta manera obtenemos el valor de  $S_6$  y podremos sustituir en las restantes ecuaciones y obtener el valor de la tensión en cada punto característico.

Luego de determinada las tensiones se traza el diagrama de las tensiones. Este se puede realizar directamente sobre el contorno del transportador en un sistema de coordenadas según:



### 2.2.7 Determinación de la resistencia de la banda

Para bandas de goma con fibras sintéticas se determina el número de capas.

$$i = \frac{S_{\max} \cdot m}{\sigma_r \cdot B} \quad (2.56)$$

Donde:  $i$ - Es el número de capas que tiene la banda para evitar su rotura al estar sometida a una función igual a  $S_{\max}$ .

$S_{max}$  – Tensión máxima a la que está sometida la banda; [N]

m- Coeficiente de seguridad (Tabla).

$\sigma_r$ - Límite de resistencia a la rotura de 1 cm de ancho en una capa en N/cm.

B- ancho de la banda

m = 9-10 –Horizontales    m = 11-12 –Inclinados

Si el número de capas tomado para el cálculo de las resistencias es menor que el obtenido, entonces hay que cambiar el tipo de banda o hay que calcular nuevamente las resistencias y las tensiones pero con el número hallado.

En caso contrario no es necesario volver hacer el cálculo.

Para el caso de bandas de goma- cable su resistencia está en dependencia de la resistencia de los cables.

Estas bandas se seleccionan de acuerdo a su resistencia a la destrucción (rotura)

$$\sigma_P = \frac{S_{m\acute{a}x} \cdot K_{real}}{B} \quad (2.57)$$

Las características técnicas de la banda de caucho y de caucho y cable están representadas en las (tablas 16 y 17)

El coeficiente real de reserva es de

$$K_{real} = \frac{\sigma_P \cdot B}{S_{m\acute{a}x}} \quad K_{real} \geq 6-9$$

El menor valor para los transportadores horizontales y el mayor para los inclinados. Por este coeficiente sabemos si la banda sirve, sino sirve tomamos otra banda.

### 2.2.8 Determinación de la flecha entre rodillos.

La flexión máxima entre los rodillos de la rama cargada se determina por la siguiente fórmula:

$$F_{m\acute{a}x} = \frac{(q + q_b) \cdot l^2}{8 \cdot S_{\min tr}} \quad (2.58)$$

$S_{\min tr}$  - Tensión mínima a la que está sometida la banda en la rama de trabajo:

$$S_{\min tr} = (10 - 5)(q + q_b) \cdot g \cdot l_r \quad ; \quad [\text{N}]$$

Por las reglas de explotación se a tenido que:

$$F_{m\acute{a}x} = (0,0125 - 0,025)l^* \quad (2.59)$$

$$S_{\min tr} \leq Si$$

Si- Tensión mínima en la rama de trabajo.

Correspondiendo los menores valores para la banda de goma – cable.

### 2.2.9 Determinación de la potencias del motor

La potencia de accionamiento se determina por:

$$N = \frac{W_o \cdot v}{1000 \cdot \eta} \cdot K_r \quad ; \quad [\text{KW}] \quad (2.60)$$

Donde:

$W_0$ -Esfuerzo de tracción en el tambor motriz, [N].Su valor en este caso se tomará igual:

$$W_0 = (S_e - S_s) + (0,05 - 0,06)(S_e + S_s) \quad [\text{N}] \quad (2.61)$$

□- Coeficiente de rendimiento de la transmisión □ = 0,85 – 0,90

Kr- Coeficiente de reserva que considera los regímenes de arranque y otros.

Kr = 1,1 – 1,15

Para los transportadores de forma recta, donde no existen resistencias concentradas en intervalos, el esfuerzo de tracción se puede determinar por un método más sencillo, por la fórmula:

$$W_0 = C(q + 2q_b + q'_r + q''_r) \cdot L \omega \cos \beta \pm gH ; [\text{N}] \quad (2.62)$$

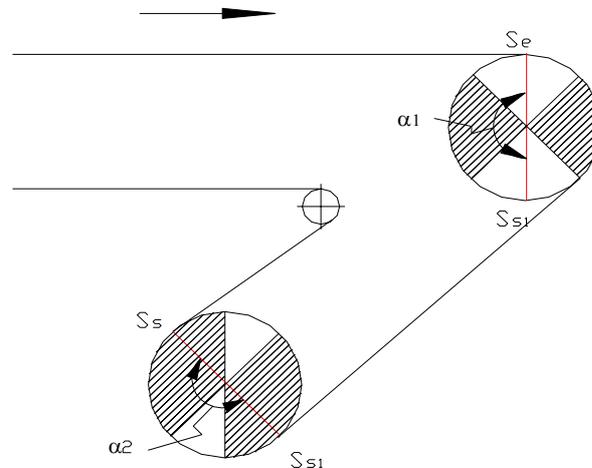
donde:

H- Altura del levantamiento de la carga (diferencia de nivel entre los puntos de carga y descarga) en M.

El valor del coeficiente C en dependencia de la longitud del contorno L es:

L (	100	160	200	250	400	500	800	1000	1250	1600
C	1,74	1,53	1,45	1,37	1,23	1,19	1,12	1,10	1,07	1,06

Si en el transportador utilizamos un accionamiento de los tambores, es necesario distribuir la potencia del accionamiento.



El esfuerzo de tracción en el primer tambor se puede determinar por la fórmula:

$$W_{o1} = S_e \left( \frac{e^{f\alpha_1} - 1}{e^{f\alpha_1}} \right) \quad (2.63)$$

$$N_1 = \frac{W_{o1} \cdot V}{1000 \cdot \eta} \quad ; \text{ [kW]} \quad (2.64)$$

$$N = N_1 + N_2$$

$$N_2 = N - N_1 \quad (2.65)$$

Frecuentemente la potencia que corresponde al segundo tambor es dos veces menor que la que corresponde al primero.

