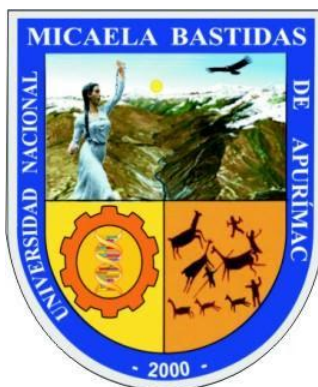


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
DE INGENIERÍA DE MINAS**



**“IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSPORTE CONTINUO DE MINERAL
DEL TRAMO STAKER A TRANSFERENCIAS DE LA MINA SHOUGANG
HIERRO PERÚ S.A.A. MARCONA/ICA 2017”**

TESIS

PRESENTADO POR:

EVER PAMPAÑAUPA ALVITES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

ABANCAY - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APRURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



Tesis

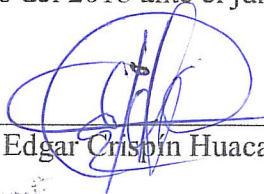
**“IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSPORTE CONTINUO DE MINERAL
DEL TRAMO STAKER A TRANSFERENCIAS DE LA MINA SHOUGANG
HIERRO PERÚ S.A.A. MARCONA/ICA 2017”**

Presentado por EVER PAMPAÑAUPA ALVITES, para optar el Título de:

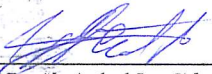
INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el 20 de Junio del 2018 ante el jurado:

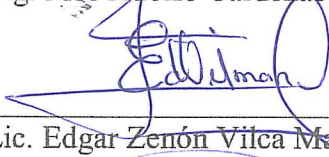
Presidente:


Ing. Edgar Crispín Huacac Farfán

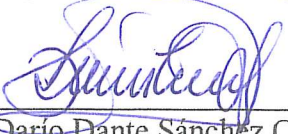
Primer Miembro:


Ing. José Adolfo Cárdenas Catalán

Segundo Miembro:


Lic. Edgar Zenón Vilca Mansilla

Asesor:


Ing. Darío Dante Sánchez Castillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco al ser más divino a Dios por darme la vida y guiarme por el buen camino, a mis padres por su apoyo incondicional durante mi formación profesional, a mis hermanos por darme todo el apoyo durante el tiempo de mi formación universitario, agradezco a la universidad UNAMBA por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas para poder estudiar mi carrera, así también a los señores docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas de la UNAMBA por haberme brindado sus conocimientos y su apoyo durante mi formación profesional para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi asesor de Tesis el Ing. Darío Dante Sánchez Castellón por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento así también haberme tenido toda paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis, a mis jurados calificadores, al Ing. Edgar C. Huacac Farfán, Ing. José A. Cárdenas Catalán, Lic. Edgar Z. Vilca Mansilla, quienes me han brindado un importante apoyo y guía durante la elaboración de este proyecto de tesis.

Me agradecimiento también va dirigido a la empresa SHOUGANG HIERRO PERU por haber aceptado que se realice mi tesis en su prestigiosa empresa.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

DEDICATORIA

Mi Tesis dedico con todo mi cariño a mis queridísimos hijos Melanie Felicitas y Selim Fernando, quienes son la fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor. A mis padres Saturnino y Teófila, por haberme dado lo mejor de la vida su amor y cariño, sus palabras de aliento por el apoyo incondicional que me dieron, A mis hermanos quienes no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla mis ideales. A mis compañeros y amigos presentes y pasados que me apoyaron para lograr que este sueño se haga realidad.

Gracias a todos.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Agradecimiento

Dedicatoria

Índice

Licencias de Creative Commons

Introducción

RESUMEN 1

ABSTRAC 2

CAPÍTULO I..... 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Descripción del Problema. 3

1.2. Enunciado. 3

1.2.1. General 3

1.2.2. Específico 3

1.3. Objetivos..... 4

1.3.1. General 4

1.3.2. Específicos. 4

1.4. Justificación..... 4

1.5. Delimitaciones..... 4

CAPÍTULO II 5

MARCO TEÓRICO 5

2.1. Antecedentes. 5

2.2. Marco Referencial 5

2.2.1. Localización Geográfica Y Política 5

2.2.2. Accesibilidad 6

2.2.3. Aspectos Geológicos..... 7

2.2.3.1. Geomorfología 7

2.2.3.2. Clima y Temperatura 7

2.2.3.3. Hidrografía 7

2.2.3.4. Geología Regional 7

2.2.3.5. Geología Local 8

2.2.3.6. Mineralización 9



2.2.3.7. Geología Estructural	9
2.2.4. Generalidades de Transporte de Bandas en el Proyecto de Tesis.	10
2.2.4.1. Ciclo Productivo. (Gerencia de Ingeniería de Mina Shougang Hierro Perú S.A.A.).....	10
2.3. Definición de Términos.	10
2.3.1. Cintas Transportadoras	10
2.3.2. Partes Principales de una Banda Transportadora.....	11
2.3.2.1. Banda.....	11
2.3.2.2. Rodillos y Soportes.....	12
2.3.2.3. Tambores.....	12
2.3.2.4. Tensores de Banda.....	13
2.3.2.5. Bastidores.....	13
2.3.2.6. Tolvas de Carga y Descarga.....	13
2.3.2.7. Dispositivos de Limpieza	13
2.3.2.8. Acoplamientos	14
2.3.2.9. Frenos y Mecanismos Antirretorno.....	14
2.3.3. Parámetros del Diseño de Banda Transportadora.....	14
2.3.3.1. Material a Transportar	14
2.3.3.1.1. Ángulo de Reposo	15
2.3.3.1.2. Ángulo de Sobrecarga	15
2.3.3.1.3. Peso Específico	16
2.3.3.1.4. Ángulo Máximo de Inclinación	17
2.3.3.1.5. Máximo Tamaño de Grano a Transportar.....	17
2.3.3.1.6. Características de Flujo	17
2.3.3.1.7. Abrasividad del Material.....	17
2.3.3.2. Capacidad Requerida.....	17
2.3.3.3. Trayectoria de la Banda Transportadora.....	17
2.3.3.3.1. Proyección Horizontal de Longitud Total de La Banda.....	17
2.3.3.3.2. Altura	18
2.3.3.3.3. Longitud de Los Tramos Inclinados	18
2.3.3.3.4. Ángulo de Inclinación de la Banda	18
2.3.3.3.5. Longitud Total de la Trayectoria de la Banda	18
2.3.3.4. Ancho de la Banda.....	19
2.3.3.5. Velocidad de la Banda Transportadora.....	20
2.3.3.6. Capacidad Máxima de Transporte.....	22
2.3.3.6.1. Rodillos en Terna.....	22
2.3.3.6.2 Rodillos en Bina.	23
2.3.3.6.3 Rodillo en Plano.	23
2.3.3.7. Fuerzas en la Banda.....	24
2.3.3.7.1. Factores por Fricción y por Longitud en el Cálculo de las Fuerzas en la Banda.	25

2.3.3.7.2. Cálculo del Peso de Las Partes Móviles de la Banda.....	27
2.3.3.7.3. Espaciamiento en los Rodillos Superiores e Inferiores	28
2.3.3.7.4. Fuerzas Para Mover la Banda en Vacío y Sus Componentes	30
2.3.3.7.5 Fuerza Para Desplazar el Material Horizontalmente.....	30
2.3.3.7.6. Fuerza Para Elevar o Bajar el Material.....	30
2.3.3.8. Potencias en la Banda	31
2.3.3.8.1. Potencia Adicional por Guía de Carga	31
2.3.3.8.2. Potencia Teórica	31
2.3.3.8.3. Potencia del Motor.....	32
2.3.3.9. Tensiones en la Banda	33
2.3.3.9.1. Tensión Efectiva	33
2.3.3.9.2. Tensión en Lado Apretado	34
2.3.3.9.3. Tensión en el Lado Flojo	35
2.3.3.9.4. Tensión en el Retorno de la Banda	36
2.3.3.9.5. Tensión del Contrapeso	37
2.3.3.9.6. Tensión Debido al Peso de la Banda en una Pendiente.....	37
2.3.3.9.7. Tensión Mínima	38
2.3.3.9.8. Tensión de Trabajo Unitaria	38
2.3.4. Otro Parámetro Importante es la Selección de la Banda Transportadora	39
2.3.4.1. Carcasa	39
2.3.4.2. Cobertura.....	41
2.3.4.3. Determinación de los Espesores de la Cubierta.....	42
2.3.5. Clasificación de los Tipos de Banda en Función del Material.....	43
2.3.6. Camiones en Minería.....	44
2.3.6.1. Camiones.....	44
2.3.6.1.1. Camiones de Descarga Inferior o de Fondo	47
2.3.6.1.2. Características y Especificaciones de los Camiones	47
2.3.6.1.3. Selección del Tamaño Óptimo de una Flota de Camiones	48
2.3.6.1.4. Estimación de los Ciclos de un Camión.	48
2.3.6.2. Cargadores Frontales	49
2.3.6.3. Cálculo de los Tiempos Fijos y Variables Para un Camión:.....	49
2.3.6.4. Consideraciones Esenciales en el Tiempo de Viaje de los Camiones.	54
2.3.6.5. Otras Consideraciones a Tomar en Cuenta en los Equipos Son:.....	55
2.3.7. Análisis Económico de los Proyectos Mineros	55
2.3.7.1. Economía Minera.....	55
2.3.7.2. Estudio de Proyectos.....	55
2.3.7.3. Comparación Entre Alternativas	56
2.3.7.3.1. Valor Presente	57
2.3.7.3.2. Costos Anuales Equivalentes	57

2.4. Seguridad e Higiene Industrial	58
2.4.1. Accidentalidad.....	58
2.4.2. Accidentes Más Comunes.....	58
2.4.2.1. Atrapamientos en los Tambores.....	58
2.4.2.2. Caída de Personas	59
2.4.2.3. Caída de Materiales	60
2.4.2.4. Inhalación de Polvo	60
2.4.3. Sistemas de Prevención y Seguridad Industrial	61
2.4.3.1. Frente al Atrapamiento en los Tambores	61
2.4.3.2. Frente a la Caída de Personas.....	62
2.4.3.3. Frente a la Caída de Materiales	63
2.4.3.4. Frente a la Inhalación de Polvo	63
CAPÍTULO III	64
DISEÑO METODOLÓGICO.....	64
3.1. Definición de Variables	64
3.2. Operacionalización de Variables	64
3.3. Hipótesis de la Investigación.....	64
3.3.1. Hipótesis General.....	64
3.3.2. Hipótesis Específico.....	64
3.4. Tipo y Diseño de la Investigación	65
3.4.1. Tipo y Nivel de la Investigación	65
3.4.2. Método y Diseño de la Investigación.....	65
3.5. Población y Muestra.....	65
3.6. Procedimiento de la Investigación.....	65
3.7. Material de Investigación.....	66
3.7.1. Pruebas de Entrada Proceso y Salida de la Investigación	66
3.7.2. Instrumentos de Investigación.....	66
CAPÍTULO IV.....	67
RESULTADOS	67
4.1. Descripción de los Resultados	67
4.1.1. Diseño de la Banda Transportadora	67
4.1.1.1. Características del Diseño de la Banda Transportadora.....	67
4.1.1.1.1. Material a Transportar	67
4.1.1.1.2. Propiedades Físicas de los Minerales	67

4.1.1.1.3. Ángulo de Reposo, Ángulo de Sobrecarga y Fluidéz del Material.	68
4.1.1.1.4. Ángulo Máximo de Inclinación	68
4.1.1.1.5. Máximo Tamaño de Grano a Transportar.....	68
4.1.1.1.6. Capacidad de Carga.....	68
4.1.1.2 Diseño de la Estructura de la Banda Transportadora.	69
4.1.1.3. Trayectoria de la Banda Transportadora.....	71
4.1.1.3.1. Longitud Horizontal del Tramo	71
4.1.1.3.2. Longitud del Tramo Inclinado	72
4.1.1.4. Ángulo de Inclinación de la Banda	72
4.1.1.5. Ancho de la Banda.....	72
4.1.1.6. Velocidad de la Banda.....	72
4.1.1.7. Capacidad Máxima de Transporte.....	72
4.1.1.8. Fuerzas en la Banda.....	73
4.1.1.9. Potencias en la Banda.....	74
4.1.1.10. Tensiones en la Banda	74
4.1.2. Especificaciones Teóricas de la Banda Transportadora	78
4.1.3. Clasificación de los Tipos de Banda en Función del Material.....	78
4.1.4. Especificaciones Técnicas de Los Equipos Requeridos en la Banda.....	78
4.1.5. Personal Para la Operación y Mantenimiento de Equipos.	79
4.1.6. Camiones	80
4.1.6.1. Cálculo de Tiempos de Camiones.....	80
4.1.6.2. Personal Requerido	83
4.2. Discusión de Resultados	83
4.2.1. Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento	83
4.2.1.1. Banda Transportadora.....	83
4.2.1.1.1. Inversión Inicial	83
4.2.1.1.2. Costos Anuales	84
4.2.1.1.3. Costos de Mantenimiento	84
4.2.1.2. Camiones.....	85
4.2.1.2.1. Inversión Inicial	85
4.2.1.2.2. Costos Anuales	85
4.2.1.2.3. Costo de Mantenimiento	85
4.2.1.3. Cargador Frontal.....	86
4.2.1.3.1. Inversión Inicial	86
4.2.1.3.2. Costos Anuales	86
4.2.1.3.3. Costos de Mantenimiento	86
4.2.2. Estudio Comparativo	89
4.2.2.1. Valor Presente de la Banda Transportadora	89
4.2.2.2. Valor Presente de los Camiones.....	91

4.2.2.3. Costo Anual Equivalente de la Banda Transportadora.....	93
4.2.2.4. Costo Anual Equivalente de Los Camiones	93
CAPÍTULO V	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
Conclusiones.....	95
Recomendaciones	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1: Ángulos de sobrecarga, de reposo y fluidez del material.	16
Tabla II-2: Anchos de banda mínimos recomendados.....	20
Tabla II-3: Velocidad de banda máxima recomendada (m/s).....	21
Tabla II-4: Coeficiente de fricción (f) de las partes giratorias.....	26
Tabla II-5: Valores recomendados de espaciamiento entre rodillos superiores e inferiores.	28
Tabla II-6: Valores promedios del peso de los rodillos superiores y de retorno	29
Tabla II-7: Valores promedios del peso de la banda transportadora	29
Tabla II-8: Eficiencias mecánicas de equipos reductores de velocidad.	32
Tabla II-9: Los valores del coeficiente de fricción entre el tambor y la banda.....	35
Tabla II-10: las especificaciones técnicas de bandas que cumplen la norma DIN 22131.	40
Tabla II-11: Valores recomendados de espesores de cobertura superior.....	42
Tabla II-12: Valores recomendados de espesores de cobertura inferior	43
Tabla II-13: Campo de aplicación de las bandas Roulunds, según el tipo de material.	43
Tabla II-14: Detalles rápidos de camiones Shacman.	45
Tabla II-15. Accidentes más comunes en bandas.	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro II-1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.	5
Cuadro II-2. Acceso a la Unidad Minera (vía terrestre)	6
Cuadro II-3. Las diferentes fases de movimientos orogénicos.	9
Cuadro III-1: Sistema de variables e índices.	64
Cuadro IV-1: Características geomecánicas del mineral a transportar.	68
Cuadro IV-2: Características del material a transportar y la cinta	68
Cuadro IV-3: Evaluación del área de transporte.	69
Cuadro IV-4: Cálculo de la producción total a transportar con banda transportadora.	69
Cuadro IV-5: Longitud de la cinta transportadora.	70
Cuadro IV-6: coordenadas de los puntos de inicio y fin de la banda transportadora.	71
Cuadro IV-7: Cálculos de la banda transportadora tramo A-B.	77
Cuadro IV-8: Especificaciones de la banda transportadora.	78
Cuadro IV-9: Tipos de banda en función del material.	78
Cuadro IV-10: Especificaciones técnicas de los equipos	79
Cuadro IV-11: Personal de operación y mantenimiento de banda.	79
Cuadro IV-12: Distancias y pendientes de acarreo con camiones.	80
Cuadro IV-13: Tiempos variables de acarreo (camión cargado).	81
Cuadro IV-14: Tiempos variables de acarreo (camión vacío).	81
Cuadro IV-15: Inversión inicial de la banda transportadora.	84
Cuadro IV-16: los costos de personal para el funcionamiento de la banda.	84
Cuadro IV-17: Inversión inicial de los camiones.	85
Cuadro IV-18: Inversión inicial de los cargadores frontales.	86
Cuadro IV-19: Costos total de Banda transportadora vs. Camiones	86
Cuadro IV-20: Valor Presente de la banda y sus equipos.	90
Cuadro IV-21: Valor Presente de camiones y su equipo.	91
Cuadro IV-22: Valor Presente de las alternativas.	92
Cuadro IV-23: Costo Anual Equivalente de camiones vs banda transportadora.	93

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figura II-1. Mapa de ubicación geográfica de la unidad minera Shougang Hierro Perú SAA.	6
Figura II-2. Esquema básico de una cinta transportadora.	11
Figura II-3: Ángulo de reposo.	15
Figura II-4: Ángulo de sobrecarga.	15
Figura II-5: Ancho de banda.	19
Figura II-6: Rodillo en terna.	22
Figura II-7: Rodillos en bina.	23
Figura II-8: Rodillo plano.	23
Figura II-9: Banda transportadora.	25
Figura II-10: Espaciamiento entre los rodillos superiores (S_1) e inferiores (S_2).	28
Figura II-11: Tensión efectiva.	33
Figura II-12: Camiones Shacman SX3254.	45
Figura II-13: Cargador Frontal Komatsu WA500-6.	49
Figura II-14. La seguridad del trabajo con bandas transportadoras.	59
Figura II-15. Cintas transportadoras careciendo de plataforma y de pasarela.	59
Figura II-16. Sistema de rascador.	61
Figura II-17. Escalerilla de acceso y pasarela de mantenimiento e inspección.	62
Figura IV-1: Trazado de la banda transportadora.	70
Grafico II-1: Desempeño de la tracción.	51
Grafico II-2: Desempeño de freno.	52
Grafico IV-1: Valor Presente de la banda y su estructura de soporte.	90
Grafico IV-2: Valor Presente del camión y su equipo.	92
Grafico IV-3: Valor Presente del camión y banda transportadora.	92
Grafico IV-4: Costo Anual Equivalente de banda transportadora Vs camiones.	94

**“IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSPORTE CONTINUO DE MINERAL
DEL TRAMO STAKER A TRANSFERENCIAS DE LA MINA SHOUGANG
HIERRO PERÚ S.A.A. MARCONA/ICA 2017”**

Esta publicación está bajo una licencia Creative Commons.



INTRODUCCIÓN

El origen de la investigación surge de la necesidad que tiene la Empresa Shougang Hierro Perú S.A.A. de hacer una implementación de un sistema de cinta transportadora para el transporte de mineral en el tramo Staker a Transferencias de dicha mina, esto con el fin de reducir los costos y las longitudes de transporte de mineral utilizando estos equipos en distancias cortas.

Dicha investigación se limitará a la observación y el análisis en campo para la adquisición de datos en el diseño de Banda Transportadora (BT), costos de inversión, mantenimiento y comparación de la cinta transportadora con el sistema de transporte con camiones.

Teniendo en cuenta el capítulo I trata netamente del problema de la investigación así como los objetivos. El capítulo II abarca las generalidades de la investigación, esta sección dará a conocer la reseña histórica, ubicación geográfica, descripción de la empresa, características del área, geología local y regional, ciclo productivo, entre otros, así como el marco teórico, donde se definirán los antecedentes de la investigación y bases teóricas, la cual incluye todo lo concerniente a la banda transportadora y a los camiones. El tercer capítulo incluye la hipótesis del proyecto y el sistema de variables. El capítulo IV trata sobre el diseño metodológico, dónde se ubica el tipo de investigación, diseño, técnicas e instrumentos empleados en la recolección de datos, los análisis e interpretación de los datos; proporciona los parámetros de diseño de la banda; (características que debe tener tanto la banda como el material a transportar, el ancho, la velocidad, tensiones, potencias, entre otros), así como también los tiempos de acarreo de los camiones. El último capítulo V, exposición de los resultados trata del análisis de los resultados, donde se identificaron todos los factores que ocasionan costos en cada uno de los sistemas de transporte: costos de inversión, mantenimiento, costos operacionales, combustible y electricidad, luego se presenta un análisis comparativo entre estas dos alternativas mutuamente excluyentes, utilizando los criterios económicos: Valor Presente y el Costo Anual Equivalente, considerando el proyecto para 10 años de vida útil.

RESUMEN

En esta investigación se propone la alternativa de banda transportadora para el acarreo de mineral, debido a la forma de acoplarse a distintas necesidades de trabajo y a las diferentes distancias recorridas que se lleva a cabo con el Plan de Minas. Motivado a esto se genera un estudio de implementación del transporte, con el propósito de comprender como ayudará en el mejoramiento del proceso de transporte de mineral, ya que de esa forma se ofrecerá un método controlado y eficaz en la producción.

Con la finalidad de entender cómo se llevará a cabo el desarrollo de la evaluación financiera para el sistema de transporte más idóneo en el área de dicho estudio, conocida como Tramo Staker a Transferencias, se toman en cuenta la implementación de un transporte continuo por medio de fajas transportadoras.

Para ello se procede a un análisis de costos para dicho transporte mutuamente excluyentes, concluyendo a partir de la evaluación económica que la propuesta más favorable es la banda transportadora, representando un ahorro en la inversión, en vez de adquirir nuevos camiones para cubrir el incremento de la demanda. Se recomienda utilizar el sistema de banda transportadora para el transporte del mineral en el área del tramo Staker a Transferencias de la mina Shougang Hierro Perú S.A.A.

PALABRAS CLAVES:

Transporte continuo-minería, transporte tramo Staker-Transferencias, Mina Shougan Hierro Perú.

ABSTRAC

In this research, the conveyor belt alternative for ore hauling is proposed, due to the way it adapts to different work needs and the different distances covered by the Mining Plan. Motivated to this a technical-economic study is generated, with the purpose of understanding how it will help in the improvement of the mineral transport process, since that way a controlled and efficient production method will be offered.

In order to understand how the development of the technical-economic evaluation will be carried out for the most suitable transportation system in the area of said study, known as the Staker and Transfers section, the implementation of a continuous transport by medium of conveyor belts.

For this, a technical and economic evaluation for said mutually exclusive transport is carried out, concluding from the economic evaluation that the most favorable proposal is the conveyor belt, representing a saving in investment, instead of acquiring new trucks to cover the increase of demand. It is recommended to use the conveyor system to transport the ore in the area of the Staker and Transfers section of the Shougang Hierro Perú mine S.A.A.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad las minerías modernas tienden a mecanizar y automatizar sus operaciones unitarias, con la finalidad de lograr mejoras en su producción sobre todo en la seguridad y así disminuir sus costos de operación.

COMPAÑÍA MINERA SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. Es una mina superficial y cuenta con muchas infraestructuras de producción, actualmente la empresa dispone de una flota de camiones para el acarreo del mineral con ciclos continuo y variabilidad de longitud y distancia de acarreo con respecto al frente de carga, debido al continuo avance de acuerdo al Plan establecido por el Departamento de Ingeniería de Minas.

La empresa plantea extraer más reservas y por consiguiente necesita ampliar su tratamiento de minerales para lo cual desea habilitar un frente de alimentación para su respectivo tratamiento, haciendo que las distancias de acarreo en camiones con mineral se incrementen de forma considerable, lo que trae como consecuencia una ineficiencia del transporte por camiones y un mayor desgaste generando aumento en costos de mantenimiento y repuestos, producto de las condiciones de trabajo.

Por tal razón conviene implementar un transporte continuo eficiente para el acarreo del mineral entre el tramo Staker a Transferencias, con el fin de seleccionar el transporte más eficiente para trabajar longitudes mayores y topografías que lo hacen ineficientes al transporte por camiones. Se estudiará el transporte por bandas transportadoras, las cuales desempeñan un rol muy importante en los procesos. Esto se debe a varias razones entre las que destacamos: las grandes distancias a las que se efectúa el transporte, su facilidad de adaptación al terreno, su gran capacidad de carga, la posibilidad de transferir diversos materiales con mayor rapidez y al menor costo y así mejorar los niveles de producción.

De acuerdo a ello se determinó un enunciado del problema que a continuación lo escribimos.

1.2. ENUNCIADO

1.2.1. GENERAL

- ¿De qué manera el transporte de mineral del tramo Staker a Transferencias, mejorara con la implementación del transporte continuo en la mina Shougang Hierro Perú S.A.A.?

1.2.2. ESPECÍFICO

- ¿Cómo afectara a los costos del transporte de mineral en el tramo Staker a Transferencias, con la implementación del transporte continuo en la mina Shougang Hierro Perú S.A.A.?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

- Implementar el transporte continuo eficiente en el transporte de mineral en el tramo Staker a Transferencias en la mina Shougang Hierro Perú S.A.A.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones del lugar donde se llevara la implementación del transporte continuo.
- Diseñar el transporte continuo para el acarreo del mineral en el tramo Staker a Transferencias como garantía en el ajuste a las condiciones del lugar y el material a transportar.
- Estimar la inversión total así como los costos de operación y mantenimiento de la banda transportadora como insumo en la comparación cinta y camión.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A. en el tramo Staker – Transferencias en San Nicolás carece por el momento de una ineficiente transporte de mineral con equipos de camiones para la realización de una óptima de transporte de mineral, que ocasiona malestar para el sistema de transporte de mineral, y por momentos interfiere a otros tipos de transporte terrestre que pasa por la vía principal hacia la planta y en cruce de éstos camiones generando tiempos muertos para otras operaciones, y también ocasiona el paro de la producción en planta por averías de camiones y el lugar de descarga no existe un eficiente apilamiento ya que tiene que acomodar un tractor oruga para el lugar donde se encuentra el chute del siguiente transporte, todo esto genera ineficiente cumplimiento de programación de trabajo, todas estos problemas ocasionan demoras en transporte de mineral en dicho tramo.

Con la presente investigación de estudio se pretende lograr optimizar el transporte de mineral de manera eficiente y ordenada y así poder reducir los costos de operación y mejorar la producción.

1.5. DELIMITACIONES

La principal delimitación de este trabajo de tesis fue: la poca información obtenida por parte de los proveedores de las empresas fabricantes de todo el sistema de bandas transportadoras al proporcionar información detallada de los costos, debida que solo le proporcionan información generalizada a las empresas y mas no a las personas naturales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

La unidad minera Shougang Hierro Perú S.A.A., es una empresa privada que está ubicada en el departamento de Ica, provincia de Nazca en la costa peruana a 53 km al sur de Lima. Realiza actividades de explotación minera, por métodos de tajo a cielo abierto, adicionalmente cuenta con una planta concentradora, donde procesan el mineral para luego ser comercializado.

La mina- ubicada a 800 mt sobre el nivel del mar, el puerto de San Nicolás donde se encuentra las instalaciones de beneficio y el puerto de embarque desde 0.00 msnm hasta 80 msnm y el puerto de San Juan donde residen los trabajadores a 28 Km de los yacimientos. Actualmente hay una producción de 9.5 millones de toneladas de hierro al año y tiene una capacidad de instalación de la planta de 48000 toneladas/día. Y también cuenta con un puerto de embarque que en promedio viajan 3 barcos por semana cada uno con una capacidad de 250,000 toneladas.

En 1993, inicia sus actividades en el Perú la Empresa China “Shougang Hierro Perú S.A.A.”, como resultado del proceso de privatización. Siendo hasta la fecha, la empresa minera que se encarga de las operaciones mineras en la zona de Marcona.

Como antecedentes principales tenemos “cambio de estructuras metálicas faja 2B top conveyor - mina” Shougang Hierro Perú S.A.A. 2011.

También el proyecto de montaje de 04 galerías zona top faja 1 A – mina las galerías 04, 03, 02, y 01 Shougang Hierro Perú S.A.A. 2011.

En la actualidad amplía su producción para lo cual se requiere implementar el transporte de mineral para alimentar una parte de su planta en ese sentido se realiza el dicho estudio de implementar un transporte adecuado entre los tramos denominados Staker a Transferencias.

2.2. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se describe la ubicación geográfica, vías de acceso a mina y aspectos geológicos relacionados con la geomorfología, clima y temperatura, hidrografía, mineralización y estructura de la zona minera con la finalidad de ofrecer una mayor información para desarrollar el presente proyecto.

Asimismo se describe las características generales, del desarrollo de las bandas transportadoras y transporte de camiones en la zona donde se aplicara el proyecto de Tesis.

2.2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA

Cuadro II-1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

NORTE	ESTE	ALTITUD
8313200	475000	40 m.s.n.m

Fuente: Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

La unidad minera se encuentra ubicada en:

Zona : San Nicolás
 Distrito : Marcona
 Provincia : Nazca
 Departamento : Ica
 Altitud : 40 m.s.n.m.

Figura II-1. Mapa de ubicación geográfica de la unidad minera Shougang Hierro Perú SAA.



Fuente: Google Maps de la zona.

2.2.2. ACCESIBILIDAD

Para acceder a la mina Shougang Hierro Perú SAA desde Abancay es mediante Transporte terrestre con carretera asfaltada.

Cuadro II-2. Acceso a la Unidad Minera (vía terrestre)

Tramo	Distancia (Km)	Tiempo (horas)	Características
Abancay – Nazca	438	9	Asfalto
Nazca – Marcona	81	1	Asfalto
Marcona – Unidad Minera	21	1/2	Asfalto

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.2.3.1. GEOMORFOLOGÍA

Fisiográficamente la zona es llano o planicie, que está ligado principalmente a los eventos orogénicos ocurridos desde el Cretácico y son sometidos a meteorización física y química. Está afectada profundamente por la acción erosiva de las aguas del mar. Que son salados por ende no existe vegetación o agricultura.

Se puede observar dos principales unidades geomorfológicas:

Cordillera de la costa: Está construida por un alineación de cerros de moderada elevación paralela al litoral y de ancho variable llegando a alcanzar hasta 40 km. La topografía de esta unidad geomorfológica por elevaciones suaves que llegan hasta 700m.s.n.m.

Terrazas marinas: Son superficies escalonadas, distribuidas a todo lo largo de la faja costanera el número variado e irregular, parcial o totalmente destruidas por la acción fluvial, las mismas que constituyen fieles testigos del levantamiento intermitente y rápido del continente durante el cuaternario.

2.2.3.2. CLIMA Y TEMPERATURA

En el lugar de la mina el clima es variado en tiempo de invierno presentan llovizna con bastante frío y humedad y en tiempo de verano es cálido llegando hasta los 30 °C ya que se encuentran a las orillas del mar.

Para el caso de la flora es bastante escaso prácticamente es desierto no presenta vegetación por el terreno que es salado y rocoso y también por la presencia de mineral.

2.2.3.3. HIDROGRAFÍA

Existen dos factores predominantes que condicionan el bajo rendimiento de la cuenca y que limitan consecuentemente la posibilidad de desarrollo de la actividad agrícola en la zona. Uno de ellos es la escasa precipitación que recibe y el otro la característica morfológica tan peculiar de su red hidrográfica compuesta de una serie de pequeñas corrientes de gran curso. Este tipo de morfología de la cuenca da lugar a que el escurrimiento superficial ocurra en forma dispersa, produciendo, por lo tanto, fuertes pérdidas por infiltración.

Las fuentes de agua utilizadas por los valles pertenecientes a la Cuenca del río Grande son el escurrimiento superficial aportado por los tributarios del sistema (80% del total utilizado) y el recurso del subsuelo extraído por bombeo (20% del total utilizado). La segunda fuente podría proporcionar una cierta seguridad a la agricultura por su naturaleza estable pero lamentablemente es muy pobre.

2.2.3.4. GEOLOGÍA REGIONAL

Esta zona de estudio comprende las unidades morfo estructurales regionales identificadas de Suroeste a Noreste como:

Cordillera de la Costa: La Cordillera de la Costa corre paralela al litoral, con elevaciones que varían entre los 900 y los 1,200 msnm, perdiendo continuidad entre Las Lomas (15.5° de latitud Sur) y Puerto Viejo (16° de latitud Sur). Esta unidad está constituida por rocas Precámbricas y Paleozoicas.

Llanura Pre-andina: La llanura Pre-andina se ubica entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Occidental. Su límite meridional se ubica en el valle del río Yauca, mientras que el septentrional cae fuera de los límites del área de estudio. El límite oriental llega hasta los 1,500 msnm, en tanto que el límite occidental, ubicado entre las Lomas y Punta de Lobos, llega hasta el nivel del mar.

El ancho de esta unidad varía entre 15 y 50 km. Las rocas presentes son sedimentarias comprendidas entre el Jurásico y el Terciario, intrusivas del Cretáceo y el Terciario y depósitos de origen aluvial marino y eólico del Cuaternario.

Cordillera Occidental: La Cordillera Occidental ocupa la zona Noreste del área de estudio. Se caracteriza por su configuración irregular. Es posible diferenciar las siguientes subunidades geomorfológicas:

- Estribaciones andinas
- Altas cumbres
- Valles
- Peniplanicie de Atico-Caravelí
- Altiplanicies andinas
- Depresión de Parinacochas

2.2.3.5. GEOLOGÍA LOCAL

La mina Marcona está constituida por 117 cuerpos de mineral, que se hallan esparcidos en un área de 10 X15 km; estos depósitos aislados presentan dimensiones variables.

Los cuerpos de mineralización son, en la mayoría de casos, concordantes con la estratificación que los encierra, por haber sido formados en un proceso metasomático de las fases favorables, tienen la forma algo tabular debido al tipo de estructura en que se encuentran. La mineralogía está constituida por:

- Magnetita, masiva, generalmente cripto-cristalina, con eventuales cristales de tamaño regular, suave a muy dura, de color negro, muy atraíble por el imán; es el mineral más abundante.
- Hematita masiva, ligeramente porosa, de color marrón rojizo y generalmente dura.
- Martita, variedad de hematita, también masiva, dura, de color gris azulado.
- Limonita, suave, amorfa, de color amarillento; no es común.

Afloran 8 depósitos mayores, 35 a 40 depósitos menores. Los depósitos consisten en cuerpos estratoligados de rumbo E-O a NE-SO y buzamiento entre 35° y 65° NO, a grandes rasgos, es concordante con los estratos circundantes.

En la formación Marcona, los cuerpos son mantos de mineral de hierro, como subproductos se tiene Cu, Ag y Au. La mena de hierro consiste en magnetita.

Los mantos siguen dos horizontes estratigráficos paralelos. El horizonte Egrid de 150 m a 2 m de ancho, el horizonte Mina 7, de menor potencia. En la formación Rio Grande los cuerpos están restringidos a la sección inferior de dicha formación, como mantos con hierro, disseminaciones y en stockwork con contenido de cobre con magnetita y specularita, la ley alcanza hasta 50 % Fe.

2.2.3.6. MINERALIZACIÓN

El área de estudio se ubica en la provincia metalogénica polimetálica de los andes, asociada con el ciclo tectónico andino y las rocas del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, Estudios regionales han dividido la provincia de varios segmentos, de los cuales los segmentos Centro y Sur cuyo límite está ubicado aproximadamente en la línea Puerto Lomas – Cangallo – se ubican dentro del área de estudio. El segmento Sur incluye la faja cuprífera Sur de la vertiente del Pacífico que se extiende a lo largo de la parte baja y media occidental de los Andes. Según el mapa metalogénico, el área de estudio abarca dos áreas metalogénicas identificadas como el área aurífera de Nazca – Ocoña y el área ferrosa Paracas – Chala.

Los yacimientos de la provincia son de filiación ígneo – hidrotermal, donde los yacimientos tienen minerales de cobre, plomo, zinc y plata en forma de sulfuros, y oro nativo. En lo principal están presentes yacimientos de cobre y hierro en vetas, disseminaciones y skarns, asociados con las intrusiones del Batolito de la Costa.

Reservas probadas: las reservas probadas que tiene la empresa es de 1500 millones de toneladas de hierro.

Vida de la mina: actualmente tiene una vida de para 40 años pero se sigue explorando.

2.2.3.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El relieve del área de estudio es el producto de varios ciclos orogénicos y diferentes fases tectónicas, que han tenido lugar desde el Precámbrico hasta el Cuaternario.

Cuadro II-3. Las diferentes fases de movimientos orogénicos.

ERAS	PERIODO	CICLO	FASE
CENOZOICO	CUATERNARIO	ANDINO	Fase Quechua 3: levantamiento, fallamiento y volcanismo.
	NEOGENO		Fase Quechua 2: Lev. Falla, volcanismo
	PALEOGENO		Fase Quechua 1: Fallamiento.
			Fase Inca: Plegamiento, fallamiento, plutonismo y volcanismo (Batolito de la Cordillera de Costa)
MESOZOICO	CRETACIO		Fase Peruana: Plegamientos y fallamientos
	JURASICO		Fase Inter Albiana: Deformación Movimiento Nevadiano (Epirogenia); Levantamiento de Bloques.
	TRIASICO	HERCINICO	Fase Finiherciniana: Deformación localizada.
PALEOZOICO			Fase Tardihercinica: Movimiento epirogénico con plegamiento.
			Fase Eohercinica: Plegamiento, fallamiento y metamorfismo.
		CALEDONICO	Fase Compresiva: Plutonismo en la Costa
PRECAMBRICO			Fase 1 Fase 2 Fase 3 Fase 4

Fuente: Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico Del Perú.

2.2.4. GENERALIDADES DE TRASPORTE DE BANDAS EN EL PROYECTO DE TESIS

El presente trabajo de investigación es posible aplicar en labores lineales donde debe darse un adecuado avance de transporte dando posible reducir distancia en comparación realizado por otro tipo de transportes, ya sea subterránea o superficial tanto en pendientes positivas o negativas dependiente del lugar donde se aplique este tipo de transporte que es factible realizar analizando la comparación de costos de transporte.

En la zona de estudio se presenta una pendiente negativa para el transporte del mineral donde se realizar uso de cálculos matemáticos para dicho transporte tanto la capacidad de la banda a transportar, velocidad con la cual transportara, potencia de cabeza motriz y el peso total del sistema de faja transportadora.

2.2.4.1. CICLO PRODUCTIVO (Gerencia de Ingeniería de Mina Shougang Hierro Perú S.A.A.)

La actividad extractiva del mineral es a cielo abierto y contempla un conjunto de etapas y fases, las cuales son interdependientes. Las etapas principales son las siguientes:

Primero, se realizan estudios para conocer la cantidad de mineral presente en los estratos mediante perforaciones exploratorias.

Luego de obtener un valor rentable de las reservas en las fases de exploración inicia la remoción de la capa vegetal, con la finalidad de preparar el terreno para la etapa de explotación.

Una vez removida la capa vegetal entra en juego la perforación y voladura del macizo rocoso lo que conlleva a la carga y acarreo del material estéril fragmentado hacia las escombreras.

Luego de remover el material no económico, se inicia la etapa de obtención del mineral, la cual contempla las actividades de arranque, carga y transporte del mineral hacia las chancadoras primarias y secundarias luego a las planta de tratamiento.

Luego de tratamiento se transporta el mineral procesado hasta el Puerto de Embarque de San Nicolás donde es cargado a barcos de capacidad 250000 toneladas. Para finalmente ser embarcado a otro país.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.3.1. CINTAS TRANSPORTADORAS

Sanz (2011) el transporte de material mediante bandas transportadoras data del año 1795. La mayoría de estas instalaciones se realizaban sobre terrenos relativamente planos así como en cortas distancias. A partir del siglo XX, la compañía H.C. Frick, demuestra que los transportadores de cinta pueden trabajar sin ningún problema en largas distancias, mediante la creación de una instalación que se realizó desde una mina subterránea, recorriendo casi 8 km.

Las bandas transportadoras son dispositivos para el transporte horizontal o inclinado de objetos sólidos o material a granel cuyas ventajas y desventajas se muestran a continuación:

Ventajas:

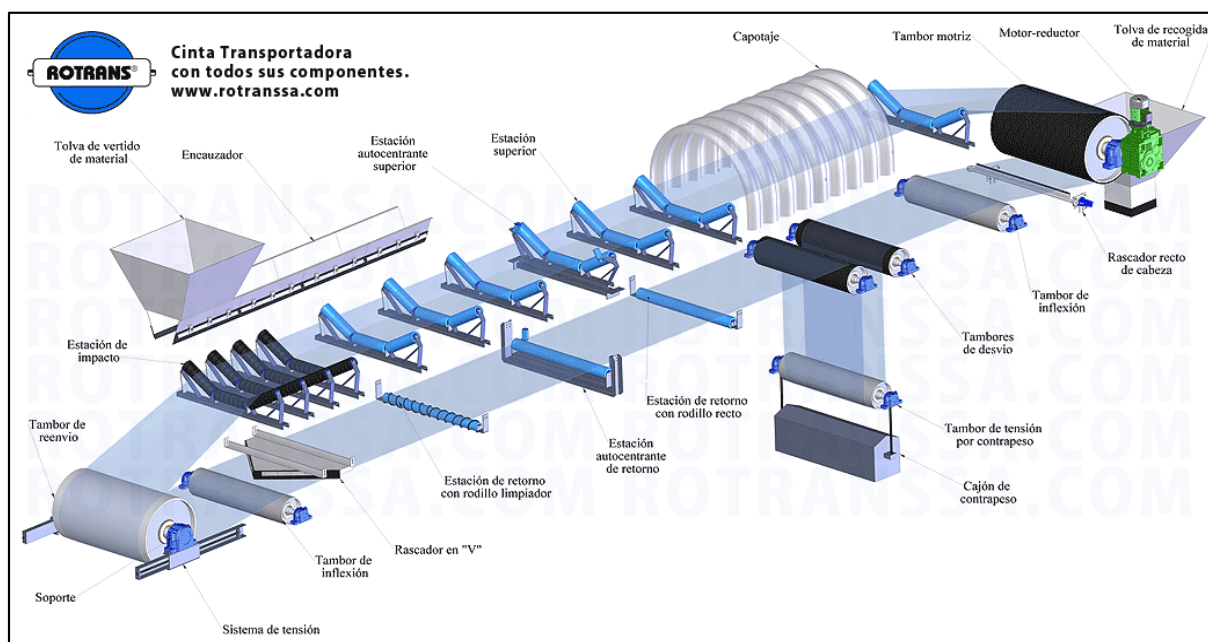
- Gran velocidad.
- Grandes distancias (10km).
- Bajo consumo de energía y necesidades de mantenimiento.

- Gran capacidad de transporte.
- Bajo costo por tonelada de material manejado.
- Baja producción de ruidos.

Desventajas:

- Dificultad de transportar productos a elevada temperatura.
- Dificultad para el transporte en cámara cerrada.
- Limitación de transporte de productos según pendiente y características.
- Dificultad para transportar productos pulverulentos y muy fluidos.
- Cambios de dirección en el plano horizontal.
- Descarga en sentido perpendicular al eje del transportador.

Figura II-2. Esquema básico de una cinta transportadora.



Fuente: www.rotranssa.com.

2.3.2. PARTES PRINCIPALES DE UNA BANDA TRANSPORTADORA

2.3.2.1. BANDA

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se le puede considerar el componente principal de las bandas transportadoras; también en el aspecto económico es, en general, el componente de mayor precio. La banda deberá reunir los siguientes requisitos: alta resistencia mecánica, flexibilidad en direcciones longitudinal (en tambores) y transversal (en apoyo de rodillos) elevada resistencia al desgaste y a las reiteradas dobleces, poca elasticidad y alta resistencia a la humedad.

Para cumplir con las exigencias anteriores, la banda transportadora debe estar formada por dos (2) componentes básicos:

1. El tejido o carcasa que transmite los esfuerzos.
2. Los recubrimientos que soportan los impactos y erosiones.

Dardo (2009) se puede llevar a cabo la siguiente clasificación de las bandas con respecto al tejido:

- **Según el tipo:** de algodón, tejidos sintéticos y cables de acero.
- **Según la disposición:** de varias telas o capas y tejido sólido.
- **Según el aspecto de la superficie portante de la carga:** lisas (aspecto más corriente), rugosas y con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados.

2.3.2.2. RODILLOS Y SOPORTES

A. Generalidades de los rodillos

Los rodillos son uno de los componentes principales de una banda transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de recubrimientos de la banda, por consiguiente reducción de su vida útil.

La separación entre rodillos se establece en función de la anchura de la banda y de la densidad del material transportado. Mientras que el diámetro del rodillo se elige según sea el ancho de la cinta, su velocidad de movimiento, tipo de carga y en particular de las dimensiones de los trozos.

B. Tipos de rodillos

Los más utilizados son:

- **Rodillos de Alineación:** sirven para alinear la banda dentro de la propia instalación.
- **Rodillos de Impacto:** recubiertos de discos de goma para absorber los golpes provocados por la caída de bloques en las tolvas de recepción.
- **Rodillos de Retorno:** los cuales están formados con discos de goma.
- **Rodillo cilíndrico:** con la superficie exterior lisa, tal como la obtenida mediante el empleo de tubos de acero.
- **Rodillo cilíndrico con aros de goma:** son adecuados para soportar los fuertes impactos del material en las zonas de carga, mientras que si se montan en los rodillos de retorno deben ser adecuados para facilitar la limpieza de la banda.

2.3.2.3. TAMBORES

A. Definición

Los tambores están constituidos por un eje de acero, siendo el material del envolvente acero suave y los discos, ya sea de acero suave o acero moldeado.

La determinación de los diámetros del tambor depende del tipo de banda empleado, el espesor de las bandas o el diámetro del cable de acero, según sea el caso; a su vez estos espesores o diámetros dependen de la tensión máxima en la banda.