La potencia seleccionada del motor de un catálogo, debe ser mayor que la potencia de cálculo.

En un accionamiento de uno o dos tambores pueden ser utilizados unos cuantos motores. Es conveniente seleccionarlos a todos ellos de un mismo tipo, con el objetivo de unificarlos y facilitar su reparación.

La potencia del accionamiento determinada por la fórmula necesaria para condiciones dadas de explotación, es comparada con la potencia del pasaporte del transportador tomada y se hacen la correcta selección del transportador; si la potencia no es suficiente se selecciona otro transportador y se hace un cálculo comprobatorio igual.

La potencia de la instalación de tensión colocada en el tambor trasero se determina de la expresión:

$$P \approx 2S_{et} \quad (2.66)$$

$S_{et}$  – tensión de entrada en el tambor tensor

Si el tambor tensor se encuentra situado a la salida del accionamiento entonces  $P \approx 2S_s$

### 2.3 Importancia de las propiedades de las cargas transportadas

Las propiedades físico mecánicas de los materiales resulta determinante, para seleccionar el tipo de transportador a emplear, sus dimensiones principales y potencia requerida, que puede resultar totalmente diferente para uno u otro tipo de carga. Para un estudio profundo de este factor, es necesario conocer: las recomendaciones acerca del estado en que deben conservarse las propiedades de las cargas; la seguridad de trabajo de la máquina y la garantía de trabajo en óptimas condiciones ambientales. La solución de este problema requiere de la búsqueda de nuevas vías para elevar la efectividad de la transportación de minerales en estrecha interrelación con sus propiedades físico-mecánicas.

**Composición granulométrica** es la distribución cuantitativa de las partículas según su tamaño. La mayor dimensión lineal diagonal “a” caracteriza a la partícula y define algunos parámetros en el transportador y sus accesorios. Según este término las cargas pueden ser clasificadas u ordinarias. La granulometría del mineral laterítico es una propiedad que depende de un parámetro fundamental y que es determinante en su comportamiento. Esta variable es la humedad del mineral.

Por el grado de homogeneidad de las cargas pueden ser:

- Cuando  $K_h \leq 2.5$  son cargas clasificadas.
- Cuando  $K_h > 2.5$  son cargas comunes u ordinarias.

Donde:

$K_h$  – es el coeficiente de homogeneidad.

$$K_h = \frac{d_{MAX}}{d_{MIN}} \quad d_{MAX} - \text{Tamaño máximo de las partículas que forman la masa minera.}$$

$d_{MIN}$  – Tamaño mínimo de las partículas que forman la masa minera.

Cuando la composición granulométrica de las cargas clasificadas compuestas por partículas de diferentes tamaño, el tamaño máximo se toma como el de las partículas de mayor tamaño cuyo contenido es mayor que del 10%.

Las cargas clasificadas se caracterizan por el diámetro medio (d) de las partículas

$$d = \frac{d_{MAX} - d_{MIN}}{2}$$

La composición granulométrica de las cargas a granel se debe tener en cuenta cuando se determinan las medidas de los elementos portadores y de los elevadores (ancho de banda, del revestimiento de los cangilones, etc.), así como también de las aberturas de tolvas, de los embudos y de los canales

**Masa volumétrica**, esta puede darse con respecto al macizo o al granel. Es la relación de la masa con respecto a la unidad de volumen, en  $t/m^3$ .

**Coefficiente de mullido o esponjamiento**, es la relación existente entre la masa volumétrica del mineral en el macizo y la mullida o removida, al tener ambos la misma masa. El valor de este coeficiente es siempre mayor que la unidad y expresa el aumento del volumen de roca desbrozada, comparado con su volumen en el macizo.

$$Ke > 1 \quad Ke = \frac{\gamma}{\gamma''} \quad \gamma - \text{masa volumétrica compactada.}$$

$\gamma''$  - masa volumétrica mullida.

En los materiales que se mueven con facilidad (arena seca, etc.)  $Ke = 1.05 - 1.1$  y en las cargas coherentes y húmedas (arena mojada, tierra moldear, etc)  $Ke=1.3 - 1.5$

La masa volumétrica depende del espesor de las partículas que la forma.

Por la magnitud de la masa volumétrica ( $\gamma$ , t/m<sup>3</sup>) las cargas se dividen en los siguientes grupos:

- Ligeras (aserrín de madera, coque, etc.)

hasta 0,6

- Medias (Por ejemplo granos de carbón de piedra, etc.)

0,6 – 1,1

- Pesadas (arena, grava rocal, grava, etc.)

1,1 – 2,0

- Muy pesadas (minerales, guijarro, piedra, etc.)

mas de 2,0

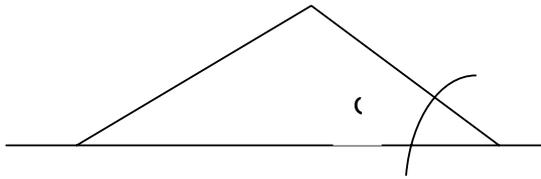
La magnitud de la masa volumétrica de la carga es necesaria para determinar la productividad de los equipos de transporte, la selección de su tipo, la determinación de las cargas teóricas y de la presión en las paredes de tolva, así como en las aberturas de esta.

El valor del coeficiente de esponjamiento real para las condiciones de explotación de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara es de **1.20**, el valor mínimo obtenido es 1,06 y el máximo es de 1,33.

**Ángulo de reposo** es el ángulo que forma la superficie lateral del material desbrozado dejado caer libremente desde una altura, con la superficie horizontal. Este ángulo depende de la movilidad entre las partículas de las cargas a granel, mientras mayor movilidad posea, menor será el valor de este ángulo. La movilidad de las partículas depende del tipo de material, humedad, forma, granulometría, de las fuerzas de cohesión y del coeficiente de fricción. Según el estado del material (humedad, temperatura, compresión) y de su granulometría, este tendrá diferentes ángulos de reposo.

Es el ángulo formado por la superficie lateral de la carga con el plano horizontal y caracteriza el grado de ínter movilidad de las partículas de la masa del mineral.

Mientras mayor sea la movilidad menor será este ángulo. Cuando sobre la masa actúan vibraciones, la movilidad es aun mayor.



$$\varphi' = 0,7 - 0,84 \varphi \quad \varphi' - \text{Angulo con vibraciones} \quad \varphi - \text{Angulo sin vibraciones}$$

El conocimiento de este ángulo permite determinar correctamente la medida de los segmentos de la carga a granel que se encuentra en los transportadores (banda) por ejemplo.

Para la proyección de los equipos de transporte y de los dispositivos auxiliares es necesario conocer también la magnitud de los coeficientes de fricción de las cargas a granel con el acero la madera, el hormigón, la goma, etc. Estas magnitudes condicionan los ángulos de inclinación de las paredes y de los bordes de las tolvas, de los embudos y de los canales, así como también los ángulos límites de inclinación de los transportadores.

El ángulo de reposo o del talud natural varia en dependencia del moviendo del elemento portador de la carga (banda, placas, cama de los camiones, etc.), obteniéndose **el ángulo de talud dinámico  $\varphi_d$**

**Humedad**, se denomina así a la presencia de agua (no enlazada químicamente) en forma de capa superficial, rodeando a las partículas y ocupando los espacios libres entre ellas. Su valor se expresa, en %. La humedad del mineral es un parámetro que influye considerablemente en el proceso de transporte. Es por ello que se hace necesaria su determinación experimental para obtener un valor real aplicable a las condiciones de trabajo. La humedad de la masa minera se da en % y esta se puede determinar por:

$$W = \frac{Gh - Gs}{Gs} 100, \% \quad (2.67)$$

donde:

Gh - Es el peso de la porción de la carga húmeda antes del secado.

Gs – es el peso de la porción secada hasta una temperatura de 150 °C.

**Abrasividad** es la propiedad de los materiales de desgastar la superficie con la que están en contacto cuando hay movimiento relativo. El grado de Abrasividad de las cargas a granel depende de la dureza, la forma y las medidas de las partículas que la componen. En otros trabajos se considera como no abrasiva (Noval, 1988).

El grado de abrasividad de las cargas depende de la dureza, la forma y tamaño de las partículas que lo componen.

Por el grado de abrasividad y por su efecto nocivo sobre los elementos de los equipos de transporte las carga se dividen en:

- A – No abrasivas
- B – Poco abrasiva
- C – De abrasividad media
- D – Muy abrasivas

La dureza se puede medir según el coeficiente de T  $t = 0 - 20$

Ejemplo la laterita  $t = 3 - 4$

Existen otras propiedades que de una forma u otra hay que tener en cuenta:

Las propiedades **corrosivas** de las cargas que provocan una intensa corrosión de las piezas exigen el empleo de materiales especiales o de revestimiento.

**La explosividad, la autocombustión y la toxicidad** de las cargas transportables se tienen en cuenta por condiciones técnicas especiales, que deben ser cumplidas obligatoriamente durante la proyección de los equipos.

**Aglutinamiento;** es decir; la capacidad que tienen algunos cargas a granel (por ejemplo sal, arcilla, calcosa, cemento, etc.) de perder la movilidad de sus partículas cuando pasa un periodo largo de almacenamiento, se manifiesta poco favorable cuando estas cargas se conservan durante mucho tiempo en las tolvas y otros recipientes. El aglutinamiento se eleva cuando **se incrementa la humedad y la presión** sobre la carga.

Para combatir el aglutinamiento de las cargas en las tolvas se utilizan mullidotes especiales (mecánicos, neumáticos o de **vibración**). Durante la transportación de cargas aglutinantes, las fundas de los transportadores no se pueden dejar cargadas después de terminado el trabajo.

**Adhesividad:** Capacidad que tienen algunas cargas por ejemplo ( la arcilla, la T en estado húmedo) de pegarse a los cuerpos sólidos, exige una forma especial de los elementos portadores (por ejemplo, de los canchales y las camas de los camiones) o de los elementos de apoyo del equipo o empleo de revestimientos con materiales a los cuales no se pegue la carga, así como también el empleo de dispositivos efectivos de limpieza. La adhesividad dificulta considerablemente la transportación de las cargas.

#### **2.4 Identificación de las clases prácticas a desarrollar en la instalación**

De acuerdo a las características de la instalación y las posibilidades de la Nave de Beneficio del ISMMM, se pueden desarrollar las siguientes prácticas de laboratorio:

- 1- Determinación de las propiedades físico mecánica del material a granel a transportar y del coeficiente constructivo.
- 2- Determinación de la productividad del transportador, del ancho de la banda y/o su verificación.
- 3- Determinación del consumo de energía en función de la productividad real.

#### **2.5 Conclusiones del capítulo**

- 1- Se establece la metodología de cálculo de los transportadores de banda para la ejecución y selección de las clases prácticas de laboratorio sobre transportadores de banda.
- 2- Se pueden realizar 3 clases prácticas de acuerdo a la preparación metodológica y condiciones reales del laboratorio

## **CAPITULO III**

### **3.1 Introducción**

En el presente capítulo se realiza un análisis de las principales averías de los transportadores de banda de la instalación de la nave de beneficio del ISMM, se establece el sistema de mantenimiento y reparación de la instalación y se realiza la reparación de los equipos y agregados averiados; tales como enrollado de motor eléctrico, fabricación de un piñón dentado de una transmisión por cadena y lubricación y mantenimiento de rodillos, reductores, etc.