B. Tipos de tambores y funciones que realizan.

1. Desde el punto de vista de las funciones a desempeñar, haremos dos (2) grandes grupos:

- **Tambores motrices**, que transmiten la fuerza tangencial a la banda.
- **Tambores no motrices**, los cuales realizan la función de cambio de trayectoria de la banda y las cuales pueden dividirse en tambores de reenvío, tensor, y tambor de presión.

2. Dependiendo de la magnitud de la tensión tenemos:

- **Tambores Tipo A:** motrices de alta tensión de la banda, con ángulo de contacto mayor de 30° (tambores motrices).
- **Tambores Tipo B:** zona de baja tensión con ángulo de contacto mayor de 30° (tambores de cola).
- **Tambores Tipo C:** con ángulo de contacto menor de 30° (tambores de desvío).

2.3.2.4. TENSORES DE BANDA

A. Funciones principales

Los dispositivos de tensado cumplen las siguientes funciones:

- Lograr el adecuado contacto entre la banda y el tambor motriz.
- Evitar derrames de material en las proximidades de los puntos de carga, motivados por falta de tensión en la banda.
- Compensar las variaciones de longitud producidas en la banda, estas variaciones son debidas a cambios de tensión en la banda.
- Mantener la tensión adecuada en el ramal de retorno durante el arranque.

2.3.2.5. BASTIDORES

Los bastidores son estructuras metálicas que constituyen el soporte de la banda transportadora y demás elementos de la instalación entre el punto de alimentación y el de descarga del material. Estos son el componente más sencillo de las cintas; su función es soportar las cargas del material, banda, rodillos y las posibles cubiertas de protección contra el viento.

2.3.2.6. TOLVAS DE CARGA Y DESCARGA

El área de carga proporciona apoyo extra a la correa a medida que el caudal de material es recibido por ésta. Ayuda a restringir el movimiento transversal del material, manteniéndolo en la cinta, hasta que se haya asentado y estabilizado. Mientras que el área de descarga contiene el aguilón de descarga y los caballetes especiales, siendo éstos similares a los caballetes standard.

2.3.2.7. DISPOSITIVOS DE LIMPIEZA

Motriz.

- Rascador pendular de contrapeso, con tiras de goma, rascador "principal" con láminas de rascado independientes y tensión por brazo de torsión.

Tambores.

- Rascador en V: están previstos para extraer material adherido a la banda. Van situados delante del tambor de cola, evitando que pueda llegar algún objeto depositado sobre la banda hasta el tambor de retorno y dañar éste.

2.3.2.8. ACOPLAMIENTOS

Entre el motor eléctrico y el reductor se dispone de un acoplamiento que sirve para amortiguar las vibraciones y sobrecargas, así como asegurar un arranque progresivo. Existen acoplamientos de alta y baja velocidad.

2.3.2.9. FRENOS Y MECANISMOS ANTIRRETORNO

Los frenos más utilizados son de disco, situados en el eje del reductor. En algunos casos generalmente en cintas descendentes, se montan en el eje del tambor.

En las cintas de pendiente, además del freno se dispone de un sistema de antirretorno su función consiste en retener la carga en las cintas inclinadas ascendentes, estos sistemas antirretorno actúa como un elemento de seguridad.

2.3.3. PARÁMETROS DEL DISEÑO DE BANDA TRANSPORTADORA

La selección correcta de una banda transportadora es aquella que resulta en los costos más bajos por toneladas de material transportado. Un cálculo de esta naturaleza comprenderá la selección del tamaño y tipo de correa basándose en la capacidad horaria del transporte, tipo y características del material a acarrear, potencia necesaria, tensiones, selección de la estructura y los elementos auxiliares de acuerdo con las especificaciones de los modelos de fabricación normalizada, la consideración del perfil que tendrá la correa, características de alimentación y descarga del material, entre otros. (Ucar y Borges 1970)

Por otra parte los factores principales que influyen en el dimensionado de una banda transportadora son: la capacidad de transporte requerida, la granulometría, ancho de la cinta, las características fisicoquímicas del material a transportar y el perfil altimétrico del recorrido. A continuación se ilustran los criterios utilizados para determinar los parámetros utilizados para el diseño de la banda transportadora. (Rulmeca s/f)

2.3.3.1. MATERIAL A TRANSPORTAR

El material que va a ser transportado es el parámetro más importante para el diseño y la selección de los componentes para una banda transportadora. Las características principales que deben considerar para el cálculo y diseño son las siguientes: (Hinojosa 2002).

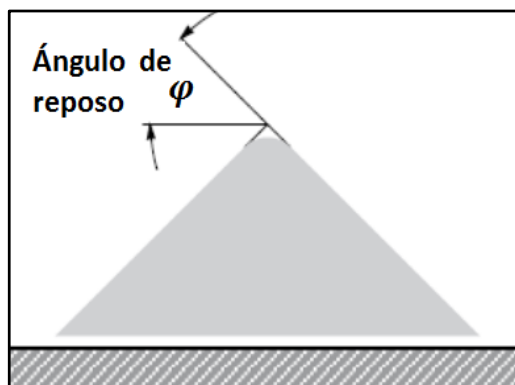
El ángulo de reposo del material, ángulo de sobrecarga, tamaño, peso específico, ángulo máximo de inclinación, temperatura del material a transportar, abrasividad, entre otros. Estos parámetros determinan la calidad que se requiere en las bandas transportadoras, así como el espesor de las cubiertas y el cuerpo mínimo de la banda indispensable para resistir el impacto de la carga. (Hernández 2003)

2.3.3.1.1. ÁNGULO DE REPOSO (φ)

Rulmeca (s/f) define el ángulo de reposo de un material como el ángulo que la superficie de un amontonamiento forma libremente, respecto al plano horizontal.

En la siguiente figura II-3 se observa el ángulo de reposo que se forma en el acomodo de material a transportar.

Figura II-3: Ángulo de reposo.



Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las bandas transportadoras Rulmeca, pág.18.

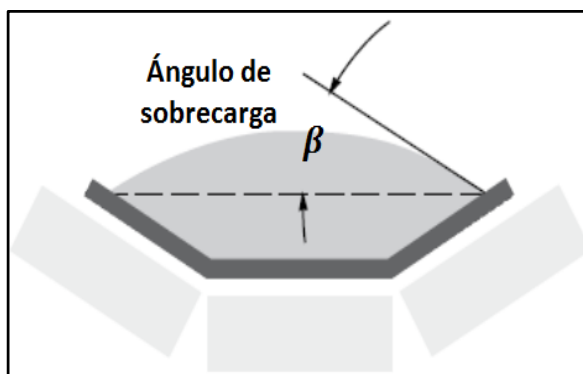
2.3.3.1.2. ÁNGULO DE SOBRECARGA (β)

Rulmeca (s/f) define el ángulo de sobrecarga es aquel que forma la superficie del material respecto al plano horizontal sobre la banda en movimiento.

Este ángulo normalmente es de 5°-15° (para algunos materiales puede llegar hasta 30°) inferior al ángulo de reposo.

En la figura II-4 se observa el ángulo de sobrecarga.

Figura II-4: Ángulo de sobrecarga.



Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras Rulmeca, pág. 18.

La Tabla II-1 muestra los ángulos de sobrecarga, de reposo y fluidez, de acuerdo a las características del material a transportar.

Tabla II-1: Ángulos de sobrecarga, de reposo y fluidez del material.

Fluidez				
Muy elevada	Elevada	Media	Baja	
Ángulos de sobrecarga				
5°	10°	20°	25°	30°
				
Ángulos de reposo				
0 - 19	20 - 29	30 - 34	35 - 39	40 y mas
Características del material				
Dimensiones uniforme, partículas redondas muy pequeñas, muy húmedas o muy secas como arena sílicea seca, cemento y hormigón húmedo, entre otros.	Partículas redondas, secas, y lisas con peso medio como por ejemplo, semillas de cereales trigo y judías.	Material irregular, granular en tamaño de peso medio como por ejemplo, carbón antracita, harina de semilla de algodón, arcilla entre otros.	Materiales típicos comunes como por ejemplo la mayor parte de minerales, grava etc.	Material irregular bituminoso, fibroso y que tiende a entrelazarse (virutas de madera) arena de fundición entre otros.

Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las bandas transportadoras Rulmecca, Pág. 19.

Hinojosa (2002) define los siguientes parámetros considerados para el cálculo y diseño de la banda de la siguiente manera:

2.3.3.1.3. PESO ESPECÍFICO (γ)

Puede ser expresado en toneladas por metro cúbico en el Sistema Internacional o en libras por pie cúbico en el Sistema Inglés. En muchos materiales el peso específico es sujeto de variaciones debido al tamaño del material, a su grado de humedad, en el caso de los minerales a su formación natural, entre otras. Sin embargo, donde sea posible el peso específico, para el tamaño y el tipo de material involucrado, debería ser determinado con exactitud.

2.3.3.1.4. ÁNGULO MÁXIMO DE INCLINACIÓN (α)

Es el ángulo bajo en el cual el material puede ser transportado sobre la banda sin necesidad de bandas especiales como por ejemplo cintas con nervios para evitar el deslizamiento del material en la cinta. Este ángulo máximo de inclinación está determinado por la fricción entre el material y la banda, a diferencia del ángulo de talud que depende de la fricción interna del material.

2.3.3.1.5. MÁXIMO TAMAÑO DE GRANO A TRANSPORTAR

Es la dimensión del bloque más grande del material que se transporta obtenido por pruebas de granulometría efectuadas en el laboratorio. Este valor es importante en la selección del ancho apropiado de banda, del tipo de rodillos para la zona de impacto de carga, de la forma y dimensiones de la guía de carga; también es importante conocer el porcentaje relativo del volumen conformado por finos y gruesos.

2.3.3.1.6. CARACTERÍSTICAS DE FLUJO

Es decir si el material es de flujo bajo, medio, elevado o muy elevado.

2.3.3.1.7. ABRASIVIDAD DEL MATERIAL

Esta característica es muy importante en la selección de la cinta, en el espesor y el número de capas de la cubierta de la misma; los materiales pueden ser moderadamente abrasivos (carbón vegetal, granos, cal y virutas de madera), abrasivos (sal, bórax y cemento), muy abrasivo (bauxita mineral, fosfato en piedra, arena aguda, cobre mineral, piedra caliza, escoria, coque y dolomita) o extremadamente abrasivo (granito y minerales de cuarzo).

2.3.3.2. CAPACIDAD REQUERIDA

La capacidad deberá ser expresada en toneladas por hora (de 2.200lb. o 1.000kg.), es el valor máximo de capacidad requerida por el proceso (no el valor promedio). Esta capacidad requerida se emplea en los cálculos de las tensiones en la banda y la potencia requerida para accionar la banda transportadora. La capacidad máxima calculada dependerá del ancho de la cinta que se seleccione, la velocidad de la banda, el ángulo de inclinación de los rodillos transportadores y la densidad del material que se transporta. Esta capacidad máxima calculada deberá ser mayor que la capacidad requerida para que la banda opere sin problemas. (Hinojosa 2002).

2.3.3.3. TRAYECTORIA DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para el cálculo y diseño del transportador de banda es necesario definir la trayectoria de recorrido de la banda transportadora desde el lugar de alimentación del material hasta el punto de descarga del mismo, el cual en la mayoría de los casos corresponde al cabezal motriz o de accionamiento. La trayectoria puede definirse de la siguiente manera: (Hinojosa 2002).

2.3.3.3.1. PROYECCIÓN HORIZONTAL DE LONGITUD TOTAL DE LA BANDA (L)

Es la distancia en metros medida a lo largo del transportador entre centros de las poleas terminales pero en su proyección horizontal. Se define con la Ecuación (1):

$$L = \sum Lh + \sum Lp \quad (1)$$

Fuente: Hinojosa (2002).

Es decir la sumatoria de todos los tramos horizontales más todos los tramos inclinados.

A) Longitud de los tramos horizontales (Lh)

Es la distancia en metros de todos los tramos horizontales que componen el perfil de la banda.

B) Proyección horizontal de los tramos inclinados (Lp)

Es la longitud de la proyección horizontal de todos los tramos inclinados que componen el perfil.

2.3.3.3.2. ALTURA (H)

Es la diferencia de altura, en metros, entre los puntos de carga del material sobre la banda y el de descarga, la cual es requerida para calcular la tensión necesaria para bajar o levantar dicha carga. Esta diferencia es aproximadamente la distancia vertical entre centros de poleas terminales, la cual se usa cuando se desconoce la elevación exacta entre los puntos de carga y descarga. Si el recorrido es descendente este valor tendrá signo negativo: (Hinojosa 2002).

2.3.3.3.3. LONGITUD DE LOS TRAMOS INCLINADOS (Li)

Es la distancia en metros de todos los tramos inclinados de la banda medida a lo largo de la trayectoria de la cinta se calcula mediante la Ecuación (2):

$$Li = \sqrt{H^2 + Lp^2} \quad (2)$$

Longitud del tramo inclinado

Fuente: Hinojosa (2002).

2.3.3.3.4. ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA BANDA (θ)

El mismo que está determinado por el tipo de material a transportar y por el ángulo máximo de inclinación del material sin que ocurra deslizamiento del mismo en la banda. Ecuación (3):

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{H}{Lp} \right) \quad (3)$$

Ángulo de inclinación de la banda.

Fuente: Hinojosa (2002).

2.3.3.3.5. LONGITUD TOTAL DE LA TRAYECTORIA DE LA BANDA (Lt)

Es la longitud total de la banda transportadora desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga medida a lo largo de la trayectoria de la misma.

Se puede calcular con la Ecuación (4):

$$L_t = \sum L_h + \sum L_i \quad (4)$$

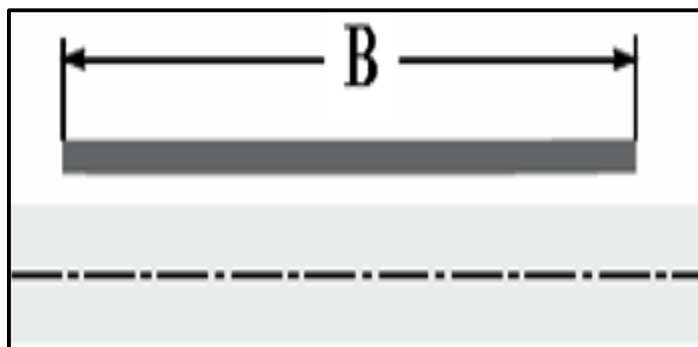
Longitud total de la banda con tramos inclinados.

Fuente: Hinojosa (2002).

2.3.3.4. ANCHO DE LA BANDA

El ancho de la banda transportadora es indispensable para determinar la capacidad del transportador así como el peso de las partes móviles, que son los factores básicos para calcular la potencia (HP) y la tensión. (Ucar y Borges 1970)

Figura II-5: Ancho de banda.



Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras Rulmeca, pág. 24.

Por otra parte indica que conocido el tonelaje horario a transportar y las características del material, el primer paso a llevar a cabo es determinar el ancho de la banda. En la selección tiene una gran importancia el tamaño de los mayores trozos; un material de granulometría reducida requerirá una banda más estrecha que otro que esté constituida por trozos grandes. Como regla general, el ancho de la banda no debe ser menor de tres (3) veces la dimensión más grande del mayor trozo de material a transportar.

El ancho de banda requerido para un material con granulometría elevada es afectado de dos (2) maneras por el tamaño de grano. Primero, el área de la sección transversal de la carga es reducida debido a que la carga inicialmente debería mantener una consideración distancia desde el punto fijo de la cinta. Segundo, el chute y la guía de carga deben ser lo suficientemente anchos para permitir el paso de cualquier probable combinación de gruesos y finos, lo cual restringe a un mínimo el ancho de la banda, independiente de la capacidad requerida. Ocasionalmente sucede que el ancho de banda requerido para manejar el tamaño de roca es más grande que el requerido para la capacidad de transporte. Esta condición puede ser evitada únicamente por trituración o molienda de la roca grande antes de ser alimentados a la banda transportadora. Por lo tanto, para decidir un valor del ancho mínimo de banda se debe tomar en consideración el tipo de material y el tamaño de roca a transportar. (Hinojosa 2002)

La Tabla II-2 indica los valores mínimos sugeridos de ancho de la cinta en función del tamaño de trozo máximo del material.

Tabla II-2: Anchos de banda mínimos recomendados.

Tamaños uniformes			mezclado con 90% finos		
mm	Pul	Mm	Pul	mm	Pul
350	14	50	2	100	4
400	16	50	2	125	5
450	18	75	3	150	6
500	20	100	4	150	6
600	24	125	5	175	7
650	26	125	5	200	8
750	30	150	6	250	10
800	32	175	7	300	12
900	36	175	7	300	12
1.000	40	200	8	350	14
1.050	42	250	10	400	16
1.200	48	275	11	400	16
1.350	54	350	14	450	18
1.400	56	400	16	500	20
1.500	60	400	16	500	20
1.600	64	450	18	650	26
1.650	66	450	18	650	26
1.800	72	550	22	700	28
1.950	78	600	24	700	28
2.000	80	600	24	750	30
2.200	88	600	24	750	30
2.250	90	600	24	750	30
2.400	96	600	24	750	30
2.550	102	600	24	750	30
2.700	108	600	24	750	30
2.850	114	600	24	750	30
3.000	120	600	24	750	30

Fuente: Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator Belt, pág. 5-7.

Roulunds, Catálogo de banda transportadora, pág. 11.

2.3.3.5. VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La selección de la velocidad de la banda, la misma es función, por un lado, de las características físicas del material o limitaciones en la naturaleza del material transportado; estas limitaciones pueden ser las, pérdidas de material muy liviano o pulverizado, impacto de los minerales en los rodillos de carga, entre otras. Otros factores que influyen en la selección de la velocidad apropiada son: la capacidad requerida, la tensión resultante en la banda y la potencia requerida.

Hasta donde la capacidad lo requiera, es deseable seleccionar una velocidad de banda que resulte en una banda llena al máximo posible. Esto produce un mejor patrón de desgaste de la cubierta de la cinta. Sin embargo, es necesario a veces llegar a un compromiso a este respecto en favor de la tensión de la banda. Esto se logra incrementando la velocidad de la banda, lo cual reduce la sección transversal de la carga y en consecuencia se reduce la tensión, permitiendo una banda más liviana.

La velocidad tiene también un efecto sobre la potencia requerida, particularmente en bandas con poca inclinación. Esto se debe a que la potencia para operar la banda varía directamente con la velocidad, mientras que la potencia para mover la carga esta fija. El grado en que la velocidad afecta la potencia requerida depende de la relación entre la carga útil y la carga total.

Mientras más grande sea el porcentaje de carga útil, menor será el efecto que tendrá la velocidad en la potencia requerida. En bandas inclinadas, el efecto sería menor. Tomando en consideración la densidad del material, el tamaño de la roca, altura de la caída y ancho de la banda, la Tabla II-3 muestra los valores recomendados de máxima velocidad de banda. (Hinojosa 2002)

Tabla II-3: Velocidad de banda máxima recomendada (m/s)

Ancho de Banda		Material		
		Ligero(<0,8 ton/m ³)	mediano (0,8-1,6 ton/m ³)	pesado (>1,6 ton/m ³)
mm	Pul	grano fino	Abrasivo	muy abrasivo
350	14	2,00	1,50	1,50
400	16	2,50	1,60	1,25
450	18	2,50	2,00	1,60
500	20	3,15	2,00	1,60
600	24	3,15	2,50	1,80
650	26	3,15	2,50	1,80
750	30	3,55	2,50	1,80
800	32	3,55	2,50	1,80
900	36	4,00	3,15	2,24
1.000	40	4,00	3,15	2,24
1.050	42	4,00	3,15	2,24
1.200	48	4,00	3,15	2,24
1.350	54	4,00	3,15	2,24
1.400	56	4,00	3,15	2,24
1.500	60	4,00	3,15	2,50
1.600	64	4,00	3,55	2,50
1.650	66	4,00	3,55	2,50
1.800	72	4,50	3,55	2,50
2.000	80	4,50	3,55	2,50
2.200	88	4,50	3,55	2,50
2.400	94	4,50	3,55	2,50
2.600	102	4,50	3,55	2,50
2.800	110	4,50	3,55	2,50

Fuente: Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator Belt, pág. 5-8.

Roulunds, Catálogo de banda transportadora, pág. 11.

Por otra parte **Hernández** (2003) explica que establecido el ancho de la banda y la capacidad requerida se procede a calcular la velocidad de esta a través de la Ecuación (5):

$$V = \frac{T}{3.600 \cdot A \cdot \gamma} \quad (5)$$

Velocidad de la banda transportadora.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

V: velocidad de la correa (m/seg).

T: producción requerida (ton/h).

A: área de la sección transversal de material (m²).

γ : densidad del mineral (ton/m³).

2.3.3.6. CAPACIDAD MÁXIMA DE TRANSPORTE

Hinojosa (2002) explica que la capacidad volumétrica de una banda transportadora está determinada por el área de la sección transversal de la carga, que puede ser colocada encima de la cinta sin ocasionar derrame del material excesivo en los puntos de carga o subsecuentemente debido a pequeñas ondulaciones de la banda en su paso sobre los rodillos. Esta área de la sección transversal es afectada por la granulometría del material, su contenido de humedad, la forma de las partículas, todo lo cual influye en la pendiente a la cual el material reposa sobre la banda, o sea el ángulo de sobrecarga.

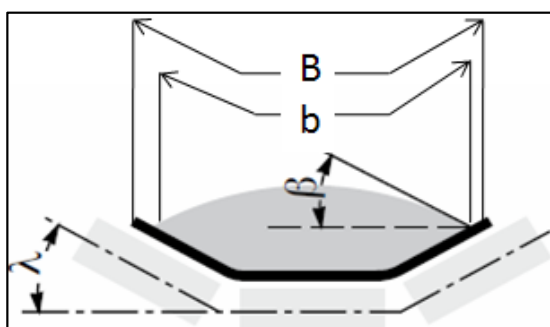
Debido a que resulta usualmente impráctico evaluar cada uno de estos factores específicamente para predecir sus efectos sobre el área de la sección transversal de la carga, las ecuaciones que se detallan a continuación son lo suficientemente conservativas para aceptar cualquier combinación de las condiciones arriba mencionadas.

En el cálculo de la capacidad real de la banda deben manejarse los siguientes aspectos a utilizar:

El área de la sección transversal de la carga sobre la banda viene determinada por las siguientes ecuaciones, de acuerdo a la forma de los rodillos portantes:

2.3.3.6.1. RODILLOS EN TERNA

Figura II-6: Rodillo en terna.



Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras Rulmeca, pág.29.

$$b = (0,90 \cdot B) - 0,05 \quad (6)$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot b^2 [\tan \beta + 0,75 \tan \lambda] \quad (7)$$

Área de la sección transversal con rodillos en terna.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

A: área de la sección transversal del material (m²)

b: ancho efectivo utilizado por el material sobre la banda (m)

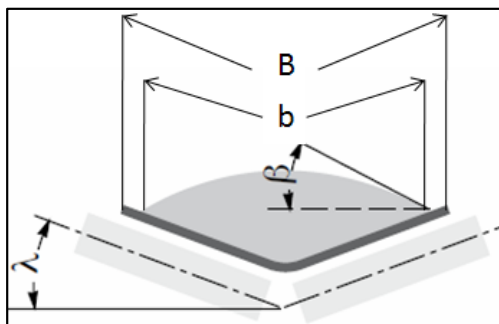
B: ancho de la banda transportadora (m)

β : ángulo de sobrecarga del material (°)

λ : ángulo máximo de inclinación de los rodillos (°)

2.3.3.6.2 RODILLOS EN BINA

Figura II-7: Rodillos en bina.



Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras Rulmeca, pág. 27.

$$A = \frac{1}{4} * b^2 [\tan \beta + 0,88 \tan \lambda]$$

(8)

Área de la sección transversal con rodillos en bina.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

A: área de la sección transversal del material (m²)

b: ancho efectivo utilizado por el material sobre la banda (m) se utiliza la ecuación (6)

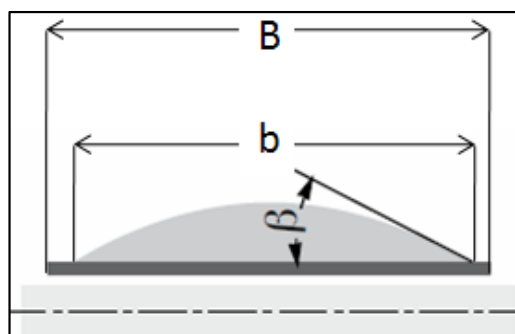
B: ancho de la banda transportadora (m)

β : ángulo de sobrecarga del material (°)

λ : ángulo máximo de inclinación de los rodillos (°)

2.3.3.6.3 RODILLO EN PLANO

Figura II-8: Rodillo plano.



Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras Rulmeca, pág. 26.

$$A = \frac{1}{4} * b^2 [\tan \beta] \quad (9)$$

Área de la sección transversal con rodillos planos.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

A: área de la sección transversal del material (m²)

b: ancho efectivo utilizado por el material sobre la banda (m) se utiliza la ecuación (6)

B: ancho de la banda transportadora (m)

β: ángulo de sobrecarga del material (°)

Capacidad volumétrica de la carga de banda transportadora, conociendo el área de la sección transversal del material y la velocidad con la cual se transporta, puede ser calculada mediante la ecuación (10):

$$Q_v = 3.600 * A * V \quad (10)$$

Capacidad volumétrica

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

Q_v= capacidad volumétrica de la banda (m³/h).

A= área de la sección transversal del material (m²).

V= velocidad de la banda (m/s).

La capacidad de transporte en toneladas por hora, se obtiene multiplicando la capacidad volumétrica por el peso específico del material transportado. Mediante la Ecuación (11):

$$Q_t = \gamma * Q_v \quad (11)$$

Capacidad de transporte en ton/hora.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

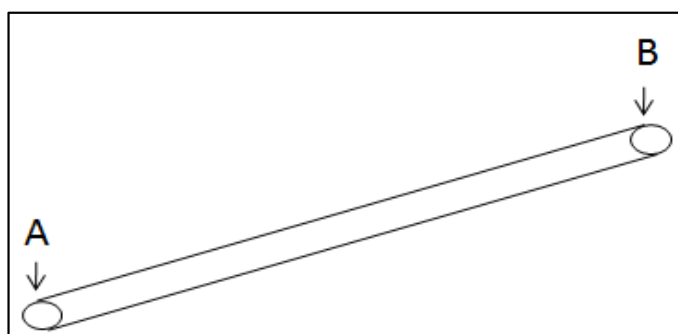
Q_t= capacidad de la banda (ton/hora).

Q_v= capacidad de la banda (m³/hora).

γ= peso específico del material (ton/m³).

2.3.3.7. FUERZAS EN LA BANDA

Hinojosa (2002) explica que una banda transportadora es simplemente un medio para trasladar el material desde un punto inicial A hasta un punto B. como se observa en la Figura II-9.

Figura II-9: Banda transportadora.

Fuente: Elaboración propia.

Para ejecutar este trabajo la banda requiere una potencia que es suministrada por un motor que acciona a un tambor conductor o motriz. El torque del motor se transmite en la forma de una fuerza tangencial en la superficie del tambor motriz. Este es el empuje o fuerza requerida por la banda para mover el material desde el punto A al punto B y está compuesta de la suma de las siguientes fuerzas componentes: **(Hinojosa 2002)**

- a) Fuerza necesaria para mover la banda vacía y los componentes que giran por ella.
- b) Fuerza necesaria para desplazar la carga horizontalmente.
- c) Fuerza necesaria para elevar o bajar la carga.

La contribución relativa de cada uno de estos componentes en la fuerza total varía ampliamente dependiendo de la inclinación del transportador y de la carga sobre la banda de la siguiente manera:

1. En una banda vacía (horizontal o inclinada) se tiene una carga compuesta únicamente por la fuerza del ítem a.
2. En una banda cargada horizontal se tendrá una carga compuesta por las fuerzas de los ítem a + b.
3. En una banda cargada inclinada se tendrá una carga compuesta por las fuerzas de los ítem a + b + c. Esta última, la fuerza para elevar o bajar la carga, tendrá signo positivo cuando la carga este siendo elevada y tendrá signo negativo cuando la carga este descendiendo.

Estas son las fuerzas producidas únicamente para desplazar el material desde el punto de alimentación al de descarga; para calcular las tensiones en la banda y la potencia que se requerirá se deben considerar las pérdidas mecánicas por fricción del sistema completo de accionamiento, las cuales involucran el arrastre debido a las guías de carga, rascadores y cualquier tipo de desalineamiento de los tambores o rodillos, estas pérdidas las detallaremos más adelante.

2.3.3.7.1. FACTORES POR FRICCIÓN Y POR LONGITUD EN EL CÁLCULO DE LAS FUERZAS EN LA BANDA

Hinojosa (2002) manifiesta que estas fuerzas componentes mencionadas anteriormente se deben básicamente a la fricción generada por el peso de la banda, peso de las partes móviles de los rodillos y tambores, arrastre debido a las guías de carga, rascadores fijos, rascadores pendulares y por desalineamiento.

Adicionalmente, el peso del material sobre la banda y la fricción interna que el material genera a medida que pasa una y otra vez sobre los rodillos incrementan la fricción en el sistema. El cálculo de estas fuerzas de fricción depende de la asunción de un factor llamado coeficiente de fricción de las partes móviles (f), el

cual varía en función del tipo de rodillo empleado, la estructura del transportador y el mantenimiento del sistema. El valor estándar de este coeficiente es de 0,020 pero puede incrementarse según las siguientes condiciones: **(Hinojosa 2002)**

- Debido a una alta fricción interna del material.
- Por el uso de rodillo portantes menores a 108 mm.
- Cuando la velocidad de la banda es mayor a 5 m/s.
- Cuando la temperatura de operación es menor a 20°C.
- A bajas tensiones de banda.
- En bandas flexibles y con grandes espesores de cubierta.

La Tabla II-4 representa los valores recomendados de coeficiente de fricción de las partes móviles en función del tipo de transportador, condiciones de operación, mantenimiento y estanqueidad.

Tabla II-4: Coeficiente de fricción (f) de las partes giratorias.

Condición	Coeficiente (f)
Buenos transportadores con rodillos de marcha Suave y pequeña fricción interna en el material.	0,017
Valores standard para bandas transportadoras con ambiente normal de trabajo.	0,020
Para condiciones de marcha desfavorables operación polvosa, sobrecargas periódicas.	0,023-0,030
Transportadores descendentes que requieren frenado por medio de motor.	0,012

Fuente: Roulunds(s/f) Catálogo de banda transportadora, pág. 13.

Por otro lado, muchos de los componentes de las fuerzas de fricción en las bandas como la fricción en los cojinetes de los tambores, fricción de los rascadores, inercia de los tambores, entre otros. Se agrupan en lo que se denominan resistencias secundarias; es por esto que según la norma DIN 22.101, se debe emplear un coeficiente (C) variable con la longitud de la cinta (proyección horizontal si la banda es inclinada); para cintas de poca longitud dicho coeficiente es grande, porque la proporción de las resistencias secundarias en el total es grande, y por el contrario, tiende a la unidad para cintas largas (arriba de los 2.000m). La ecuación (12) relaciona el coeficiente (C) con la longitud de la cinta: **(Hinojosa 2002)**

$$C = 15,90 * L^{-0,61} + 0,77$$

(12)

Coeficiente C.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

C: coeficiente por las fuerzas de fricción.

L: proyección horizontal de la longitud total de la banda transportadora (m).

2.3.3.7.2. CÁLCULO DEL PESO DE LAS PARTES MÓVILES DE LA BANDA

Llamaremos G al peso de las partes móviles del sistema completo de transportador de banda el cual comprende el peso de la cinta y el peso de los rodillos transportadores y de retorno. Se expresa en kilogramos por metros de longitud entre centros de tambores de la banda. (Hinojosa 2002)

Este valor puede ser calculado por la Ecuación (13):

$$G = 2Gb + \frac{Gro}{S_1} + \frac{Gru}{S_2} \quad (13)$$

Peso de las partes móviles

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

G = peso de las partes móviles (Kg/m).

Gb= peso de la banda (Kg/m).

Gro= peso de los rodillos superiores (Kg).

S₁= espaciamiento entre rodillos superiores (m).

Gru= peso de los rodillos inferiores (Kg).

S₂= espaciamiento entre rodillos inferiores (m).

Existen tablas proporcionadas por los fabricantes que muestran los valores promedio de G en función del ancho de la banda y del peso específico del material a ser transportado. Para un diseño preliminar se pueden usar estos valores para el cálculo posterior de las tensiones en la banda, sin embargo, se recomienda calcular exactamente este valor en función de la banda y del tipo de rodillos superiores y de retorno una vez seleccionados y recalculan las fuerzas en la banda.

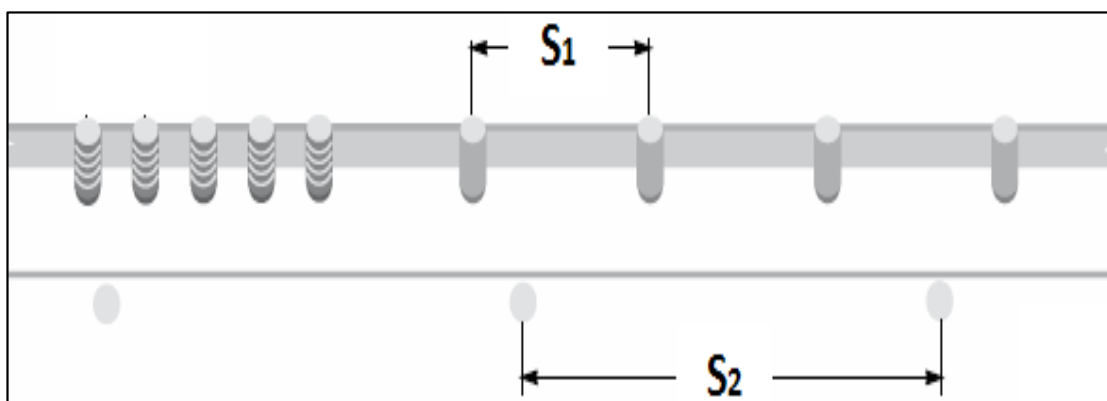
La Tabla II-5 muestra los valores recomendados de espaciamientos entre rodillos superiores e inferiores en función del ancho de banda y la capacidad transportada, mientras que la Figura II-10 da un ejemplo de los espaciamientos.

Tabla II-5: Valores recomendados de espaciamento entre rodillos superiores e inferiores.

Ancho de banda banda (mm)	Espaciamiento rodillos superiores S ₁ (m)						Espaciamiento rodillos S ₂ Inferior (m)
Peso específico del material (kg/m³)							
	500	800	1.200	1.600	2.400	3.200	
450	1,70	1,50	1,50	1,50	1,40	1,40	3,00
600	1,50	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	3,00
750	1,50	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	3,00
900	1,50	1,40	1,20	1,20	1,00	1,00	3,00
1.050	1,40	1,40	1,20	1,00	0,90	0,90	3,00
1.200	1,40	1,40	1,20	1,00	0,90	0,90	3,00
1.350	1,40	1,20	1,00	1,00	0,90	0,90	3,00
1.500	1,20	1,20	1,00	1,00	0,90	0,90	3,00
1.650	1,20	1,00	1,00	0,90	0,75	0,75	2,40
1.800	1,20	1,00	1,00	0,90	0,75	0,75	2,40
2.100	1,00	1,00	0,90	0,75	0,75	0,60	2,40
2.400	1,00	1,00	0,90	0,75	0,60	0,60	2,40

Fuente: CEMA Handbook 2° Edición, pág. 68.

2.3.3.7.3. ESPACIAMIENTO EN LOS RODILLOS SUPERIORES E INFERIORES

Figura II-10: Espaciamento entre los rodillos superiores (S_1) e inferiores (S_2).

Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras Rulmecca, pág. 34

La Tabla II-6 muestra los valores promedios de los pesos de los rodillos superiores y de retorno en función del ancho de la banda y del peso específico del material.

Tabla II-6: Valores promedios del peso de los rodillos superiores y de retorno

Ancho Banda (mm)	Servicio liviano peso específico < 1,5 ton/m ³		Servicio pesado peso específico > 1,5 ton/m ³	
	Gro (kg)	Gru (kg)	Gro (kg)	Gru (kg)
300	2,50	2,50	3,50	3,50
400	3,00	3,00	4,00	4,00
500	3,50	3,50	5,50	5,50
650	5,50	5,50	10,00	10,00
800	11,00	11,00	14,00	14,00
1.000	13,00	13,00	18,00	18,00
1.200	15,00	15,00	20,00	20,00
1.400	55,00	55,00	31,00	31,00
1.600	25,00	25,00	35,00	35,00
1.800	39,00	39,00	47,00	47,00
2.000	43,00	43,00	52,00	52,00
2.200	47,00	47,00	56,00	56,00

Fuente: Rulmeca (s/f), Catálogo de banda transportadora, pág. 12.

Finalmente la Tabla II-7 muestra los valores promedio del peso de la cinta en función del ancho de la banda y de la capacidad de transporte.

Tabla II-7: Valores promedios del peso de la banda transportadora

Ancho Banda (mm)	Servicio liviano peso específico < 0,8 ton/m ³	Servicio mediano peso específico 0,8 a 1,6 ton/m ³	Servicio pesado peso específico > 1,6 ton/m ³
Peso de la cinta transportadora Gb (kg/m)			
350	1,50	3,00	4,50
400	3,00	4,50	6,00
450	4,50	6,00	7,50
500	6,00	7,50	9,00
600	7,50	9,00	10,50
750	9,00	10,50	12,00
900	10,50	13,50	16,50
1.050	13,50	16,50	21,00
1.200	18,00	22,50	27,00
1.350	21,00	27,00	33,00
1.500	25,50	31,50	40,50
1.650	30,00	36,00	48,00
1.800	33,00	42,00	54,00

Fuente: Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator Belt pág. 6.2.

2.3.3.7.4. FUERZAS PARA MOVER LA BANDA EN VACÍO Y SUS COMPONENTES

La fuerza necesaria para mover la cinta y los componentes móviles que giran por ella, sin material o carga, puede ser calculada mediante la Ecuación (14):

$$F_1 = [C * f * L * G] * g \quad (14)$$

Fuerza necesaria para mover la cinta y los componentes.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

F_1 = fuerza para mover la banda en vacío (N).

C= factor de fricción por longitud de banda.

f= factor de fricción de las partes móviles.

L= longitud total de la banda (proyección horizontal) (m).

G= peso de las partes móviles (Kg/m).

g= aceleración de la gravedad (m/s^2).

2.3.3.7.5 FUERZA PARA DESPLAZAR EL MATERIAL HORIZONTALMENTE

Esta es la fuerza necesaria para vencer la inercia del material y desplazarlo en dirección horizontal desde el punto de alimentación hasta el de descarga, se puede calcular con la Ecuación (15):

$$F_2 = \left[\frac{C * f * L * Q_t}{3,60 * v} \right] + g \quad (15)$$

Fuerza necesaria para vencer la inercia.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

F_2 = fuerza para desplazar el material horizontalmente (N).

Q_t = capacidad máxima de transporte (ton/h).

v= velocidad de la banda (m/s).

g= aceleración de la gravedad (m/s^2).

2.3.3.7.6. FUERZA PARA ELEVAR O BAJAR EL MATERIAL

Es la fuerza correspondiente a la elevación o descenso de la carga, se determina mediante la Ecuación (16):

$$F_3 = \left[\frac{H * Q_t}{3,60 * v} \right] * g \quad (16)$$

Fuerza para la elevación o descenso de la carga.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

F_3 = fuerza para desplazar verticalmente el material (N).

H= elevación neta de la carga (m).

g= aceleración de la gravedad (m/s^2).

Esta componente de la tensión en la banda puede tener signo negativo si la banda es descendente, o sea, cuando en la banda transporta el material va hacia abajo; si la banda es ascendente, la tensión tendrá signo positivo.

2.3.3.8. POTENCIAS EN LA BANDA

La potencia requerida para accionar la banda transportadora está compuesta por la potencia necesaria para desplazar el material, más las potencias adicionales debido a la fricción de las guías de carga y por el uso de carro descargadores o trippers. Las ecuaciones que a continuación se describen, sirven para determinar el valor de estas potencias adicionales. Son ecuaciones empíricas que los fabricantes de bandas proporcionan en sus catálogos como un medio para estimar estas pérdidas mecánicas, se han obtenido en base a pruebas y ensayos experimentales producto de la larga experiencia en el campo industrial de la aplicación de las bandas transportadoras. (Hinojosa 2002)

2.3.3.8.1. POTENCIA ADICIONAL POR GUÍA DE CARGA

En instalaciones grandes, la longitud de la guía de carga y la fricción entre el caucho y la banda, generan resistencias adicionales que deben ser consideradas y deben sumarse a la potencia nominal. Esta resistencia adicional puede determinarse por la Ecuación (17): (Hinojosa 2002)

$$P_s = 0,08 * v * l \quad (17)$$

Potencia adicional por guía de carga.

Fuente: Roulunds (s/f) Catálogo de banda transportadora.

Donde:

P_s = potencia adicional por guía de carga (kw).

v= velocidad de la banda (m/s).

l= longitud total de guía de carga (m).

2.3.3.8.2. POTENCIA TEÓRICA

La potencia teórica es la suma de la potencia para desplazar el material, más las potencias adicionales debido a las guías de carga y a los carros transportadores, por lo tanto se obtiene la Ecuación (18):

$$P = \frac{[F_1 + F_2 + F_3] * v}{1.000} + P_s \quad (18)$$

Potencia teórica.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

P = potencia teórica (kw).

F_1 = fuerza para mover la banda en vacío (N).

F_2 = fuerza para mover la carga horizontalmente (N).

F_3 = fuerza para elevar o bajar la carga (N).

V = velocidad de la banda (m/s).

P_s = potencia adicional por guías de carga (kw).

Esta es la potencia que se debe aplicar al tambor motriz para que se genere una fuerza tangencial en el mismo, llamada tensión efectiva, la cual será capaz de mover la banda y desplazar el material desde el punto de alimentación al de descarga.

2.3.3.8.3. POTENCIA DEL MOTOR

Hinojosa (2002) manifiesta que en el cálculo de las tensiones de la banda, solo se ha considerado la potencia requerida en el tambor motriz. Las pérdidas por fricción de los demás tambores han sido incluidas en el factor de fricción por longitud C .

Los métodos para conectar el motor con el tambor motriz son numerosos. La velocidad puede ser reducida a través del uso de bandas-poleas, cadenas-catalinas, engranajes, cajas reductoras, o alguna combinación de estas. Estas transmisiones generan pérdidas mecánicas que deben ser consideradas para determinar la potencia real del motor, que comprenden: pérdidas por el tipo de transmisión, eficiencia del motor y eficiencia del tipo de acople si lo hubiere.

La eficiencia del motor se puede estimar en un rango entre 85% y 95%. Las pérdidas mecánicas debido al tipo de transmisión se pueden determinar de la Tabla II-8, eficiencias mecánicas de equipos reductores de velocidad.

Tabla II-8: Eficiencias mecánicas de equipos reductores de velocidad.

Tipo de reducción	Eficiencia (%)
Poleas y bandas en V	94%
Catalina y cadena de rodillos	93%
Catalina y cadena de rodillos, lubricados en aceite.	95%
Reductor de engranes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio 20:1)	90%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio de 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tornillo sin-fin (ratio de 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranes rectos (maquinados)	90%
Reductor de engranes rectos (fundidos)	85%

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 70

Por lo tanto la potencia del motor se determina con la Ecuación (19):

$$P_m = \frac{P}{\eta * \epsilon} \quad (19)$$

Potencia del motor.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

P_m = potencia del motor (kw).

P = potencia teórica (kw).

η = eficiencia del motor.

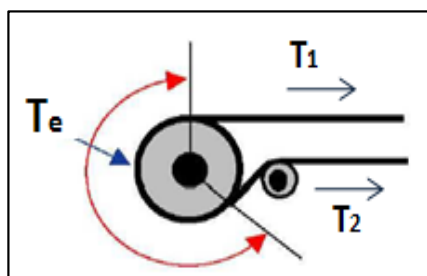
ϵ = eficiencia mecánica de la transmisión.

2.3.3.9. TENSIONES EN LA BANDA

2.3.3.9.1. TENSION EFECTIVA

Hinojosa (2002) en cualquier accionamiento por bandas, sea este para transmisión de potencia, transporte o elevación, debe existir una diferencia de tensiones en la banda a ambos lados del tambor conductor para que se produzca el movimiento, la Figura II-11 muestra las tensiones.

Figura II-11: Tensión efectiva.



Fuente: Hinojosa (2002).

La tensión más grande es llamada tensión del lado apretado T_1 y la tensión más pequeña es llamada tensión del lado flojo T_2 . Sin la tensión del lado flojo para prevenir el deslizamiento, la banda no puede transmitir el movimiento. La diferencia entre la tensión del lado apretado y la tensión del lado flojo se conoce como tensión efectiva T_e , debido a que es esta tensión la que realmente ejecuta el trabajo: como hemos dicho antes ésta tensión es la suma algebraica de las fuerzas que ya hemos considerado: fuerza para elevar la carga, para desplazarla horizontalmente, para mover la banda en vacío y los componentes móviles y las pérdidas debido a guías de carga. (**Hinojosa 2002**)

Conocida la potencia total que se debe aplicar al tambor motriz, la tensión efectiva puede ser determinada por la Ecuación (20):

$$T_e = \frac{1.000 * P}{v}$$

(20)

Tensión efectiva.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

Te= tensión efectiva (N).