Los objetivos del capítulo son:

- Establecer el sistema de mantenimiento y reparación de la instalación
- Restaurar la instalación mediante la reparación y mantenimiento de los diferentes agregados.

### **3.2 Principales averías ocurridas en el sistema de transporte por transportadores en la Nave de beneficio ISMM.**

Durante la explotación de este sistema de transportadores de banda o cinta se realizan diversas prácticas de laboratorio y mediciones para investigaciones científicas relacionadas con la clasificación, trituración, molienda, benéfico y demás procesos de preparación mecánica y el beneficio de minerales y materiales que implican una alta contaminación del medio por desprendimiento de polvos de distintas características de abrasividad, humedad y además vibraciones de algunos equipos y gran ruido.

La situación planteada implica que el sistema de revisión, mantenimiento y reparación de los equipos instalados tiene que ser sistemático y con un estricto control cada vez que se desarrolle una actividad en dicho local.

Hasta la fecha esta instalación ha estado falta de mantenimiento frecuente, lo que la conlleva a una serie de averías que imposibilitaron la explotación de la misma.

Las averías más frecuente que conllevaron la parada del sistema están:

a – Resistencia al giro de algunos rodillos de apoyo de la banda de los transportadores.

B – Pérdida del aislamiento de los devanados de los motores de accionamiento de los transportadores de banda

c – Elevado momento de arranque de los motores de accionamiento por el gran valor de la resistencia al movimiento de la banda y por tanto rotura de la transmisión por cadena del accionamiento.

d- Irregularidad en el sistema de atesado de la banda.

### **3.3 Reparación del sistema de transmisión.**

Por las condiciones de la brigada de mantenimiento del ISMMM, no tienen el aseguramiento necesario para realizar la reparación de las avería, se realizaron las reparaciones de conjunto con la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara y el Combinado Mecánico del Níquel Joaquín Boech de Vech, donde colaboramos directamente con los departamentos técnicos de ambas instituciones para la realización de los procesos de elaboración de la rueda de estrella (**ver anexo Fig. 3**) y el enrollado de los dos motores de accionamiento.

### **3.4 Sistema de mantenimiento.**

#### **3.4.1 Cálculo del ciclo de mantenimiento.**

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

$$T = A \cdot B_y \quad (3.0)$$

donde:

(B<sub>y</sub>) es el Régimen de trabajo = 1.5; tabla 2.4 Navarrete (1986).

(A) es el Coeficiente de duración teórico del ciclo = 30000; tabla 2.3 Navarrete (1986).

Sustituyendo:

$$T = 45000 \text{ hrs.}$$

**Número de reparaciones pequeñas**

$$N_P = \frac{G}{P} \quad (3.1)$$

Siendo:

G: Reparación general.

P: Reparación pequeña.

**Cálculo del número de reparaciones medianas en el ciclo.**

$$N_M = \frac{G}{M} \quad (3.2)$$

Donde:

G: Reparación general.

M: Reparación mediana.

**Cálculo del número de revisiones en el ciclo.**

$$N_R = \frac{G}{R} \quad (3.3)$$

En la cual:

G: Reparación general.

R: Revisión.

**Cálculo del período entre intervenciones.**

$$t_o = \frac{T}{N_M + N_P + N_R + 1} \quad (3.4)$$

Siendo:

T: Duración del ciclo de reparaciones

$N_M$ : Número de reparaciones medianas.

$N_P$ : Número de reparaciones pequeñas.

$N_R$ : Número de revisiones.

**Cálculo del periodo entre reparaciones.**

En la cual:

T: Duración del ciclo de reparaciones

$N_M$ : Número de reparaciones medianas.

$N_P$ : Número de reparaciones pequeñas.

El número de reparaciones pequeña, la obtenemos de la ecuación (3.1), donde:

$G = 43800$  hrs; según análisis de las prácticas.

$P = 1272$  hrs; según análisis de las prácticas.

Sustituyendo:

$N_P = 34$ .

Según la ecuación (3.2), calculamos el número de reparaciones mediana.

$G = 43800$  hrs; según análisis de las prácticas.

$M = 20000$  hrs; según análisis de las prácticas.

Sustituyendo:

$N_M = 2$ .

A partir de la ecuación (3.3), determinamos el número de revisiones en la cual:

$G = 43800$  hrs; según análisis de las prácticas.

$R = 1300$  hrs; según análisis de las prácticas.

Sustituyendo:

$N_R = 34$

Obtenemos:

Sustituyendo los resultados obtenidos según las ecuaciones (3.0), (3.1), (3.2) y (3.3) en la ecuaciones (3.4) y (3.5) obtenemos el periodo entre intervenciones ( $t_0$ ) y reparaciones ( $t_r$ ):

Sustituyendo:

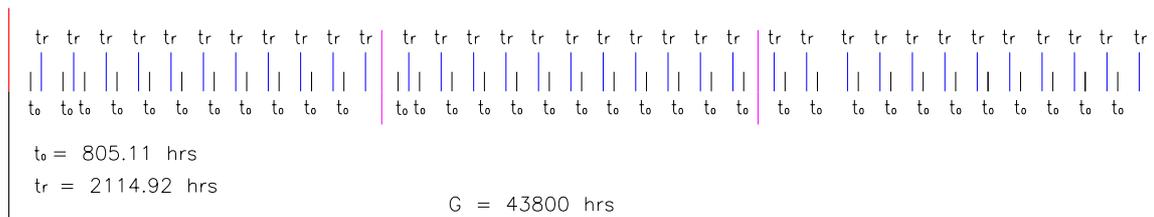
$$t_0 = 805.11 \text{ hrs}$$

$$t_r = 2114.92 \text{ hrs}$$

### 3.4.3. Ciclo de reparaciones.

- ✘ La reparación general se hará a los 5 años.
- ✘ Las reparaciones medianas cada 2.3 años.
- ✘ Las reparaciones pequeñas cada 88 días.
- ✘ Las revisiones cada 34 días.

### 3.4.4. Estructura del ciclo de reparaciones.



Leyenda:

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

### 3.4.5 Reglamento de servicio del transportador de banda.

#### Mantenimiento pequeño.

1. Revisión del sistema de transmisión.
  - Revisión del nivel de aceite, así como, ruidos y vibraciones del reductor.

- Revisión del acoplamiento motor – reductor.
  - Revisión del acoplamiento reductor sprok-motriz.
  - Revisión de los rodillos de apoyo.
  - Revisión de la cadena de transmisión.
  - Revisión del sprok-motriz.
  - Revisión del tambor de cola.
  - Revisión de las Guarderas.
2. Revisión del cuerpo del transportador.
- Revisión de los rodillos.
  - Revisión de la banda u órgano de tracción.
  - Mantenimiento de los puntos de apoyo de los rodillos.
  - Revisión del cajón del transportador.
  - Revisión de las tolvas de alimentación del transportador.
  - Revisión de las escotillas del transportador.
  - Mantenimiento al mecanismo tensor de la banda
  - Revisión de las válvulas de contrapeso.
3. Revisión de la tornillería de anclaje.
4. Lubricación del equipo.
5. Prueba y chequeo de ruidos y vibraciones.
6. Limpieza del equipo.

## **MANTENIMIENTO MEDIANO.**

1. Mantenimiento del sistema de transmisión.
  - Mantenimiento del reductor.
  - Mantenimiento del acoplamiento motor – reductor.
  - Mantenimiento del acoplamiento reductor sprok motriz.
  - Mantenimiento a la cadena de transmisión.
  - Mantenimiento de los puntos de apoyo del sprok motriz.
  - Mantenimiento de los puntos de apoyo del tambor de cola.
  - Reparación de las Guarderas.
2. Mantenimiento del cuerpo del transportador.
  - Cambio de los rodillos.
  - Reparación de la banda.
  - Mantenimiento de los puntos de apoyo de los rodillos.
  - Reparación del cajón del transportador.
  - Reparación de las escotillas del transportador.
  - Mantenimiento al mecanismo tensor de la banda
3. Mantenimiento de la tortillería de anclaje.
4. Lubricación del equipo.
5. Prueba y chequeo de ruidos y vibraciones.
6. Limpieza del equipo.

## **MANTENIMIENTO GENERAL.**

1. Reparación del sistema de transmisión.
  - Reparación del reductor.
  - Cambio del acoplamiento motor – reductor.
  - Cambio del acoplamiento reductor sprok motriz.
  - Cambio de la cadena de transmisión.
  - Cambio del sprok motriz.
  - Cambio del rodamiento del tambor de cola.
  - Cambio de las guarderas.
2. Reparación del cuerpo del alimentador.
  - Cambio de los rodillos.
  - Cambio de los ejes de los rodillos.
  - Cambio de los dispositivos guías
  - Cambio de los puntos de apoyo de los rodillos.
  - Cambio del cuerpo del transportador.
  - Cambio del mecanismo tensor de la banda.
3. Reparación de la tornillería de anclaje.
4. Lubricación del equipo.
5. Prueba y chequeo de ruidos y vibraciones.
6. Limpieza del equipo.



### **3.5 Conclusiones del Capítulo.**

- Se logra establecer el ciclo de mantenimiento y reparación de la instalación
- Mediante los trabajos realizados de mantenimiento y reparación realizados se pudo poner en funcionamiento la instalación.

## CAPITULO IV

### 4.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza una redistribución del número de horas de la asignatura manteniendo como principio mayor cantidad de actividades prácticas, se logran conformar las diferentes clases prácticas de laboratorio sobre transportadores seleccionadas previamente.

El objetivo de este capítulo es:

Diseñar las clases prácticas de laboratorio sobre transportadores de banda para asignatura de Transporte Industrial para realizarla en la Nave de Beneficio de Minerales del ISMMM.

### 4.2 Ajuste de la distribución de horas de la asignatura Equipos de Transporte Industrial

Este se realiza de acuerdo al capítulo II y de acuerdo a la tabla 1.1 y 1.3 y se expone en la tabla 4.1

**Tabla 4.1 Distribución del número de horas de laboratorio**

Asignatura	Cant. temas	C	CP	S	Lab	Taller	Total	Exámen Final
Equipos Transporte Industrial actual	2	30	26	4	0	0	60	Si
Equipos Transporte Industrial ajustado	2	26	24	4	6	0	60	Si

### 4.3 Diseño de las Prácticas de Laboratorio

Los cálculos de los distintos parámetros del transportador se realizan utilizando la metodología expuesta en el capítulo II

### 4.3.1 Práctica Nro: 1 Transportadores de banda

**TEMA IV:** Máquinas de transporte continuo

Título: Productividad y ancho de banda

**OBJETIVOS:**

- Familiarizar a los estudiantes con una instalación de transportadores de banda
- ~ Conocer y utilizar los equipos de laboratorio.
- ~ Analizar el comportamiento de la productividad del transportador en función de la alimentación del material al transportador de banda.
- ~ Determinar experimentalmente los valores de los parámetros geométricos y tecnológicos de la banda instalada.