P= potencia teórica (kw).

v= velocidad de la banda (m/s).

2.3.3.9.2. TENSION EN LADO APRETADO T_1 .

La cantidad de tensión necesaria en el lado apretado se determina mediante la Ecuación (21), multiplicando la tensión efectiva por un factor llamado coeficiente de accionamiento (m). Ecuación (22):

$$T_1 = T_e * m$$

(21)

Tensión en el lado apretado.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

T1= tensión en el lado apretado (N).

Te= tensión efectiva (N).

m= coeficiente de accionamiento.

Los valores de coeficiente de accionamiento se determinan mediante la siguiente ecuación, depende del arco de contacto entre la banda y el tambor motriz, el tipo de contrapeso y si el tambor es revestido o desnudo.

$$m = 1 + \left[\frac{1}{e^{\mu * \theta * \frac{\pi}{180}} - 1} \right]$$

(22)

Valores de coeficiente de accionamiento.

Fuente: Hinojosa 2002.

Donde:

m= coeficiente de accionamiento.

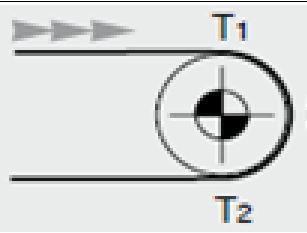
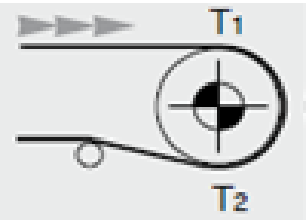
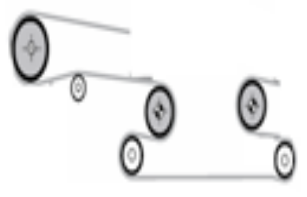
e= base de logaritmo neperiano.

μ = coeficiente de fricción entre el tambor y la banda.

θ = ángulo de contacto entre banda y tambor (°).

La Tabla II-9 muestra los valores del coeficiente de fricción entre el tambor y la banda (μ), y los valores del ángulo de contacto dependiendo de la disposición del tambor motriz y el o los tambores adicionales según el arreglo.

Tabla II-9: Los valores del coeficiente de fricción entre el tambor y la banda.

	Tambor Motriz			
	Revestido		Desnudo	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
Coeficiente μ	0,40	0,35	0,35	0,20
Arreglo cabezal motriz	Angulo de contacto			
	120			
	150			
	180			
	210			
	220			
	230			
	240			
	360			
	380			
	400			
	420			
	440			
	450			

Fuente: Roulonds (s/f). Catálogo de banda transportadora, pág. 13.

2.3.3.9.3. TENSION EN EL LADO FLOJO T_2

Hinojosa (2002) define que la tensión en el lado flojo es obtenida por un contrapeso de gravedad o por un tensor de husillo. Es preferiblemente emplear contrapesos de gravedad dado que mantienen una tensión constante automáticamente en especial en bandas largas (mayores a 50m). Para el caso de tensor manual o de husillo, los valores del factor de accionamiento (m) deberán ser incrementados de tal manera que se produzca un aumento del 20% en la tensión en el lado apretado T_1 que cuando se emplea tensor de gravedad

o automático. Esto se hace con el fin de suministrar una reserva de tensión debido a alguna diferencia real en las fricciones entre tambor y la banda.

Las Ecuaciones (23) y (24) muestra la tensión T_2 , la cual se puede obtener de dos (2) maneras:

$$T_2 = T_e * \left[\frac{1}{e^{\mu * \theta} - 1} \right] \quad (23)$$

$$T_2 = T_1 - T_e \quad (24)$$

Tensión en el lado flojo.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

T_2 = tensión en el lado flojo (N).

T_e = tensión efectiva (N).

2.3.3.9.4. TENSION EN EL RETORNO DE LA BANDA T_3

La tensión T_3 se conoce como tensión en el retorno y se puede determinar mediante la Ecuación (25):

$$T_3 = C * f * L \left[Gb + \frac{Gru}{S_2} \right] * g + T_2 \quad (25)$$

Tensión en el retorno de la banda.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

T_3 = tensión en el retorno (N).

C = factor de fricción por longitud.

f = factor de fricción de las partes móviles.

L = longitud de la banda (m)

Gb = peso de la banda (kg/m).

Gru = peso de los rodillos inferiores (kg).

S_2 = espaciamiento de los rodillos inferiores (m).

g = aceleración de la gravedad (m/s^2).

T_2 = tensión en el lado flojo (N).

2.3.3.9.5. TENSION DEL CONTRAPESO T_{cp}

Hinojosa (2002) señala que el dispositivo de contrapeso puede ser ubicado en cualquier lugar conveniente a lo largo del ramal de retorno.

Dos (2) consideraciones principales gobiernan la ubicación del contrapeso en la mayoría de los casos. Primero está la geometría de la banda transportadora. Frecuentemente, el cabezal motriz termina en un nivel mucho más alto que el cabezal de alimentación lo que proporciona suficiente altura para ubicar un contrapeso vertical. Segundo es la distribución de las tensiones alrededor de la banda. Si un análisis de las tensiones en la banda muestra algún punto donde la tensión es baja, como en el pie de una pendiente, el contrapeso puede ser ubicado allí con un mínimo de tensión requerida.

Dependiendo de la ubicación del dispositivo tensor de contrapeso en la trayectoria de la banda transportadora el valor de la tensión del contrapeso. Se obtiene de las siguientes Ecuaciones (26) y (27):

$$T_{cp} = 2T_2 \text{ (si se coloca cerca del grupo motriz)} \quad (26)$$

$$T_{cp} = 2T_3 \text{ (si se coloca cerca de la cola)} \quad (27)$$

Tensión del contrapeso.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

T_{cp} = tensión del contrapeso (N).

T_3 = tensión en el retorno (N).

T_2 = tensión del lado flojo (N).

3.3.9.6. TENSION DEBIDO AL PESO DE LA BANDA EN UNA PENDIENTE

En todas las bandas transportadoras inclinadas, el peso de la banda en el trayecto inclinado provoca una tensión en la parte superior de la pendiente. Esta fuerza se obtiene con la siguiente Ecuación (28):

$$F_{banda} = G_b * H * g \quad (28)$$

Tensión de la banda en una pendiente.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

F_{banda} = tensión por el peso de la banda en pendiente (N).

G_b = peso de la banda (kg/m).

H = altura neta de elevación o descenso del tramo inclinado (m).

g = aceleración de la gravedad (m/s^2).

Esta tensión deberá sumarse o restarse en el cálculo de las tensiones en la banda, dependiendo de si la pendiente de la banda favorece o no al transporte del material, es decir si la banda asciende la tensión debido al peso de la misma aumenta y deberá tener signo positivo, si la banda desciende, la tensión debido al peso de la misma favorece el transporte y deberá restarse en el cómputo total. (Hinojosa 2002).

2.3.3.9.7. TENSION MÍNIMA T_0

Sucede a veces que la tensión T_2 , aun cuando es suficiente para lograr la adherencia de la banda al tambor motriz, es insuficiente para evitar el pandeo excesivo de la banda sobre los rodillos que pudieran provocar el derrame del material. (Hinojosa 2002)

Para evitar esta flecha excesiva se debe procurar que ningún punto de la banda se obtenga una tensión inferior a la tensión mínima T_0 , la misma que puede ser calculada con la siguiente Ecuación (29):

$$T_0 = \frac{S(Gb + Mpm)}{8 * (q/s)} * g \quad (29)$$

Tensión mínima.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

T_0 = tensión mínima.

s = espaciamiento de los rodillos (m).

Gb = peso de la banda (Kg/m).

Mpm = carga del material por metro de banda (kg/m).

q/s = flecha permisible (entre 0.005 y 0.02).

g = aceleración de la gravedad (m/s^2).

La carga del producto por metro de banda puede ser calculada por la Ecuación (30):

$$Mpm = \frac{Q_t}{3,60 * v} \quad (30)$$

Carga del material por metro de banda.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

Q_t = capacidad máxima de la banda (ton/h).

v = velocidad de la banda (m/s).

2.3.3.9.8. TENSION DE TRABAJO UNITARIA T_u

Hinojosa (2002) define la tensión de trabajo unitaria como la máxima tensión a la que estará sometida la cinta transportadora por mm de ancho de banda. Con este valor se procede a seleccionar el tipo de cinta transportadora en función del tipo de material y sus características como abrasividad, friabilidad,

temperatura, peso específico, tamaño de material, entre otros. Según los tipos de bandas transportadoras proporcionadas por el fabricante en sus catálogos.

La tensión de trabajo unitaria se determina mediante la Ecuación (31).

$$T_u = \frac{T_1}{1.000 * B} \quad (31)$$

Tensión de trabajo unitario.

Fuente: Hinojosa (2002).

Donde:

Tu= tensión de trabajo unitaria (N/mm).

T₁= tensión en el lado apretado (N).

B= ancho de la banda (m).

2.3.4. OTRO PARÁMETRO IMPORTANTE ES LA SELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA (HINOJOSA, 2002)

La cinta es el elemento más importante del sistema pues puede representar hasta el 60% del costo total del transportador. La banda transportadora de caucho se construyen en base a dos (2) componentes fundamentales: la carcasa y la cobertura.

2.3.4.1. CARCASA

La carcasa es el esqueleto o alma de la banda y es quien resiste las tensiones; puede construirse con varias capas, según la necesidad. La función de la carcasa es la de transmitir y absorber las fuerzas que actúan en la banda.

A continuación describiremos los materiales más comunes para la fabricación de la carcasa de las bandas transportadoras.

a) Algodón (B)

Entre los tejidos naturales, el algodón es aquel que ampliamente se ha venido empleándose durante muchos años, pero en la actualidad está siendo desplazado por los tejidos sintéticos.

La designación universalmente adoptada para los tejidos de algodón, es el peso en onzas de un trozo de tejido de 36 pulgadas de largo en el sentido de la urdimbre y 42 pulgadas de largo en el sentido de la trama; un trozo de estas medidas es lo que se llama un duck. Según la designación D-181-42 de la ASTM estos valores están normalizados en 28, 32, 36 y 48 Oz.

b) Poliéster (E)

Entre este tipo de fibras sintéticas encontramos al terylene, trevira, diolen y tetoron. Los tejidos de poliéster tienen la característica de que no son influenciados por la humedad o por los micro-organismos. Son muy flexibles, son estables en su longitud y son resistentes a los ácidos.

c) Poliamida (P)

Son fibras sintéticas conocidas como nylon y perlon. Ahora que las características de alta- electricidad del nylon pueden ser controladas, los tejidos de este material están siendo extensamente usados en bandas para

transporte y elevación. Tienen una buena resistencia a la humedad además de una excelente resistencia al abuso y al impacto, haciendo de este un material muy apropiado para todo tipo de servicio.

d) Algodón-nylon

Este tipo de tejidos combinan diferentes materiales en su manufactura, las fibras de la urdimbre son hechas de algodón, que en algunos casos se refuerzan con nylon, mientras que las fibras de la trama son hechas de éste mismo material o de una combinación de nylon y algodón. Con nylon en la trama, la resistencia transversal es mucho más grande que en los tejidos de algodón y a menudo incrementan también la resistencia longitudinal.

e) Poliéster-poliámidas (EP)

Los tejidos EP están constituidos por poliéster en la urdimbre y poliámidas en la trama. Esta combinación produce las mejores características posibles en la cinta con las siguientes ventajas:

- Alta resistencia en proporción al peso.
- Alta resistencia al impacto.
- Elongación despreciable.
- Gran flexibilidad, excelente adaptación a la artesa (acanalamiento).
- No son susceptibles a la humedad y al micro-organismo.

Por otro lado la compañía minera Shougang Hierro Peru S.A.A. utiliza las bandas transportadoras con carcasa cable de acero por ofrecer una excelente resistencia al desgaste, vida operativa más larga, consumo de energía reducido, bajo alargamiento, mantenimiento reducido, además soportan cargas de ruptura entre 500N/mm a 1600N/mm.

A continuación en la tabla II-10 se detalla para nuestro caso que tipo de banda utilizaremos.

Tabla II-10: las especificaciones técnicas de bandas que cumplen la norma DIN 22131.

Tipo	Espesor de cobertura mínimo (mm)	Diámetro de cable (mm)	Paso de cable (mm)	Peso de la carcasa (kg/m ²)	Diámetro mínimo de la polea (mm)			Ancho de banda mínimo (mm)
					Motriz	De cola y tensora	De frenado y curva	
ST500	4	2.7	14.0	4.9	500	400	315	400
ST630	4	2.7	11.0	5.4	500	400	315	400
ST800	4	3.5	12.0	7.5	630	500	400	400
ST1000	4	3.6	12.0	7.7	630	500	400	400
ST1250	4	4.4	14.0	9.8	630	500	400	500
ST1400	4	4.5	14.0	10.0	630	500	400	500
ST1600	4	5.2	15.0	11.8	800	630	500	500
ST1800	4	5.2	13.5	12.4	800	630	500	500
ST2000	4	5.2	12.0	13.3	800	630	500	650
ST2250	4	5.2	11.0	13.8	800	630	500	650
ST2500	5	6.7	15.0	17.1	1000	800	630	650
ST2800	5	6.7	13.5	18.1	1000	800	630	800
ST3150	6	7.6	15.0	20.9	1250	1000	800	800
ST3500	6	8.2	15.0	23.3	1250	1000	800	800
ST4000	7	8.6	15.0	25.3	1250	1000	800	800
ST4500	7	9.4	16.0	28.3	1400	1250	1000	1000
ST5000	8	10.2	17.0	30.2	1600	1400	1250	1000

Fuente: www.dunlopconveyorbelting.com

2.3.4.2. COBERTURA

Explica que la cobertura protege a la carcasa de la banda de la abrasión y cualquier otra condición local que contribuya al deterioro de la banda transportadora. En pocos casos, estas condiciones pueden ser un poco moderadas de tal forma que no se requiere protección ni cobertura para la banda. En otros, la abrasión y el corte pueden ser tan severos que se requiera una cobertura superior tan gruesa como de ½" o más. En cualquier caso, el propósito de la selección de la cobertura es proveer suficiente cubierta para proteger la carcasa hasta el límite de su vida útil.

La cobertura inferior y/o superior protege la carcasa, provee adherencia con los tambores y resiste las influencias externas del material y los rodillos. También es la encargada de proveer la fricción necesaria entre la banda y el tambor motriz, así como entre la banda y el material. Como la cobertura debe resistir las influencias externas tanto del material que se transporta como del medio externo, se requieren tipos de cubierta que resistan el desgaste, resistente al calor y/o a los aceites, o alguna combinación de dos o más de estas propiedades.

A continuación Goodyear (2003) describe la composición de la cobertura de banda en función de la resistencia y abrasión, de la siguiente manera:

- i. **Stacker:** Presentan excelente resistencia a los cortes y a la abrasión. Óptimo desempeño al transporte de material como: mineral de hierro, manganeso, estaño, cuarzo, entre otros. Resiste a materiales con temperatura hasta 65°C.
- ii. **Grado A:** Presenta mayor resistencia a la abrasión dentro de la composición actualmente disponible, manteniendo resistencia a cortes y arrancamiento de cobertura.
- iii. **B:** Es un componente con óptimas características de resistencia a la abrasión y flexibilidad. Recomendado para transporte de material abrasivo, tales como: Escorias, granitos británicos, piedra caliza, arenas bauxita, cal, cemento, entre otros materiales.
- iv. **C:** Es un componente de alta resistencia para transportar material abrasivo a temperatura de hasta 95°C. Excelente para utilizar en fábricas de fertilizantes, fundidos, siderúrgicas, y cementeras, entre otras.
- v. **W:** Indicado para servicios leves, donde no existe un factor de abrasión. Puede ser utilizada como cobertura corrugada para transportar material liviano.

Una buena construcción de la cinta transportadora significa determinar la combinación adecuada de carcasa y cobertura.

Para decidir la construcción apropiada de la banda se debe tener en consideración la potencia necesaria, el tipo de material, el tamaño de roca, la altura de caída del material, el peso específico, entre otras características. Más aún la carcasa debe proporcionar estabilidad a la cinta, para que sea fácil guiarla sobre el transportador. Aumentar la resistencia de la carcasa es normalmente seguido por un incremento en el grosor y la calidad de la cobertura para asegurar un balance entre la vida útil de la carcasa y la cobertura.

2.3.4.3. DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LA CUBIERTA

Como se explicó anteriormente, la cubierta de la cinta transportadora es la encargada de soportar el desgaste producido debido al tipo de material, el tamaño, altura de la caída en la alimentación, abrasividad y velocidad. Las Tablas II-11 y II-12 muestran las recomendaciones de espesores para cubiertas.

Tabla II-11: Valores recomendados de espesores de cobertura superior.

Granulometría (mm)	Tipo de cobertura	Ciclo de correa 2L/S (min)	Espesores de coberturas (mm) para material							
			Poco Abrasivo		Abrasivo		Muy abrasivo		Extremadamente abrasivo	
<25	TIPO B	<0.5	3.0	5.0	3.0	7.0	4.0	10.0	6.0	12.0
		0.5 – 1.0	1.5	4.0	2.0	6.0	3.0	8.0	5.0	10.0
		>1.0	1.5	3.0	1.5	4.0	3.0	6.0	4.0	8.0
	STACKER	<0.5	2.0	4.0	2.0	6.0	3.0	7.0	4.0	10.0
		0.5 – 1.0	1.5	3.0	1.5	4.0	3.0	6.0	3.0	8.0
		>1.0	1.5	2.0	1.5	3.0	3.0	5.0	3.0	6.0
25-125	TIPO B	<0.5	3.0	6.0	3.0	10.0	5.0	10.0	7.0	14.0
		0.5-1.0	3.0	5.0	3.0	8.0	4.0	10.0	6.0	12.0
		>1.0	1.5	4.0	3.0	6.0	3.0	8.0	5.0	10.0
	STACKER	<0.5	3.0	5.0	3.0	8.0	4.0	8.0	5.0	12.0
		0.5-1.0	3.0	4.0	3.0	6.0	3.0	7.0	4.0	10.0
		>1.0	1.5	3.0	3.0	5.0	3.0	6.0	3.0	8.0
>125	TIPO B	<0.5	5.0	8.0	6.0	12.0	8.0	14.0	10.0	16.0
		0.5-1.0	3.0	7.0	5.0	10.0	6.0	12.0	8.0	14.0
		>1.0	3.0	6.0	5.0	8.0	6.0	10.0	6.0	12.0
	STACKER	<0.5	4.0	7.0	5.0	10.0	6.0	12.0	7.0	14.0
		0.5-1.0	3.0	6.0	4.0	8.0	5.0	10.0	6.0	12.0
		>1.0	3.0	5.0	3.0	6.0	5.0	8.0	5.0	10.0

Fuente: Goodyear (2003) Catálogo de correa transportadora, pág. 15.

L= distancia entre centros de polea (m).

S= velocidad de la correa (m/min.).

Tabla II-12: Valores recomendados de espesores de cobertura inferior

Ancho de la correa	Espesor del lado de las poleas
<1.000 mm	1.0 – 3.0 (mm)
>1.000 mm	1.5 – 4.0 (mm)
<42 pul	1/32 – 1/8 (pul)
>42 pul	1/16 – 5/32 (pul)

Fuente: Goodyear (2003) Catálogo de correa transportadora, pág. 15

2.3.5. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE BANDA EN FUNCIÓN DEL MATERIAL

Hinojosa (2002) detalla que durante el proceso de selección de la banda transportadora, el primer parámetro que se requiere conocer es que clase de material se desea transportar. En base a este dato se selecciona el o los tipos de bandas que pueden ser empleados según las recomendaciones de fabricante de cintas, ya que la calidad de la carcasa y de la cobertura, así como su resistencia varían de acuerdo al tipo de banda y a la combinación de espesores tanto de la carcasa como de la cobertura.

Para realizar esta selección se emplea la Tabla II-13 que muestra los campos de aplicación de los diferentes tipos de banda Roulunds según las características físico químicas del material a transportar.

Tabla II-13: Campo de aplicación de las bandas Roulunds, según el tipo de material.

Campo de aplicación	Tipo de material	Tipo de banda
Materiales abrasivos	Minerales, Cemento, carbón, coque, tierra, piedra, granos, granito, escoria Piedra, caliza, grava.	RO-PLY banda de 2 capas Múltiples capa tipo A, B Y BW
Materiales abrasivos calientes	Alto horno Clinker Escoria	Múltiples capas tipo K Y N Múltiples capas tipo TCC
Materiales calientes con aceites	Abono Forrajes Basura	RO-PLY GWF banda de 2 capas Múltiples capas tipos GW Y GWF
Materiales con contenido moderado de aceite	Granos Forrajes Basura	RO-PLY GWM banda de 2 capas Múltiples capas tipos GWM Y GWS
Entre otros	Equipaje, paquetes, papas, sacos, piedra caliza, coque, Aserrín, entre otros.	RO-PLY Grip 4 banda de 2 capas Múltiples capas con patrones Bandas especiales para industrias De madera, bandas nervadas.

Fuente: Roulunds (s/f) Catálogo de bandas transportadoras pág. 23.

2.3.6. CAMIONES EN MINERÍA

Las operaciones realizadas en mina Shougang Hierro Perú S.A.A. para la extracción de mineral y remoción de la capa vegetal se dividen en dos (2) fases, las que influyen de forma directa en extracción de mineral conocidas como Operaciones unitarias; y las necesarias para mantener en buen funcionamiento la mina llamadas operaciones Auxiliares, para efecto de este trabajo se mencionaran solo las operaciones auxiliares las cuales abarcan:

Carga: La carga consiste en la recogida de material ya fragmentado para depositarlo seguidamente, en la mayoría de los casos, sobre otro equipo o instalación adyacente.

Esta actividad se realiza en lo que se denomina frente de trabajo. Este es el área con material fragmentado donde se encuentran los equipos de carga.

Acarreo: Es la operación basada en el transporte de los diferentes materiales extraídos de la mina, bien sea de los minerales económicamente rentables hasta las plantas de procesamiento, o del material estéril para sus respectivos vertederos.

De acuerdo al tipo de acarreo que se lleve a cabo se puede hablar de transporte interno o externo, en referencia a si esta operación se realiza dentro de los límites de la mina o fuera de sus instalaciones.

Descarga: Es la operación posterior al acarreo y la que concierne al vertido de los materiales, bien sea en las plantas de tratamiento o en los vertederos o escombreras. Normalmente estas operaciones son realizadas por los equipos que efectúan el transporte, con la ayuda de equipos auxiliares.

Existe una gran variedad de equipos aplicados en minería algunos de los más utilizados son:

2.3.6.1. CAMIONES

Este equipo está constituido por una caja que se apoya sobre un chasis y con sistemas hidráulicos de levantamiento de la caja y dirección, con descarga hacia atrás.