**MATERIAL:**

- ~ Transportadores de banda instalados en la Nave de Beneficio del ISMM.
- ~ Tolvas de alimentación y recepción del material transportado.
- ~ Cronómetro, cinta métrica, goniómetro, tacómetro, para la medición del tiempo de formación del volumen de material, ancho de la banda instalado y ocupado por material, ángulo del talud del material, velocidad de la banda, etc.
- Pupitre para la conexión del circuito de mando que conecta y desconecta el motor de accionamiento del transportador incluyendo protecciones y elementos de maniobra.
- ~ Pizarra de suministro eléctrico
- ~ Amperímetros
- ~ Voltímetros

**DURACIÓN ESTIMADA:** 2 Horas

**¡ADVERTENCIA!** Durante esta práctica se manipularán materiales a granel, se trasladarán a diferentes alturas, hay ruidos y vibraciones de partes del transportador y triturador de mandíbula, levantamiento de polvo, por este

**motivo, es imprescindible realizar cualquier tipo de manipulación sobre las mediciones con precaución y los equipos tras haber desconectado todos los elementos de la red eléctrica (MEDIANTE LA PULSACIÓN DEL PULSADOR DE PARADA Y LA OBSERVACIÓN DE LAS LÁMPARAS DEL PUPITRE QUE INDICAN LA EXISTENCIA DE TENSIÓN)**

### **1º RED TRANSPORTADORES DE BANDA DEL LABORATORIO**

El laboratorio en el que se realizarán las prácticas dispone de una red transportador de banda accionado por un motor eléctrico asíncrono trifásico de 220 V accionado por reductor de cadena y un tambor motriz, con tensión mecánica de la banda por tornillo. La alimentación del material al transportador es por medio de una tolva, el cual descarga en una canal y/o a un triturador de mandíbula y de este a otro transportador; que retorna el material a la tolva inicial o a un depósito donde se almacena el material descargado, para un tiempo determinado.

El pupitre de alimentación, dispone de un interruptor automático que lo protege y que permite conectar y desconectar los transportadores. El interruptor (estación de botones) en cuestión está situado en la parte superior del pupitre, cuando el pupitre está energizado, existe señal lumínica.

**Poner foto del panel o pupitre**

**Poner esquema de la instalación**

### **2º MANIOBRA, ALIMENTACION DE MATERIAL Y MEDICIONES.**

Para poder alimentar el transportador se realiza a través de la abertura de la tolva; la cual se le regula su abertura. Se ajustan las canales de descarga y se dispone del depósito final. Asimismo, se dispondrá de un circuito de mando que incluye un pulsador de arranque, otro de parada, así como un fusible y un interruptor automático que protegen al motor de cortocircuitos y sobrecargas. Una vez puesto en marcha los transportadores en el orden que se establece, se realiza la medición de la velocidad de la banda con ayuda e un tacómetro. La medición del ancho de la banda ocupado por el material y el ángulo del talud en la banda; se realiza con el transportador parado para lograr mayor precisión y seguridad para los estudiantes. En ausencia de

tacómetro se define una distancia sobre la dirección de desplazamiento de la banda o cinta, marcando previamente un punto de la banda visualmente se observa el tiempo de recorrido, esto repite varias veces y luego se determina la velocidad media, para lo cual es necesario determinar el número de mediciones.

**Nombre y apellidos:**

**Número de matrícula:**

**Fecha:**

**Hora de inicio de la práctica:**

**Hora de finalización de la práctica:**

## RESULTADOS Y CÁLCULOS

Responder a las preguntas siguientes a partir de los datos obtenidos mediante las mediciones realizadas o bien realizando los cálculos que fuesen necesarios a partir de ellas:

### 1º) Medición de la velocidad de movimiento de la banda; m/s

**Tabla 4.2**

Nro	Velocidad del Tacómetro (m/s)	Velocidad media		
		Longitud m	Tiempo seg	$V=L/T$ m/s
1				
2				
3				

### 2º) Valor del ancho de banda calculado para las distintas productividades calculadas: Tabla 4.3

Nro	Bnom (mm)	Bmedido (mm)	Vmedido (m/s)	Angulo Talud (grados)	Bcalc (mm)	Nivel aprovechamiento Del ancho banda
1						
2						
3						

## Conclusiones de la práctica

### 4.3.4 Práctica Nro: 2 Transportadores de banda

#### TEMA IV: Máquinas de transporte continuo

Título: Determinación del consumo de energía del transportador en función de la productividad real

#### OBJETIVOS:

- ~ Conocer y utilizar los equipos de laboratorio utilizados para la medición de la potencia del accionamiento del transportador.
- ~ Determinar experimentalmente los valores de la productividad y la potencia consumida por el motor de accionamiento del transportador.
- ~ Analizar el comportamiento de la potencia consumida en función de la productividad real del transportador para el material transportado por el portador de carga (banda).

#### MATERIAL:

- ~ Transportadores de banda instalados en la Nave de Beneficio del ISMM.
- ~ Tolvas de alimentación y recepción del material transportado.
- ~ Cronómetro, cinta métrica, goniómetro, tacómetro, vatímetro; para la medición del tiempo de formación del volumen de material, ancho de la banda instalado y ocupado por material, ángulo del talud del material, velocidad de la banda, potencia consumida respectivamente.
- Pupitre para la conexión del circuito de mando que conecta y desconecta el motor de accionamiento del transportador incluyendo protecciones y elementos de maniobra.
- ~ Pizarra de suministro eléctrico
- ~ Amperímetros
- ~ Voltímetros

**DURACIÓN ESTIMADA:** 2 Horas

**¡ADVERTENCIA!** En esta práctica se operarán tensiones de 220 V y 125 V, por este motivo, es imprescindible realizar cualquier tipo de maniobra sobre las conexiones y los equipos tras haber desconectado todos los elementos de la red eléctrica.