Es el tipo de camión más usado en el movimiento de tierra, agregados, mineral, carbón y otros materiales, fundamentalmente, en la minería a cielo abierto. Son unidades de acarreo que debido a sus altas velocidades al transitar por caminos adecuados, su gran capacidad proporciona costo de acarreo relativamente bajos. Suministran un alto grado de comodidad, ya que el número de camiones en servicio pueden aumentarse o disminuirse para permitir modificaciones en la capacidad total de acarreo de la flota. La mayoría de los camiones pueden operarse sobre cualquier camino de acarreo cuya superficie sea lo suficientemente firme y raso, y en el que las pendientes no sean demasiado fuertes. Los camiones están diseñados para trabajar sobre caminos de acarreo, Estos camiones se utilizan para acarrear materiales en obras y en minería. Hernández (2003).

Figura II-12: Camiones Shacman SX3254.

Fuente: Shacman SX3254 Chengli - Truck.

Tabla II-14: Detalles rápidos de camiones Shacman.

Rodillo impulsor: 6x4	Dimensiones(LxWxH)(mm):8650*2480*3100
Capacidad de carga: 41 – 50t, 45 toneladas	Ruedas: 10 ruedas
Caballos de fuerza: 251 – 350 hp	Certificación: ISO/BV/SGS/cotecna,etc
Tipo de transmisión: manual	Transmisión: 9JS135(9 engranajes delantero 1 engranaje trasera)
Tipo de combustible: diésel	Motor: WD615.44 320 hp
Capacidad del motor: >8L	CAB: F2000 techo plano
Peso bruto del vehículo : 25000	Dirección: hidráulica
Lugar de origen : Hubei, china (Mainland)	Espesor de volcado posterior cuerpo: 6mm (lateral)/ 8mm (trasero)
Marca: Shacman	Dimensión de volcado posterior cuerpo: 5600*2300*1500mm
Modelo: SX3254	Color: personalizado segun el requisito del cliente

Camión especificación

Chasis modelo	SX3254
CAB	F2000 larga plana cabina
Tipo de conducción	6*4 conducción izquierda
Velocidad máxima (km/h)	99
Dimensión total(Mm)	8650*2480*3100
Mma(KG)	24260

Masa en funcionamiento(KG)		12000
Distancia entre ejes(Mm)		3800 + 1350
F/R base de la pista(Mm)		1939/1800
F/R voladizo(Mm)		1525/1975
Enfoque salida Ángel		16/20
Neumáticos		12.00-R20 (10 + 1)
Dirección		Dirección hidráulica con ayuda de la energía
Caja de engranajes		9JS135 (9 delantero engranajes 1 trasera engranajes)
Puente	Eje delantero	7 t
	Eje trasero	13 t
Enging	Modelo	WD615.44
	Tipo de combustible	Combustible diésel
	Tipo	Refrigerado por agua. Seis tiempos, inyección directa, Turbo
	Escape(Ml)	9726
	Salida máxima potencia/velocidad de la rotación (HP/RPM)	330/2200
	Par máximo/velocidad de la rotación (n. m/RPM)	1250/1400-1600
Sistema de frenado	Freno de servicio	Aire Comprimido freno
	Freno de estacionamiento	Energía primavera
	Freno auxiliar	Motor de freno de escape
Sistema eléctrico		24 V
Parte superior del cuerpo especificación		
Volcado dimensión de la Caja (L * W * h) (mm)		5600*2300*1500
Caja de descarga material		Acero al carbono
Caja de descarga espesor (MM) Parte Inferior/lateral		6/8
Cilindro hidráulico		Medio-lugar T-SHAPE 120 cilindro
Caja de descarga color		Según el requisito de cliente

Fuente: ficha técnica de camiones shacman.

Mercado menciona que los equipos de transporte o de acarreo deben ser seleccionados de acuerdo a su uso, las principales limitantes de estos equipos de acarreo son: el espacio de maniobrabilidad, posibles restricciones en la existencia de puentes y/o caminos angostos, los grados de compatibilidad entre los equipos a utilizar en la producción de la mina, los efectos extremos de carga y descarga; entre otros.

Existen varios tipos de camiones, de los cuales se pueden nombrar:

- Tipo convencional (volteo): el cual tiene la batea montada encima del chasis del camión, y los hay de dos ejes y tres ejes.
- Tipo tractor-tráiler (rockers): en el cual la batea va separada del tractor y los hay con tractores de un eje y dos ejes.

2.3.6.1.1. CAMIONES DE DESCARGA INFERIOR O DE FONDO

Este consiste de un tractor acoplado a una batea con compuertas de piso o en el fondo de la misma.

Para la escogencia del camión deben considerarse los siguientes factores:

- Manejo del material.
- Tipo y naturaleza del material.
- Peso del material y capacidad real.
- Porcentaje de engrosamiento o compactación.
- Rutas: longitud del camino a recorrer así como las pendientes.
- Radios de giros de las curvas del camino.
- Amplitud de los caminos.
- Tipo de superficie.
- Localización de paradas.
- Descarga del material:
- Tamaños y tipos de trituradores
- Capacidad por hora de los trituradores.
- Condiciones atmosféricas:
- Rango de temperatura del aire ambiental.
- Condiciones de andes y/o lluvia.
- Condiciones de humedad.
 - Altitud.
 - Velocidades límites de los equipos de carga.
 - Facilidades en las operaciones de carga:
 - Tipo y poder de los cargadores frontales, dragalinas, palas, entre otros.
 - Tiempos de carga, capacidad de carga.
 - Tiempo: números de días operativos por año. Números de turno y horas por día operativas.

2.3.6.1.2. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LOS CAMIONES

Hernández (2003) expone que dentro de las características y especificaciones más importantes para su eficiencia y operación se encuentran: tipo de motor y frenos, tipo de caja, potencia bruta, peso bruto del equipo, capacidad, altura, longitud y ancho del camión, velocidad máxima cargado, circulo de espacio libre para viraje.

2.3.6.1.3. SELECCIÓN DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE UNA FLOTA DE CAMIONES

El número de camiones necesarios para ejecutar cierto trabajo es función de la capacidad productiva de un camión individualmente considerado y del tonelaje total necesario. La capacidad productiva por hora de un camión es el producto de los viajes o ciclos, por hora de operación y la carga útil efectiva. Un ciclo operativo abarca los tiempos de carga, descarga y tiempo recorrido, suma que representa el tiempo teórico total del ciclo.

Este tiempo es afectado por un factor de eficiencia, dando un promedio del tiempo del ciclo efectivo, el cual, es usado al calcular el número de ciclos por hora. La carga útil nominal está calculada por el tonelaje teórico de los camiones y la carga útil efectiva es la cantidad promedio que está siendo realmente acarreada. Los fabricantes, en cuanto a la capacidad de los camiones, producen varios tamaños de equipos calculados para materiales a cargar de diferentes densidades. De cualquier modo, no es posible acarrear la carga útil nominal, porque el material puede ser más ligero que lo esperado, porque el tamaño requerido no puede ser fabricado o porque el sitio de descarga tiene una pendiente muy fuerte. (Hernández 2003)

2.3.6.1.4. ESTIMACIÓN DE LOS CICLOS DE UN CAMIÓN

Ortiz et al. (2001) especifica que el cálculo del ciclo básico de transporte se realiza con dos fines:

- 1) Poder calcular las producciones para una flota de camiones y un número de palas ya existentes, pero en unas nuevas y diferentes condiciones de la operación minera, por algún cambio de los circuitos o de la organización del trabajo.
- 2) Para la determinación del número de camiones necesarios que conseguirán los objetivos de producción más económicos. Tanto el ciclo básico de un camión como el representativo para una flota se subdividen en varios tiempos separados por cualquier cambio de la aceleración, geometría o actividad.

El tiempo de carga del camión normalmente incluye maniobrabilidad en el área de carga, espera en la cola y el tiempo actual de carga. La combinación entre el equipo de carga y el de acarreo es la consideración más importante en la selección de una flota de camiones, las siguientes Ecuaciones (32); (33) y (34), muestra el tiempo total del ciclo: tiempos fijos y variables.

$$\text{Ciclo básico del Transporte} = \text{Tiempos fijos} + \text{Tiempos variables.} \quad (32)$$

Ciclo básico de transporte.

$$\text{Tiempos fijos} = \text{tiempos de (carga + maniobras + descarga).} \quad (33)$$

Tiempos fijos.

$$\text{Tiempos variables} = \text{tiempo de (ida + vuelta + esperas).} \quad (34)$$

Tiempos variables.

Fuente: Ortiz et al. (2001).

Tiempo de carga: inicia cuando existe suficiente espacio para que el camión en espera se pueda acomodar para ser cargado y termina cuando el operador del cargador frontal da la señal al camión para indicar que el cargado terminó. (Escamilla, 2005).

Tiempo de maniobra: intervalo de tiempo que tarda un camión en acomodarse para recibir el primer pase. (Ortiz et al. 2001).

Ciclo de un pase: inicia cuando el cargador frontal incrusta sus dientes en el frente fragmentado y lo llena, termina cuando el cargador voltea la pala y el mineral cae al camión. (Escamilla, 2005).

Tiempo de viaje: intervalo de tiempo que toma un camión, finalizada la carga, en ir hacia la zona de descarga, realizar la descarga y regresar a la carga. (Ortiz et al. 2001).

Tiempo de descarga: tiempo de ciclo estimado para la maniobra de parada, giro y descarga en el punto de destino. (Ortiz et al. 2001).

Tiempos de esperas: tanto en el ciclo propio del transporte como en el de carga se producen, con frecuencia, tiempos de retraso por diferentes factores que deben ser estimados y valorados en el momento de efectuar el cálculo de la flota de camiones. (Ortiz et al. 2001)

2.3.6.2. CARGADORES FRONTALES

Son equipos de carga muy versátiles, debido a que su sistema de rodamiento puede ser de neumáticos. Sus capacidades son variadas, e incluso los más grandes tienen la misma capacidad de las palas hidráulicas. (Figura II-13).

Figura II-13: Cargador Frontal Komatsu WA500-6.



Fuente: ficha técnica KOMATSU WA500-6.

2.3.6.3. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS FIJOS Y VARIABLES PARA UN CAMIÓN:

a) Tiempos fijos (Hernández, 2003).

Estos tiempos comprenden el tiempo de maniobra de carga, carga, maniobra de descarga y descarga, que a su vez dependen de otros cálculos:

La Ecuación (35) muestra el cálculo del número de pases:

$$N^{\circ} \text{ pases} = \frac{\text{Capacidad del camion}}{Bc * F} \quad (35)$$

Número de pases del balde.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

Bc= capacidad del balde del cargador (ton).

F= factor de llenado del balde (%), es un ajuste de la capacidad de llenado del equipos de carguío, se expresa como fracción decimal y corrige la capacidad al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo, y la habilidad del operador del equipo para efectuar la maniobra de llenado.

Tiempo de carga Ecuación (36).

$$\text{Tiempo de carga} = N^{\circ} \text{ pases} * \text{tiempo de ciclo} * f \quad (36)$$

Tiempo de carga.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

f= factor de operación. (%)

Tiempo total del ciclo fijo Ecuación (37)

$$Tt \text{ del ciclo fijo} = Tm \text{ carga} + T \text{ carga} + Tm \text{ descarga} + T \text{ descarga} \quad (37)$$

Tiempo total del ciclo fijo.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

Tt = tiempo total (min)

T= tiempo (min)

Tm= tiempo de maniobra (min)

b) Tiempos variables (Hernández, 2003).

Está determinado por los tiempos de acarreo (camión cargado) y tiempo de retorno (camión vacío), por el peso del equipo y las condiciones de la vía. La velocidad de transporte dependerá de la calidad y pendiente del camino y del peso del equipo de transporte y su carga.

Una característica en la operación de estos vehículos es que deben moderar la velocidad de manera de que los frenos funcionen sin superar la capacidad de enfriamiento del sistema. El cálculo de velocidades de estos camiones depende entonces de la pendiente de bajada.

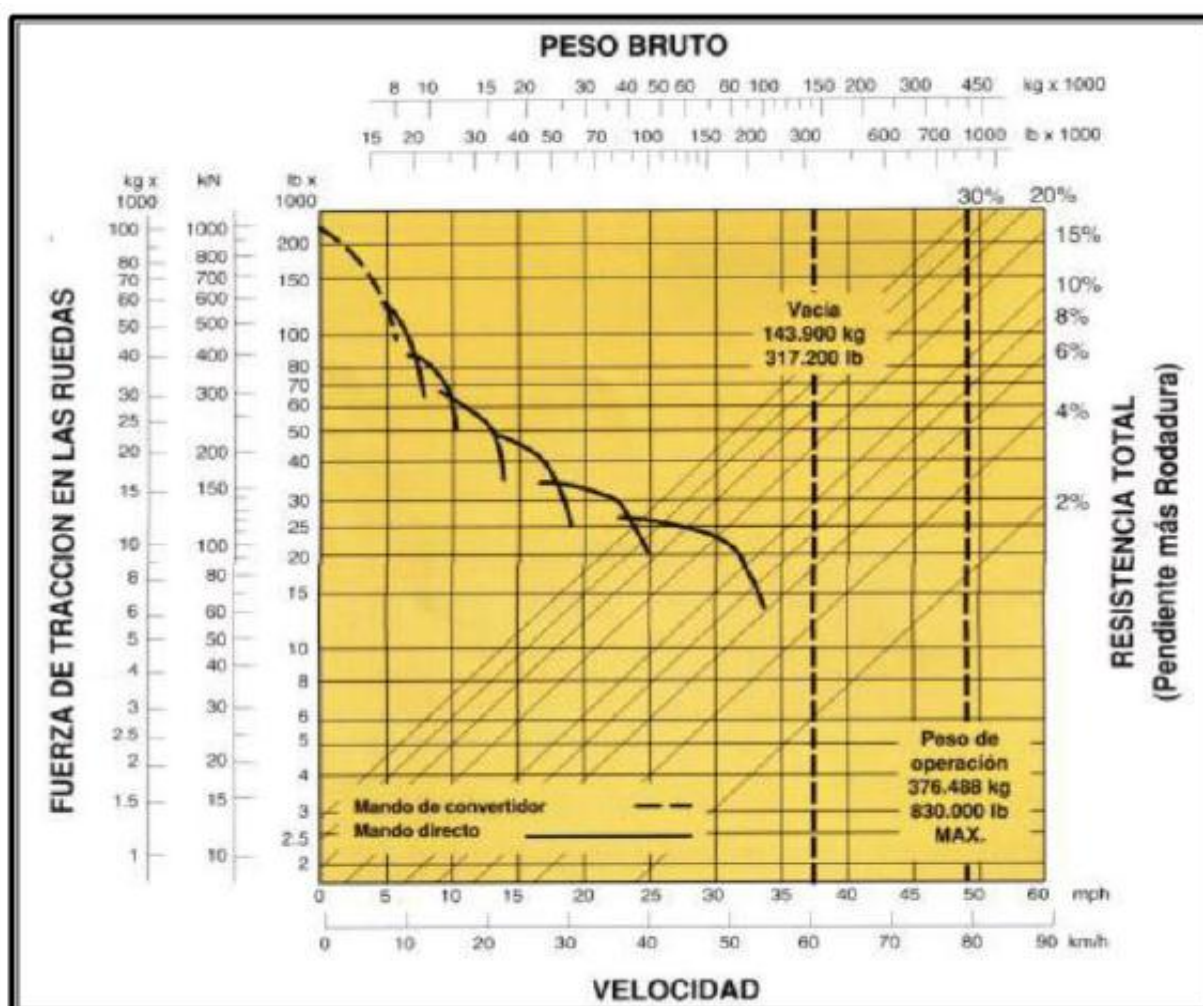
Además se debe tomar en consideración:

RD%: Resistencia a la rodadura del equipo de transporte (%), que corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse al efecto retardatorio entre los neumáticos y la vía. A modo de ejemplo, para un camino bien mantenido y seco de tierra y grava, la resistencia es de 2% del peso movilizado.

P%: Resistencia por pendientes máximas a vencer por el equipo de transporte (%), corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse a la gravedad y permitir el ascenso del vehículo en una vía con pendiente positiva (es decir, una vía que asciende). Corresponde a 1% del peso del vehículo por cada 1% de pendiente. Por ejemplo, un camino con 5% de pendiente tiene una resistencia por pendiente de un 5% del peso total movilizado (peso del camión más el peso de la carga).

Para el cálculo de la velocidad a la que el vehículo, cargado o descargado, puede enfrentar los distintos recorridos de transporte, se utilizan los Gráficos II-1 y II-2:

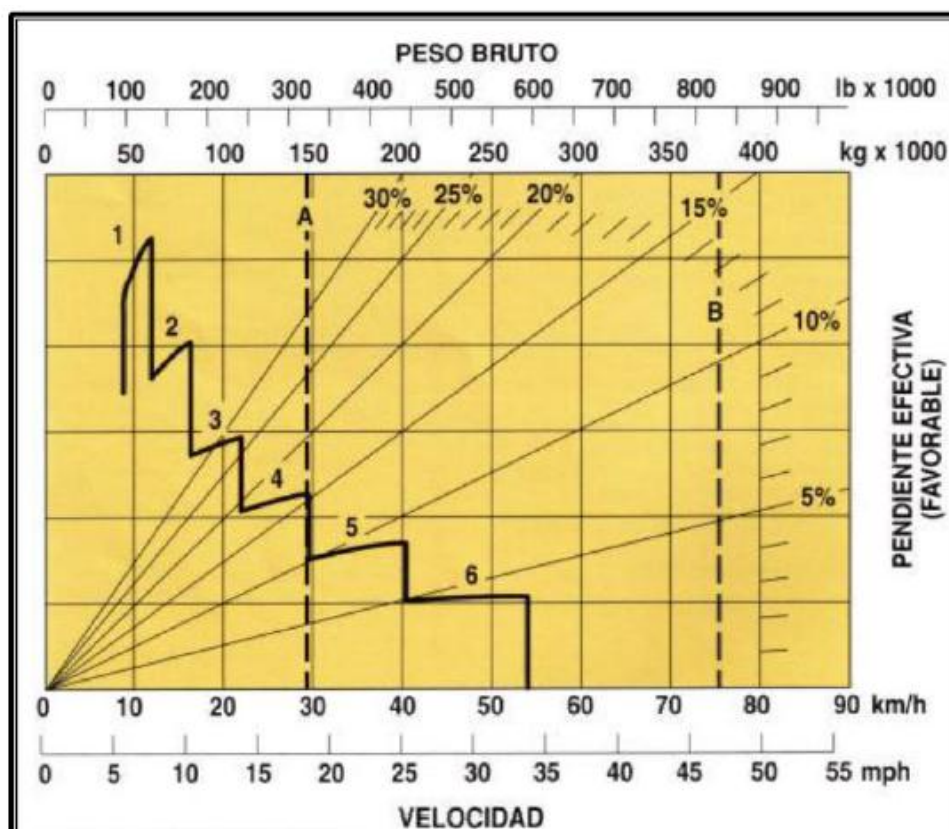
Gráfica II-1: Desempeño de la tracción.



Fuente: www. Educarchile.cl. tomado el 24 de enero (2014).

Gráfico para determinar la velocidad máxima en pendiente en función del peso del Camión y la carga.

Gráfica II-2: Desempeño de freno.



Fuente: Fuente: [www. Educarchile.cl](http://www.Educarchile.cl). tomado el 24 de enero (2014).

Gráfico para determinar la velocidad máxima en bajada en función del peso del camión y su carga.

Ecuación (38) tiempo total del ciclo

$$T_t \text{ ciclo} = T_t \text{ ciclo fijo} + T_t \text{ ciclo variable} \quad (38)$$

Tiempo total del ciclo

Fuente: Hernández (2003)

Donde:

T_t = tiempo total (min)

Ecuación (39) tiempo ajustado

$$\text{Tiempo ciclo ajustado} = \frac{T_t \text{ ciclo}}{F_e} \quad (39)$$

Tiempo del ciclo ajustado

Fuente: Hernández (2003)

Donde:

T_t = tiempo total (min)

F_e = factor de eficiencia operativa. (%)

Ecuación (40) número de ciclos por hora

$$\boxed{N^{\circ} \frac{\text{ciclo}}{h} = \frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo ciclo ajustado}}} \quad (40)$$

Número de ciclos por hora.

Fuente: Hernández (2003).

Ecuación (41) capacidad de producción

$$\boxed{Q_{cr} = N^{\circ} \text{ ciclo/h} * \text{capacidad}} \quad (41)$$

Capacidad de producción del camión.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

Qcr= capacidad de producción del camión (ton).

N° ciclo/h = número de ciclos por hora (ciclo/h)

Ecuación (42) número de camiones requeridos

$$\boxed{N^{\circ} \text{ camiones} = \frac{\text{toneladas requeridas} + \text{holgadura (10 \%)}}{Q_{cr}}} \quad (42)$$

Número de camiones.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

Qcr= capacidad de producción del camión (ton).

Ecuación (43) número de camiones ajustado

$$\boxed{N^{\circ} \text{ camiones ajustado} = \frac{N^{\circ} \text{ camiones}}{D_m}} \quad (43)$$

Número de camiones ajustados.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

Dm= disponibilidad mecánica. (%)

Ecuación (44) número de camiones por pala

$$\text{Camiones / pala} = \frac{\text{TC camion}}{\text{TC pala}} \quad (44)$$

Número de camiones por pala.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

TC = tiempo de carga (min)

Ecuación (45) número de cargadores requeridos

$$\text{Nº cargadores} = \frac{\text{tonelaje total por hora}}{\text{capacidad de carga del cargador}} \quad (45)$$

Número de cargadores.

Fuente: Hernández (2003).

2.3.6.4. CONSIDERACIONES ESENCIALES EN EL TIEMPO DE VIAJE DE LOS CAMIONES

Hernández (2003) manifiesta que la vía para la circulación de los camiones de acarreo podría ser dividida en segmentos y cada sección tendrá una única pendiente, longitud, resistencia al rodamiento y limitaciones máximas de velocidad, por tanto se debe considerar:

a) Tracción

La habilidad de un vehículo para superar una pendiente dada, la cual, incluye factores de resistencia a la pendiente y al rodamiento. La resistencia al rodamiento es siempre positiva y la resistencia a la pendiente es positiva cuando el vehículo sube una cuesta y negativa en caso contrario. Cuando se combinan factores ante mencionados se obtiene la “resistencia total efectiva”.

b) Anchos de vía e inclinaciones transversales (bombeos)

El ancho de la porción transitada de la vía es calculada usualmente como un múltiplo del ancho del vehículo más grande que transita por la vía. En muchos casos, un tramo recto de la vía es de 3 a 4 veces el ancho del camión más grande. En las curvas, el ancho debe ser mayor que en los tramos rectos para permitir la proyección del vehículo. Las inclinaciones transversales (bombeo) debe ser aproximadamente 1:25 para asegurar un drenaje efectivo (1%).

c) Deterioro de las vías

Da como resultado baches, surcos, embotellamientos y charcos de lodos. El daño es causado principalmente por la precipitación/escurrimiento, alto volumen de tráfico pesado y mala compactación.