Durante esta práctica se manipularán materiales a granel, se trasladarán a diferentes alturas, hay ruidos y vibraciones de partes del transportador y triturador de mandíbula, levantamiento de polvo, por este motivo, es imprescindible realizar cualquier tipo de manipulación sobre las mediciones con precaución y los equipos tras haber desconectado todos los elementos de la red eléctrica (MEDIANTE LA PULSACIÓN DEL PULSADOR DE PARADA Y LA OBSERVACIÓN DE LAS LÁMPARAS DEL PUPITRE QUE INDICAN LA EXISTENCIA DE TENSIÓN)

### **1º RED TRANSPORTADORES DE BANDA DEL LABORATORIO**

El laboratorio en el que se realizarán las prácticas dispone de una red transportador de banda accionado por un motor eléctrico asíncrono trifásico de 220 V accionado por reductor de cadena y un tambor motriz, con tensión mecánica de la banda por tornillo instalado en el tambor de cola. La alimentación del material al transportador es por medio de una tolva, el cual descarga en una canal y/o a un triturador de mandíbula y de este a otro transportador; que retorna el material a la tolva inicial o a un depósito donde se almacena el material descargado, para un tiempo determinado. El pupitre de alimentación, dispone de un interruptor automático que lo protege y que permite conectar y desconectar los transportadores. El interruptor (estación de botones) en cuestión está situado en la parte superior del pupitre, cuando el pupitre está energizado, existe señal lumínica.

**Poner foto del panel o pupitre**

**Poner esquema de la instalación**

## **2º MANIOBRA, ALIMENTACION DE MATERIAL Y MEDICIONES.**

Para poder alimentar el transportador se realiza a través de la abertura de la tolva; la cual se le regula su abertura de descarga. Se ajustan las canales de descarga y se dispone del depósito final. Asimismo, se dispondrá de un circuito de mando que incluye un pulsador de arranque, otro de parada, así como un fusible y un interruptor automático que protegen al motor de cortocircuitos y sobrecargas. La medición de la potencia se realiza instalando un vatímetro o un analizador de redes en el circuito de alimentación del motor asíncrono trifásico de accionamiento del transportador. Una vez puesto en marcha los transportadores en el orden que se establece, se realiza la medición de la velocidad de la banda con ayuda de un tacómetro. En ausencia de tacómetro se define una distancia sobre la dirección de desplazamiento de la banda o cinta, marcando previamente un punto de la banda visualmente se observa el tiempo de recorrido, esto repite varias veces y luego se determina la velocidad media, para lo cual es necesario determinar el número de mediciones. Simultáneamente se registran los consumos de potencia marcados en el vatímetro o analizador de redes. **Incluir esquemas de conexión del vatímetro o el analizador de redes.**

### **Práctica Nro: 3 Transportadores de banda**

#### **TEMA IV: Máquinas de transporte continuo**

Título: Determinación del consumo de energía del transportador en función de la productividad real

**Nombre y apellidos:**

**Número de matrícula:**

**Fecha:**

**Hora de inicio de la práctica:**

**Hora de finalización de la práctica:**

## RESULTADOS Y CÁLCULOS

Responder a las preguntas siguientes a partir de los datos obtenidos mediante las mediciones realizadas o bien realizando los cálculos que fuesen necesarios a partir de ellas:

### 1º) Medición de la velocidad de movimiento de la banda; m/s

Tabla 4.4

Nro	Vtacometro: (m/s)	Vmedida		
		Longitud (m)	Tiempo (seg)	V=L/T (m/s)
1				
2				
3				

### 2º) Valores de productividad y potencia consumida calculadas:

Tabla 4.5

Nro	Bnom: (mm)	Vmedido (m/s)	Ang. talud (grado)	Prod. Q (t/h)	Pmedida (KW)	Nivel aprovech De la energía
1						
2						
3						

### 3º) Realizar el perfil de cálculo del transportador medido y señalar los puntos característicos

### 4º) Cálculo de la potencia en función de la productividad real

- Cálculo de las resistencia al movimiento en los tramos
- Calculo de las tensiones en cada punto del perfil
- Construir el gráfico de tensiones
- Cálculo del esfuerzo de tracción
- Cálculo de la potencia consumida del motor de accionamiento y compararla con la potencia nominal.

## Conclusiones de la Práctica

### 4.4 Montaje de las prácticas y Aseguramientos necesarios para el desarrollo de las prácticas

Para la realización de las prácticas es necesario garantizar una serie de recursos y materiales tales como:

- 1- Material a granel con determinada composición granulométrica (Distribución de acuerdo al tamaño de sus partículas) 1m<sup>3</sup>
- 2- Carretilla de albañil 1u
- 3- Palas de albañil 1u
- 4- Cubo o recipiente similar 1u
- 5- Cinta métrica 1u
- 6- Tacómetro
- 7- Goniómetro
- 8- Juego de tamices con diferentes tamaños de los agujeros 1u
- 9- Amperímetro de gancho de 3 fases
- 10- Voltímetro
- 11- Es más idóneo en sustitución de los instrumentos en el registro 9 y 10 instalar un analizador de redes o PQM 1u
- 12 – Cronómetro 1u

### 4.5 Conclusiones del Capítulo.

- 1- Se obtiene un programa con la distribución de las horas necesarias para la realización de las clases prácticas de laboratorio sobre transportadores de banda, logrando vincular mayor cantidad de horas a las actividades prácticas.
- 2- Se logran montar 3 clases prácticas sobre transportadores de banda para materiales a granel.



## CONCLUSIONES GENERALES

- Se logro incorporar 3 clases prácticas de laboratorio en la asignatura Equipos de Transporte Industrial de la disciplina Máquinas Industriales y Mantenimiento, en el tema de transportadores de banda.
- Se estableció el ciclo de mantenimiento y reparación de la instalación de transportadores banda en la Nave de Beneficio del ISMMM.
- Se restableció el funcionamiento de los transportadores de banda instalado en la nave de Beneficio, los cuales se utilizaran para la realización de las clases prácticas de laboratorio de la asignatura Equipos de Transporte Industrial.