2.3.6.5. OTRAS CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA EN LOS EQUIPOS SON: (HERNÁNDEZ, 2003)

- Aspectos externos que limitan la habilidad del conductor para operar el camión y que afecta la tasa de producción, incluyendo días de fiestas, eficiencia del cargador, entre otras.
- Disponibilidad del camión al ponerlo a trabajar, incluyendo, eficiencia mecánica y utilización.
- Productividad, la cual envuelve al elemento humano y condiciones atmosféricas.
- Lluvias tormentas, neblina densa o severos extremos de temperatura no solamente pueden alterar el tiempo del ciclo, sino la habilidad de operar.
- Elemento humano, depende de las condiciones físicas y estado de ánimo del operador y varía de tiempo en tiempo y de área en área.
-

2.3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PROYECTOS MINEROS (HERNÁNDEZ, 2003)

El análisis económico de un proyecto de inversión tiene por objeto el estudio de la evolución de los resultados de la empresa y la rentabilidad de los capitales empleados.

La evaluación económica constituye una herramienta muy importante para la toma de dediciones, aunque no exclusiva, ya esta debe considerar los aspectos técnicos, de mercado, de riesgo y ambientales.

El análisis económico se efectúa manejando el modelo económico del proyecto, que está constituido por la sujeción temporal de flujos de fondos (positivos o negativos) que determinan el posible atractivo económico del proyecto. Para que el análisis económico sea completo es preciso considerar el valor temporal del dinero, dada la ocurrencia de flujos de caja en distintos períodos.

El marco teórico está estructurado en dos (2) áreas principales de la minería: la economía minera y el estudio de proyectos.

2.3.7.1. ECONOMÍA MINERA

Es la aplicación de los conceptos y principios económicos a la extracción minera. Las condiciones de aplicación de las dichas teorías se ven particularizadas debido a que los proyectos mineros presentan características especiales, las cuales son:

- Los recursos minerales son del tipo no renovable, por lo cual tienen una vida establecida en función de las reservas y ritmo de producción.
- La ubicación aleatoria de los depósitos con respecto a la infraestructura básica y servicios. En otras palabras, el desarrollo de la mina debe realizarse en el lugar donde se encuentra el mineral.
- El capital a invertir para el inicio del proyecto es elevado.

2.3.7.2. ESTUDIO DE PROYECTOS

Para llevar a cabo la valoración económica de los proyectos existen diferentes métodos que pueden clasificarse en dos (2) grandes grupos, según tengan en cuenta o no el valor temporal del dinero.

2.3.7.3. COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS (Hernández, 2003)

Para la toma de decisiones de forma correcta, es necesario considerar todas las alternativas posibles y capaces de alcanzar el objetivo deseado y asociar a cada una de ellas el flujo monetario que ocurre durante su periodo de vida. Una vez realizado se requiere la utilización de un índice de evaluación o base de comparación que facilite la elección entre ellas.

En ingeniería económica se usa una diversidad de métodos para evaluar las alternativas de inversión. En relación con cada una, hay una cifra de comparación y una regla de decisión que se usan para jerarquizar las alternativas.

Para efectuar la comparación de alternativas económicas de inversión en proyectos que realizan la misma función, generalmente, se realizan los siguientes pasos:

- Definir el conjunto de alternativas mutuamente excluyente y económicamente factibles.
- Definir el horizonte temporal y los perfiles de flujo efectivos de cada una de las alternativas.
- Especificar el valor del dinero en el tiempo que se va a utilizar.
- Comparar las alternativas.
- Elegir la mejor alternativa.

Los indicadores más comúnmente utilizados para la toma de decisiones en la comparación de alternativas, que determinan la factibilidad económica y eficiencia financiera son:

- El Valor Presente (VP).
- El Valor Futuro (VF).
- El Costo Anual Equivalente (CAE).
- La Tasa Interna de Retorno (TIR).
- El Periodo de Recuperación de Capital.
- La Relación Beneficio/Costo.
- El Valor Presente Neto, etc.

Siendo los primeros tres (3) utilizados en la evaluación económica de proyectos que generan servicios, y los últimos cuatro (4) utilizados en la evaluación de proyectos que generan ingresos.

En todo proyecto se encuentra que existen dos (2) corrientes de dinero bastante importantes como lo son los costos y los ingresos. Para efectos de realizar el presente Análisis Comparativo de las Inversiones, solo se tomará la corriente de adquisición de bienes (costos) que implica la inmovilización de fondos durante un período de tiempo, permitiendo hallar la inversión inicial y cuál sería el monto uniforme que se tendría que ir invirtiendo cada año, durante toda la vida útil. Siendo así, utilizar para la Evaluación Económica dos (2) métodos: Valor Presente (VP) y Costo Anual Equivalente (CAE), siendo definidos a continuación.

2.3.7.3.1. VALOR PRESENTE (VP)

En este caso el punto de referencia es el instante cero, por lo tanto será necesario trasladar allí todos los costos anuales de cada una de las alternativas, a objeto de compararlas. El referido traslado debe hacerse tomando el momento de ocurrencia de los costos anuales y usando desde luego el criterio de valorización del dinero en el tiempo.

Se usa ampliamente en los trabajos de Ingeniería Económica. Es el equivalente al valor actual de los costos durante un intervalo de tiempo específico (horizonte de planeación “n”) con el descuento a una tasa de interés “i” establecida. (Hernández 2003)

Una de las varias expresiones algebraicas para el valor presente se muestra en la siguiente Ecuación (46):

$$PV = \sum_{j=0}^n A_j * \frac{1}{(1+i)^j} = \sum_{j=0}^n A_j * FVA_{j,n} \quad (46)$$

Valor Presente Neto.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

VP= valor presente. (S/.)

A_j= pago (costo) en el año j. (S/.)

i = tasa de interés. (%)

n = número de período. (años)

FVA_{j,n}= factor de valor actualizado de un sólo pago = $\frac{1}{(1+i)^n}$

2.3.7.3.2. COSTOS ANUALES EQUIVALENTES (CAE)

Es la serie uniforme de “n” pagos periódicos, equivalentes al valor presente a la tasa de interés “i”.

Para llevar a cabo este análisis se debe obtener todos los costos anuales de cada una de las alternativas, a fin de poder comparar entre ellas, se puede expresar de la siguiente forma Ecuación (47).

$$CAE = VP * fr_{C,i,n} \quad (47)$$

Costo Anual Equivalente.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

CAE= costo anual equivalente (S/.)

VP= valor presente. (S/.)

i= tasa de interés. (%)

n= número de períodos. (Años)

fr_{C,i,n}= factor de recuperación de capital = $\frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$

Los métodos que se tomaron en cuenta son importantes para evaluar proyectos que generen inversión o costos. Estos ayudan a tomar una decisión sobre cuál es la alternativa en la que se debe invertir.

El método de Valor Presente (VP) de los costos es un indicador que permite traer al Valor Presente los costos de las alternativas para analizarlos se debe considerar un costo de oportunidades (tasa de interés), la empresa Shougang Hierro Perú S.A.A. utiliza una tasa de interés de 12%. La alternativa que presente menor VP debe seleccionarse, mientras que los Costos Anuales Equivalente CAE es un indicador que solo involucra los costos del proyecto, realizar los cálculo a partir del VP, la tasa de interés y el número de periodos. Se debe escoger la alternativa de menor CAE. (Hernández, 2003).

2.4. SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

2.4.1. ACCIDENTALIDAD

El análisis de la accidentalidad en las cintas transportadoras de materiales a granel pone de manifiesto que se trata de aparatos que producen pocos accidentes, lo que se puede atribuir a la escasa presencia de operarios a pie de máquina y a la reducida tasa de manipulación en las mismas.

Igualmente se pone de manifiesto que, en su mayoría, los accidentes merecen la calificación de graves y dejan muy lamentables secuelas por incapacidades laborales permanentes debidas primordialmente a amputaciones, arrancamientos y desgarros musculares que inutilizan las extremidades superiores afectadas. También se constata que la mayoría de accidentes se producen por la manipulación directa de los operarios sobre partes de las cintas al intentar solucionar, sobre la marcha y sin parar, alguna anomalía en el funcionamiento (atascos, derrames, deslizamientos, etc.).

2.4.2. ACCIDENTES MÁS COMUNES

2.4.2.1. ATRAPAMIENTOS EN LOS TAMBORES

a. En el tambor de cola

Generalmente se actualiza al realizar operaciones de limpieza de las adherencias, de materiales pulverulentos o pastosos, en la superficie de los tambores lisos, o de incrustaciones de fragmentos duros en los intersticios de los tambores ranurados. En el primer caso se produce una desalineación de la banda y en el segundo se daña la banda por fatiga de la misma y por cortes y muescas que producen las aristas de los materiales incrustados. Para eliminar las adherencias que recrecen desigualmente el diámetro de tambor, los operarios, comúnmente con la cinta en marcha, aplican una barra metálica de forma tangencial al tambor y presionando fuertemente producen un rascado y la caída de las adherencias. En parecida forma suelen actuar para la eliminación de las incrustaciones de trozos duros en los intersticios de los tambores ranurados, golpeándolos con martillos o herramientas a fin de fragmentarlos.

Es evidente que estas operaciones de "limpieza" son muy peligrosas, puesto que se manipula generalmente en posturas incómodas y en espacios angostos a pequeña distancia de las zonas de riesgo, por lo que al mínimo descuido o falso movimiento se produce el atrapamiento de las manos del operario.

b. En el tambor de cabeza

En este tambor raramente se producen adherencias o incrustaciones de materiales. Los atrapamientos suelen presentarse al intentar arrojar productos granulados (arena), etc.), sobre el tambor para aumentar su poder de arrastre, cuando la cara interior de la banda y el tambor están mojados y la banda se desliza (goteo de material, lluvia, etc.), y también al intentar la limpieza de los rodillos de presión.

Figura II-14. La seguridad del trabajo con bandas transportadoras.



Fuente: Serie Sobre las Mejores Prácticas seguridad en fajas transportadoras.

2.4.2.2. CAÍDA DE PERSONAS

a. Desde la cinta

En muchas ocasiones las cintas discurren por encima de las propias instalaciones bien sea en posición inclinada o plana. Por ello en los casos de caída de personas, las lesiones producidas se ven agravadas por las consecuencias de las propias máquinas, o equipos sobre los que se precipita. Si bien es cierto que en las cintas transportadoras no suele existir puestos de trabajo fijos, no lo es menos que de forma periódica deben realizarse

Operaciones de mantenimiento que obligan al personal a efectuar recorridos en toda su longitud para vigilancia, engrase o sustitución de rodillos, y para tener acceso a los mecanismos de accionamiento que generalmente se sitúan en "cabeza".

Figura II-15. Cintas transportadoras careciendo de plataforma y de pasarela.



Fuente: Seguridad de bandas transportadoras Cesel S.A.C.

b. Sobre la cinta

Es también frecuente encontrarse con cintas que salen de fosos o que discurren a escasa altura del suelo y a través del piso o por el interior de zanjas quedando a nivel del suelo o ligeramente por debajo. El accidente se actualizará al precipitarse sobre la cinta, cuando ésta discurre en profundidad, o bien por una pérdida de equilibrio, cuando se intenta cruzar pisando sobre la cinta, estando en marcha.

2.4.2.3. CAÍDA DE MATERIALES

MATERIALES TRANSPORTADOS

Cuando las cintas transportadoras discurren en altura por encima de zonas de trabajo o de paso de vehículos o personas, debe prestarse especial atención a prevenir que la caída accidental de los fragmentos gruesos transportados pueda alcanzar a las personas, por la gravedad de las lesiones que se podrían causar con el impacto directo. Igualmente es preciso evitar la caída de las partículas de granulometría fina que, si bien con su impacto no pueden causar lesión, pueden dar lugar a acumulaciones en el piso, que en el mejor de los casos da sensación de suciedad y puede provocar caídas del personal por resbalones, etc.

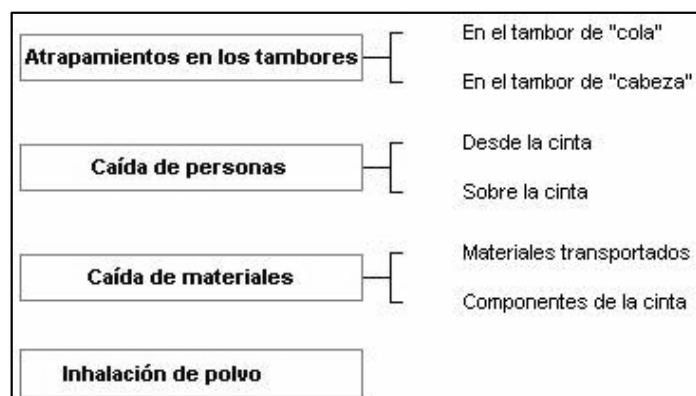
En aquellas zonas en que los vientos dominantes presentan fuerzas importantes deben tomarse medidas a fin de evitar que las bandas de cierta longitud sean desplazadas dando lugar a su caída y la del material transportado, así como a la aparición de esfuerzos que incluso pueden llegar a dañar la propia estructura de la cinta.

Los derrames en el recorrido de la cinta suelen ser debidos a: una excesiva inclinación de la cinta; una excesiva o irregular carga de la cinta; un ancho inadecuado de la banda; falta de tensión de la banda; adherencias de material húmedo o mojado a la banda; falta de potencia del motor; roturas en la banda transportadora, etc.

2.4.2.4. INHALACIÓN DE POLVO

En ocasiones los materiales transportados tienen un alto contenido de polvo, por lo que, tanto en la zona de recepción como en la de vertido, esto es cuando el material "está en el aire", se producen fuertes emisiones de polvo que pasan al ambiente. Igualmente ocurre durante el recorrido de la cinta, si está expuesta a la acción del viento.

La tabla II-15 indica una breve descripción generalizada de cuales pueden llegar a ser los accidentes más comunes en el manejo del sistema de transporte específicamente en el manejo de cintas transportadoras por lo que en la cual se debe de tomar muy en cuenta las recomendaciones en la traba y las indicaciones específicas.

Tabla II-15. Accidentes más comunes en bandas.

Fuente: Seguridad de bandas transportadoras Cesel S.A.C.

2.4.3. SISTEMAS DE PREVENCIÓN Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

2.4.3.1. FRENTE AL ATRAPAMIENTO EN LOS TAMBORES

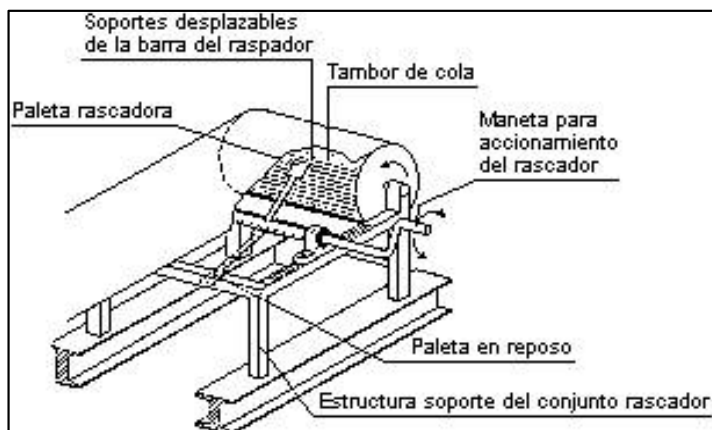
Debe impedirse la accesibilidad a los distintos elementos del tambor de cola, mediante el carenado del conjunto a base de rejilla metálica que permita la visión de la cinta.

Este carenado, además de cubrir los soportes de los tambores, los extremos de los ejes, chavetas, etc., debe prolongarse lateralmente un metro desde el tambor, a cada lado de la cinta.

Afin de reducir en lo posible las incrustaciones y adherencias, en el tambor de cola por goteo y materiales derramados deben establecerse una separación física entre el ramal de transporte y el de retorno a base de colocar un elemento de cubrición a lo largo de este último.

El cubrimiento debe abarcar también la máxima zona posible del sector de tambor comprendido entre las caras interiores de los dos ramales de la banda transportadora. No se considera suficiente la colocación de un elemento deflector y de rascado de la cara interior de la banda transportadora por cuanto, si bien se eliminan los fragmentos gruesos, es prácticamente imposible el evitar el paso del barrillo y de las partículas finas adheridas a la banda.

Instalar mecanismos que permitan realizar la operación de rascado del tambor a la cual este puede ser de manera manual como se observa en la figura II-16 que a voluntad del operario cuando se observe la formación de costras pueda manejarse adecuadamente y no complicar la operación. El accionamiento debe realizarse desde el exterior de la cinta sin necesidad de retirar la rejilla protectora.

Figura II-16. Sistema de rascador

Fuente: Seguridad de bandas transportadoras Cesel S.A.C.

2.4.3.2. FRENTE A LA CAÍDA DE PERSONAS

Las cintas que discurren elevadas o que ofrecen peligro de caída desde más de 2 metros de altura para el personal que debe circular por ellas o que deba situarse en ellas para realizar operaciones de mantenimiento, deberán disponer de plataformas de visita en las zonas de los tambores elevados y de pasarelas de visita a lo largo de los tramos elevados. Tanto las pasarelas como las plataformas de visita que se ven en la figura II-17, deben disponer de barandillas suficientemente resistentes y el piso, tanto si es continuo como si está formado por escalones, debe ser de material antideslizante ciego, ranurado o perforado y, en todo caso, debe permitir una fácil eliminación de las aguas y de las posibles acumulaciones de sedimentos, polvo, etc.

Figura II-17. Escalerilla de acceso y pasarela de mantenimiento e inspección.



Fuente: seguridad de bandas transportadoras Cesel S.A.C.

El cuerpo de la cinta transportadora debe quedar a media altura respecto al piso de la pasarela o plataforma de visita, a fin de que se pueda realizar con comodidad la inspección y mantenimiento de los rodillos que soportan el ramal de retorno de la banda. La separación existente entre el piso de la pasarela o de la plataforma y el cuerpo de la cinta debe ser protegido mediante barandilla o paneles resistentes que eviten la posible caída de personas por dicha parte interior.

El acceso a las pasarelas o plataformas de visita debe poder realizarse cómodamente a nivel del piso o bien a través de una escalerilla. Las aberturas en el piso, a través de las que discurren cintas, deben ser amplias y disponer de barandillas que cierren todo su perímetro.

Deben disponerse pasos elevados o inferiores fijos o móviles, según convenga, para facilitar la circulación del personal, estableciendo barreras que impidan el paso si no es utilizando los puntos dispuestos al efecto. Tanto las pasarelas como las escalerillas de acceso deben estar provistas de barandillas.

Las cintas que discurren a nivel del suelo o por debajo de él deben tener las aberturas (fosos) protegidas mediante barandillas o cubiertas con elementos suficientemente resistentes, en función del tipo de circulación que deban soportar.

2.4.3.3. FRENTE A LA CAÍDA DE MATERIALES

Cuando la alimentación a la cinta es irregular y con aportaciones puntuales que determinan la formación de montones sobre la banda, debe instalarse a la salida del tolvin algún elemento de tipo fijo y oscilante cuyo cometido sea el de esparcir o extender los montones a fin de evitar derrames posteriores. Igualmente, para regular los desfases en producción de distintos elementos consecutivos, es aconsejable introducir entre estos elementos un tolvin u otro elemento capaz de absorber y regular las diferencias de flujo.

En los tramos en que las cintas discurren sobre áreas de trabajo o de circulación, deben adoptarse medidas muy estrictas para evitar caída de materiales, especialmente si son de granulometría gruesa:

- Instalando encauzadores ajustados a la parte superior de la banda, que retengan los ocasionales fragmentos rodantes que se presenten.
- Carenando totalmente el tramo de cinta de forma que los posibles derrames queden retenidos en el interior.
- Disponiendo debajo de la cinta paneles de recogida, instalados con pendiente suficiente para que los derrames puedan ser encauzados y vertidos directamente en zonas no conflictivas.

En las zonas afectadas por fuertes vientos y con instalaciones al aire libre deben colocarse puentes de pletinas metálicas abrochadas al propio bastidor de la cinta para retener la banda y que no pueda ser desplazada.

El contrapeso de las estaciones automáticas de tensión de la banda debe tener instalado un sistema que no permita la caída libre del mismo. En los casos en que el contrapeso quede situado a poca altura del suelo debe colocarse una pantalla en todo el perímetro de la vertical del contrapeso, que impida el paso del personal por dicha zona.

Las cintas de altura regulable, en las que el sistema de elevación es el que las mantiene en posición, deben dotarse de un dispositivo mecánico que conserve a la cinta en posición, evitando su desplome, si se produjera la rotura o fallo del propio sistema de elevación. Una posible solución para los sistemas de cable es la colocación de una pletina metálica, que se fija al bastidor de la cinta mediante un perrillo.

2.4.3.4. FRENTE A LA INHALACIÓN DE POLVO

Carenar la zona de recepción y de vertido instalando un sistema de extracción localizada cuyos volúmenes de captación deben canalizarse y someterse a un sistema de depuración. En los casos de exposición al viento será suficiente con el carenado del transportador.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Las variables son valores distintos que se refiere a una cualidad, característica de un estudio que varía de uno a otro en diferentes momentos. Las principales podemos citar a continuación:

Variable independiente.- explica, condiciona o determina el cambio en los valores de la variable dependiente se llama también causal o experimental porque es manipulada por el investigador.

Variable dependiente.- es el fenómeno o situación explicada que es afectado por la presencia o acción de la variable independiente, también se llama efecto o acción a condicionada.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Se especifica en el siguiente cuadro.

Cuadro III-1: Sistema de variables e índices.

VARIABLES	ÍNDICES
Variable Independiente: Tramo Staker a Transferencias de la mina Shougang Hierro Perú S.A.A.	- Topografía del tramo. - Longitud de la línea. - Ambiente del lugar. - Tipo de material a transportar.
Variable Dependiente: Implementación del transporte continuo del mineral	- Costos. - Tiempos. - Granulometría del mineral. - Rendimiento del a banda transportadora. - Capacidad de transporte.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

- Implementando un transporte continuo de mineral en el tramo Staker a Transferencias de la mina Shougang Hierro Perú S.A.A. lograremos un eficiente técnico y económico en el transporte de mineral.

3.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO

- Con la implementación del transporte continuo en el Tramo Staker a Transferencias se obtendrá una mayor y mejor eficiencia en la actividad realizada.
- Con la optación de este tipo de transporte se lograra una mejora tanto en rendimiento y disponibilidad mecánica del transporte para su mantenimiento.

- Con la implantación de transporte continuo con bandas transportadoras también se minimizará los costos que se originan al realizar dicha actividad como en el transporte de mineral y mano de obra.

3.4. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo, cuasi experimental y aplicativo para la COMPAÑÍA MINERA SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A. en el tramo Staker-Transferencias.

3.4.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Método general: análisis y comparación.

Método específico: observación y medición.