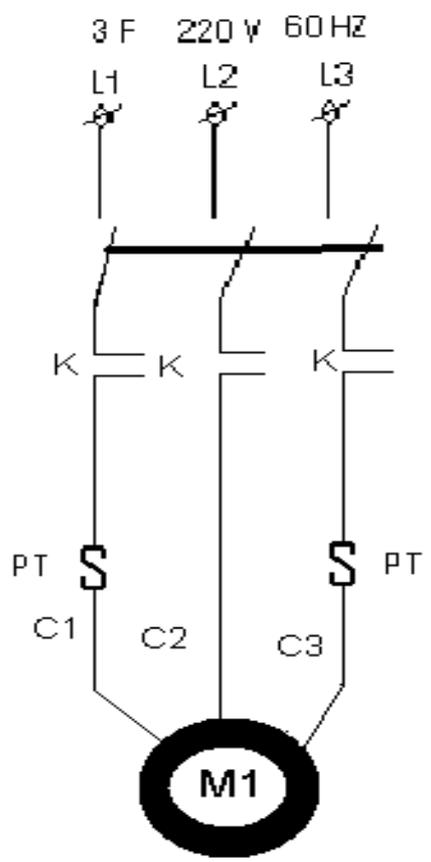
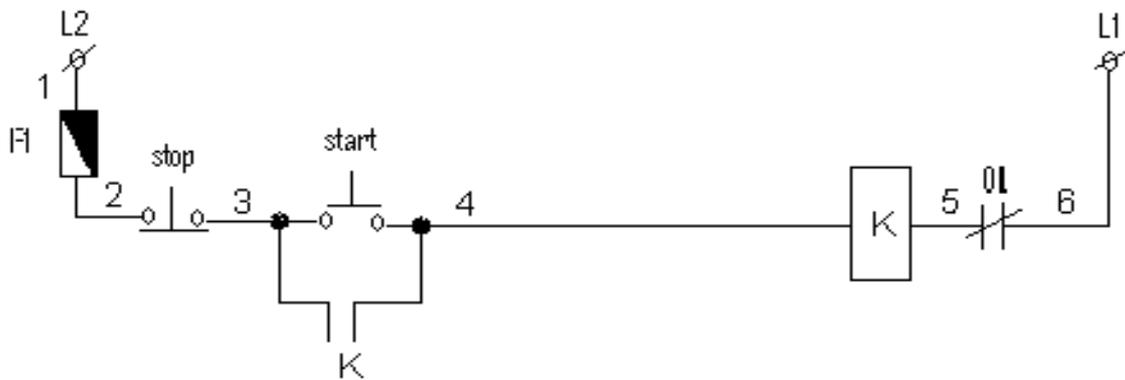


## RECOMENDACIONES

- Aplicar el ciclo de mantenimiento y reparación establecido para la instalación.
- Instalar canales a la salida de los transportadores durante la realización de las prácticas de laboratorio de transportadores
- Velar por el cumplimiento de las principales medidas de protección y seguridad instauradas en los puestos de trabajo
- Adaptar los transportadores por tornillo sin fin de la nave de beneficio para la realización de prácticas de laboratorio de la asignatura Equipos de Transporte Industrial

**BIBLIOGRAFIA**

1. Oriol Guerra, José M .Conferencia de máquinas transportadoras. ESPAJAE. La Habana. Edición Pueblo y Educación, 1986.
2. Oriol, Guerra, José M. Máquinas de transporte continuo. Tomo 1, La Habana, Edición Pueblo y Educación, 1980.
3. Garcell Regalado Yoannia. Folleto de consultas para estudiantes de ingeniería mecánica. (anexo.2). Tutor M Sc Roberto Yohan sierra Pérez y M Sc Leyla Reyes. Trabajo de Diploma. ISMMM. 2003
4. Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la Educación Superior aprobado a partir de Septiembre de 2007.
5. AGUILAR PARÉS FRANCISCO. Monografía Máquinas de Transporte Continuo. CUJAE. Habana. Cuba. 2002
6. ALONZO DANIEL. Transportadores Convencionales. [Htt//www.geocities.com/ingenieriadlplata](http://www.geocities.com/ingenieriadlplata). Mayo 2002.
7. Pereda H. S., Polanco A. R. Transporte Minero. La Habana. Edit. Félix Varela. 1999. Libro.
8. BACILIEB K A, NIKOLAIEB A K. Máquinas de Transporte. Sant Peterburgo. ISBN 5-94211-216-9. 2003
9. GARCELL REGALADO YOANNIA. *Perfeccionamiento Científico y Metodológico de Asignatura Equipos de Transporte Industrial e Izaje*. Trabajo de Diploma. Tutores Ing. Roberto Sierra Pérez, Lic. Líela Reyes Oliveros. Año 2003. I.S.M.M.
10. LOYOLA FERNÁNDEZ ROBERTO. *Estandarización del Sistema de Transporte por Transportadores de Banda en el Taller 01 de la ECECG*. Trabajo de Diploma. Tutor Ing. Roberto Sierra Pérez. Año 2002. I.S.M.M.
11. BACILIEB K A, NIKOLAIEB A K Y CAZONOB K G. Máquinas de Cargas y Transporte de las Plantas de Beneficio de Minerales. San-Peterburgo. HAYKA. 2006. ISBN 5-02-025092-9. 359 Páginas.
12. RODRIGUEZ HERNANDEZ, ORLANDO, PEREZ HERRERA, MERCEDES, PEREZ CUBA, MARGARITA, GARCIA, JORGE. Manual de trabajo Práctica de Dibujo Aplicado, primera reimpresión 1986.



*Fig. 1. Esquema Eléctrico del accionamiento de la instalación.*