En la presente investigación se empleará el método descriptivo – cuasi experimental, para lo cual el objetivo es el estudio del lugar donde se instalará la faja transportadora y así logre incrementar la eficiencia y reducción de costos para dicho transporte del mineral de esta empresa.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio este trabajo de Tesis está comprendida por la Mina Shougang Hierro Perú S.A.A., la cual se encuentra limitada por el Mar por el Norte, Sur y Oeste. Por la parte Este está delimitado por la mina. La muestra está representada en el sector Staker y Transferencias en la parte Sur de la planta San Nicolás de dicha mina.

3.6. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Los trabajos comprenderán la ejecución de la investigación en campo, pruebas en laboratorio y trabajo de gabinete.

En campo se realizarán las siguientes actividades:

- Revisión y análisis de información disponible.
- Factores que afectan la buena disponibilidad mecánica y las condiciones de transporte.
- Recopilación de la información adicional (planos, informes, etc.), de interés para el estudio.
- Verificación del lugar adecuado para la instalación de la faja transportadora.
- Verificar la topografía del terreno donde se implementara la faja transportadora.

En gabinete se llevará a cabo lo siguiente:

- Revisión de la literatura especializada e información concerniente los trabajos de fajas transportadoras.
- Elaboración de planes de trabajo, referentes a los detalles prácticos de la ejecución de estudio.
- Procesamiento y análisis de la información registrada en el campo

- Comparación de costos de transporte antes y después de la investigación.
- Redacción de la tesis.

3.7. MATERIAL DE INVESTIGACIÓN

3.7.1. PRUEBAS DE ENTRADA PROCESO Y SALIDA DE LA INVESTIGACIÓN

Las pruebas realizadas serán las siguientes:

- Evaluación del tipo material para el transporte.
- Determinación del equipo apropiado.
- Evaluación de las características de fajas transportadoras que se utilizaran.
- Determinación de los costos unitarios para la instalación de dicha faja transportadora.
- Monitoreo del rendimiento de los equipos.
- Evaluación de resultados en campo.

3.7.2. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Para el procesamiento de análisis de datos se recurrirá a la presentación de tablas en formatos y uso de paquetes informáticos.

Los datos a recopilar básicamente serán los siguientes:

- Producción mensual y anual.
- Equipos de transporte que cuenta dicho frente de trabajo.
- Longitud de transporte.
- Equipos de acarreo disponibles.
- Rendimiento de los equipos de transporte en dicho tramo.
- Eficiencia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta parte se determinarán los resultados obtenidos en el cálculo y diseño de los parámetros de la banda transportadora y el número de camiones. Para ello se darán a conocer todos los elementos que intervienen en ellos con la finalidad de realizar un análisis de cada uno de los mecanismos que componen la banda y los camiones.

4.1.1. DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para el diseño de la banda utilizada en la operación de acarreo del mineral en el tramo Staker a transferencias de la mina Shougang Hierro Perú S.A.A, se emplearán las fórmulas matemáticas encontradas en el Capítulo II.

Para el desarrollo de los resultados es conveniente alcanzar la metodología planteada en las anteriores definiciones de este capítulo:

A continuación se presentan las características del mineral proveniente de la actividad extractiva del área de implementación de la banda transportadora.

4.1.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para lograr el diseño correcto de una banda transportadora se comienza con evaluar las características del material a transportar: densidad del material (γ), ángulo de reposo (φ), ángulo de sobrecarga (β), ángulo máximo de inclinación (α), temperatura, entre otros.

4.1.1.1.1. MATERIAL A TRANSPORTAR

El mineral proveniente de las chancadoras primarias, generalmente posee una litología diversa, es decir, intercalaciones monótonas de minerales de magnetita, hematita, cuarzos como consecuencia del mezclado que se efectúa durante las labores de arranque en los frentes de trabajo de la mina. La granulometría puede llegar a ser muy heterogénea, sobre todo en los sectores donde se ejecutan actividades de perforación y voladura, que pueden generar bloques de grandes dimensiones, los cuales se reducen de tamaño, en las chancadoras primarias teniendo un diámetro promedio de 7 pulgadas, para luego ser acarreados por banda transportadora.

4.1.1.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES

Dichas propiedades se determinaron a partir de estudios efectuados sobre los minerales a acarrear en la zona de implementación de la banda transportadora en la mina Shougang Hierro Perú S.A.A. En función de los criterios establecidos por la Gerencia de Ingeniería de Mina, a través de la Superintendencia de Geología; se considera que las propiedades del mineral que será acarreado en dicho tramo de implementación no presentarán discrepancias significativas que requieran de la realización de nuevos estudios con este. El cuadro IV-1, ilustra las características geomecánicas del mineral.

Cuadro IV-1: Características geomecánicas del mineral a transportar.

Densidad banco (ton/m ³)	Densidad Suelto (ton/m ³)	Factor de Esponjamiento	Factor de Compactación	Ángulo de Reposo	Temperatura (°C)	Abrasividad del material
2,80	2,40	1,80	1,53	37°	40	muy abrasivo

Fuente: Departamento de geología Shougang Hierro Perú S.A.A.

4.1.1.1.3. **ÁNGULO DE REPOSO (ϕ), ÁNGULO DE SOBRECARGA (β) Y FLUIDEZ DEL MATERIAL**

De acuerdo a las características del material a transportar, el ángulo de reposo (ϕ) se encuentra en el rango entre 35°–39° de acuerdo a las características del material ilustrado en la Tabla II-1 pág. 16, capítulo II; sin embargo, el ángulo de reposo empleado por la empresa, para transportar el mineral con cinta es de 37° por un factor de seguridad de 0,85; dando un ángulo de reposo (ϕ) de 32° estos datos es según el departamento de ingeniería Shougang Hierro Perú S.A.A. Valor que se encuentra dentro de la información técnicas, tomándolo como referencia para los cálculos del diseño de la banda; mientras que el ángulo de sobrecarga y la fluidez del material se extraen de la Tabla II-1 pág.16 Capítulo II Marco teórico.

Dentro del rango 35°-39° ángulo de reposo sin factor de seguridad, ángulo de sobrecarga 25°, fluidez del material media y características del material (típicos comunes mayor parte de minerales).

4.1.1.1.4. **ÁNGULO MÁXIMO DE INCLINACIÓN (α)**

El ángulo de inclinación a utilizar para los rodillos es de 35°, de acuerdo a la capacidad de carga y para ganar un mayor control sobre el derrame del material especialmente de grueso, este se encuentra en el rango entre 150-175mm. Estos datos fueron proporcionados por el departamento de ingeniería geológica de la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

4.1.1.1.5. **MÁXIMO TAMAÑO DE GRANO A TRANSPORTAR**

Por ser este valor importante para la selección del ancho de la banda se realizara un estudio en campo del tamaño máximo del mineral a acarrear, resultando ser de aproximadamente de tamaño máxima de 175mm. En el cuadro IV-2 da un resumen sobre las características del material a transportar y la cinta.

Cuadro IV-2: Características del material a transportar y la cinta

Ángulo de reposo	Ángulo de Sobrecarga	Ángulo máximo de los rodillos	Fluidez del Material	Tamaño máximo del material (mm)
32°	25°	35°	Media	175

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.1.6. **CAPACIDAD DE CARGA**

La secuencia del transporte de mineral en la zona se define mediante un transporte secundario que parte de un transporte primario que pasa por la zona llamado Staker la cual ya viene con granulometría establecida

desde las chancadoras, para ello realizaremos un transporte secundario hacia la zona de transferencia a través de bandas transportadoras. Mediante datos proporcionados por la Gerencia de Ingeniería de Mina de Shougang Hierro Perú S.A.A, el área de la zona requiere transportar un total de 19'000,000.00 toneladas de mineral por año.

En el cuadro IV-3 se observa la demanda del año 2016.

Cuadro IV-3: Evaluación del área de transporte.

Año	2016	TOTAL
toneladas	19'000,000	19'000,000

Fuente: Gerencia de Ingeniería de Mina de Shougang Hierro Perú S.A.A

Del cual se tiene previsto transportar el mineral con la cinta transportadora un total de 19'000,000 toneladas ver cuadro IV-4:

Cuadro IV-4: Cálculo de la producción total a transportar con banda transportadora.

Acumulación anual del mineral (toneladas)
19'000,000

Fuente: Elaboración propia.

Conocida las características del material y la producción total a acarrear con la banda, se procede a realizar un diseño de ésta para conocer las longitudes.

4.1.1.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA BANDA TRANSPORTADORA

El diseño de la banda transportadora se inicia con un modelo preliminar para posteriormente por medio de los cálculos reafirmar que el diseño propuesto cumpla con las condiciones requeridas por la empresa.

Trazado

Para el estudio de la alternativa se ha tomado como base un trazado que resulta transversal a la vía de acceso principal (Figura IV-1 pág. 78). Este recorrido consta de un tramo que suma una longitud total de 320m, comenzando desde la cota 76, lugar de alimentación del material y finalizando en la cota 56, punto de descarga donde la diferencia de altura es de 20m, y la pendiente es de 6.25% de acuerdo al siguiente ecuación (48).

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{diferencia de cota}}{\text{longitud total}} * 100 \% \quad (48)$$

$$\% \text{pendiente} = \frac{20 \text{ m}}{320 \text{ m}} * 100\%$$

$$\% \text{pendiente} = 6.25 \%$$

La longitud y la diferencia de cota del tramo de la banda transportadora se muestran en el cuadro IV-5:

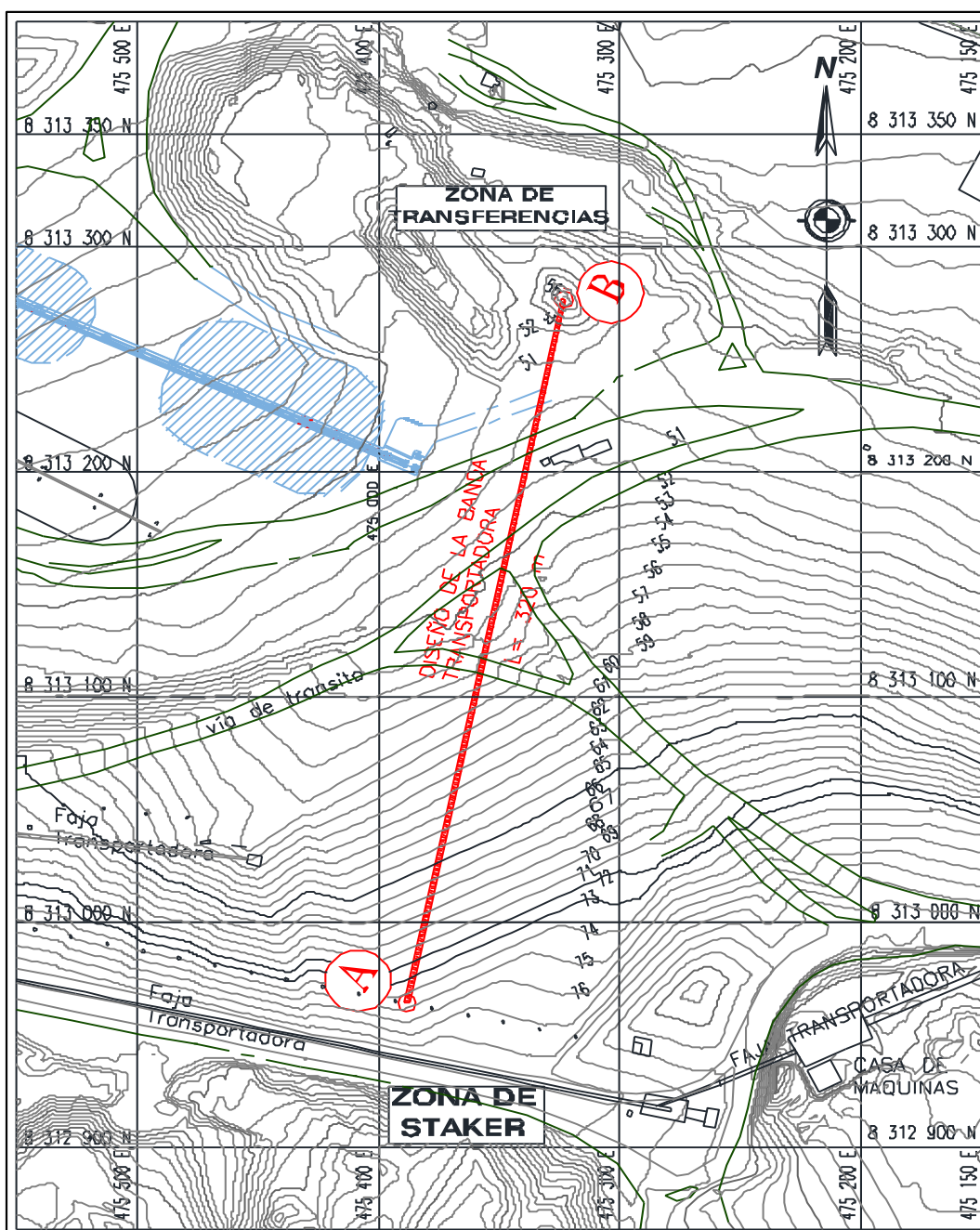
Cuadro IV-5: Longitud de la cinta transportadora.

Tramo inclinado	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Diferencia de cota (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)
A-B	76	56	20	320	6.25

Fuente: Elaboración propia.

El tramo de la banda transportadora solo tendrá una cabeza motriz y una cola con un tensor de banda y poleas guía y con sus respectivos accesos para facilitar el mantenimiento del mismo.

Figura IV-1: Trazado de la banda transportadora.



Fuente: Gerencia de Ingeniería de Mina de Shougang Hierro Perú S.A.A y arreglos propios.

Obtenido el diseño de la banda transportadora y sus longitudes se definió la trayectoria total, longitud de tramo inclinado y ángulo de inclinación por medio de las ecuaciones matemáticas propuestas por (Hinojosa, 2002) en el Capítulo II Marco Teórico. A continuación se muestran estos resultados:

4.1.1.3. TRAYECTORIA DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para el cálculo de la longitud total de la banda inclinada (L_i), se realiza el siguiente procedimiento.

4.1.1.3.1. LONGITUD HORIZONTAL DEL TRAMO (L_h)

Se calcula teniendo en cuenta las coordenadas de los puntos de inicio de la banda transportadora y el punto de descarga, se obtuvo el siguiente resultado.

Las coordenadas del punto A y B se fueron proporcionado por la gerencia de ingeniería de mina Shougang Hierro Perú S.A.A. los cuales se ven en el cuadro:

Cuadro IV-6: coordenadas de los puntos de inicio y fin de la banda transportadora.

PUNTOS	NORTE	ESTE
A	8312964.24	475388.17
B	8313276.72	475323.22

Fuente: Gerencia de Ingeniería de Mina de Shougang Hierro Perú S.A.A.

Para el cálculo de la longitud horizontal se realizó el uso de la siguiente ecuación (49).

$$L_h = \sqrt{(Y_1 - Y_2)^2 + (X_1 - X_2)^2} \quad (49)$$

Donde:

L_h = longitud horizontal de la banda (m)

Y_1 = coordenada del punto A en Norte (m)

Y_2 = coordenada del punto B en Norte (m)

X_1 = coordenada del punto A en Este (m)

X_2 = coordenada del punto B en Este (m)

Posteriormente se calcula la longitud horizontal como sigue:

$$L_h = \sqrt{(8,312,964.24m - 8,313,276.72m)^2 + (475,388.17m - 475,323.22m)^2}$$

$$L_h = \sqrt{97,643.75m^2 + 4,218.50m^2}$$

$$L_h = 319.158 \text{ m}$$

$$L_h = 320 \text{ m}$$

4.1.1.3.2. LONGITUD DEL TRAMO INCLINADO (L_i)

Para obtener esta longitud se debe conocer la altura de elevación del tramo inclinado, la cual es de 20 metros en el tramo A-B. Utilizando la Ecuación (2) pág.18, se obtuvo el siguiente resultado:

$$L_i = \sqrt{(-20.00 \text{ m})^2 + (320.00 \text{ m})^2}$$

$$L_i = \sqrt{400.00 \text{ m}^2 + 102,400.00 \text{ m}^2}$$

$$L_i = 320.62 \text{ m}$$

4.1.1.4. ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA BANDA (θ)

Es el ángulo que se requiere para evitar que deslice el material en la banda, se puede adquirir con la Ecuación (3) pág.18: se tiene el siguiente resultado.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{20.00 \text{ m}}{320.62 \text{ m}} \right) = 3.57^\circ$$

Los siguientes resultados darán a conocer los parámetros de la banda transportadora para transportar el mineral en dicho tramo de la mina; de acuerdo a los cálculos antes mencionados.

4.1.1.5. ANCHO DE LA BANDA

Para determinar el ancho de la banda transportadora se tomará en cuenta la Tabla II-2 pág. 20, Catálogo de Goodyear (1975) para fragmentos de un tamaño máximo de 175mm (7") resultando un ancho de banda de 900mm (36").

4.1.1.6. VELOCIDAD DE LA BANDA

Para obtener la velocidad requerida por la banda se utilizó la Tabla II-3 pág. 21, tomando en cuenta la densidad del material y el ancho de la misma. De acuerdo a estos parámetros la velocidad recomendada por Goodyear (1975), es de 2.24m/s.

4.1.1.7. CAPACIDAD MÁXIMA DE TRANSPORTE

La capacidad real de la cinta debe calcularse de la siguiente manera:

- Área de la sección transversal que carga sobre la banda, para rodillos en terna, se obtiene por medio de las Ecuaciones (6) y (7) pág.22 utilizando los datos del ancho de la banda que es 0.90 m y los datos del cuadro IV-2 pág. 68:

$$b = (0.90 * 0.90 \text{ m}) - 0.05 = 0.76 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{4} * (0.76 \text{ m})^2 [\tan(32^\circ) + 0.75 \tan(35^\circ)] = 0.17 \text{ m}^2$$

- Conocida el área y la velocidad se procede a calcular la capacidad volumétrica con la Ecuación (10) pág.24. obteniendo el siguiente resultado.

$$Q_v = 3,600 * 0.17m^2 * 2.24 m/s = 1,370.88 m^3/h$$

- Para la capacidad de transporte en ton/h se utilizó la Ecuación (11) pág. 24.

$$Q_t = 2.40 ton/m^3 * 1,370.88m^3/h = 3,290.112 ton/h$$

4.1.1.8. FUERZAS EN LA BANDA

Estas fuerzas dependen a su vez de unos factores llamado coeficiente de fricción de las partes móviles “f”, siendo el valor estándar de 0,012 de acuerdo a la tabla II-4 pág. 26 para Transportadores descendentes que requieren frenado por medio de motor.

$$f = 0.012$$

Según las normas DIN 22101, se emplea un coeficiente “C” variable con la longitud de la cinta, el cual se puede obtener con la Ecuación (12) pág.26:

$$C = 15.90 * 320^{-0.61} + 0.77 = 1.24$$

Peso de las partes móviles de la banda

Este valor puede ser calculado con la Ecuación (13) pág. 27, comprende espaciamiento entre los rodillos, peso de los rodillos superiores y de retorno, así como el peso de la cinta se utilizara las Tablas II-5 pág.28, II-6 pág.29 y II-7 pág.29.

$$G = 2.00 * 16.50 kg/m + \frac{16.00kg}{1.00m} + \frac{16.00kg}{3.00m} = 54.33kg/m$$

Fuerzas para mover la banda en vacío y sus componentes

La fuerza necesaria para mover la cinta y los componentes móviles que giran por ella, sin material o carga, se obtiene con la Ecuación (14) pág.30:

$$F_1 = [1.24 * 0.012 * 320m * 54.33kg/m] * 9.80 m/s^2 = 2,535.24 N$$

Fuerza para desplazar el material horizontalmente

Esta fuerza se puede adquirir con la Ecuación (15) pág.30:

$$F_2 = \left[\frac{1.24 \cdot 0.012 \cdot 320 \text{ m} \cdot 3,290.112 \text{ ton/h}}{3.60 \cdot 2.24 \text{ m/s}} \right] + 9.80 \text{ m/s}^2 = 1952.53 \text{ N}$$

Fuerza para elevar o bajar el material

Se determina mediante la Ecuación (16) pág.30:

$$F_3 = \left[\frac{20 \text{ m} \cdot 3,290.112 \text{ ton/h}}{3.60 \cdot 2.24} \right] \cdot 9.80 \text{ m/s}^2 = 8169.80 \text{ N}$$

4.1.1.9. POTENCIAS EN LA BANDA

La potencia requerida para accionar la banda transportadora está compuesta por las siguientes potencias:

Potencia adicional por guía de carga

Esta potencia adicional se adquirió por medio de la Ecuación (17) pág.31:

$$P_s = 0.08 \cdot 2.24 \text{ m/s} \cdot 320.00 \text{ m} = 57.34 \text{ kw}$$

Potencia teórica

La potencia teórica es la suma de las fuerzas necesarias para transportar el material, se obtiene con la Ecuación (18) pág.31:

$$P = \frac{[2,535.24 + 1,952.53 + 8,169.8] \text{ N} \cdot 2.24 \text{ m/s}}{1,000.00} + 57.34 \text{ kw} = 85.69 \text{ kw}$$

Potencia del motor

La potencia del motor requerida se obtuvo con la Ecuación (19) pág.33, la tabla II-8 pág. 32 y el enunciado de la potencia del motor donde la eficiencia del motor es 95%:

$$P_m = \frac{85.69 \text{ kw}}{0.95 \cdot 0.93} = 96.99 \text{ kw}$$

4.1.1.10. TENSIONES EN LA BANDA**Tensión efectiva**

Conocida la potencia total que se debe aplicar al tambor motriz, la tensión efectiva puede calcularse con la Ecuación (20) pág.34:

$$T_e = \frac{1,000.00 * 85.69kw}{2.24m/s} = 38,254.46N$$

Tensión en lado apretado T_1

Para precisar la cantidad de tensión necesaria en el lado apretado se utiliza la Ecuación (21) pág. 34, la cual a su vez requiere de la Ecuación (22) pág. 34:

El valor de “m” se puede estimar con la Ecuación (21) pág.34 y la Tabla II-9 pág.35.

$$m = 1.00 + \left[\frac{1}{e^{0.40 * 230 * \frac{\pi}{180.00} - 1.00}} \right] = 1.25$$

Luego se desarrolla la Ecuación (21) pág.34.

$$T_1 = 38254.46N * 1.25 = 47,818.08N$$

Tensión en el lado flojo T_2

La tensión T_2 se resuelve por medio de la Ecuación (24) pág.36:

$$T_2 = 47,818.08N - 38,254.46N = 9,563.62N$$

Tensión en el retorno de la banda T_3

La tensión T_3 se conoce como tensión en el retorno y se puede determinarse por medio de la Ecuación (25) pág.36 para lo cual se utilizó las tablas II-5 pág. 30, II-6 pág. 29 y II-7 pág. 29:

$$T_3 = 1.24 * 0.012 * 320m \left[16.50kg/m + \frac{16kg}{3.00m} \right] * 9.8m/s^2 + 9,563.62 N$$

$$T_3 = 10,582.44 N$$

Tensión del contrapeso T_{cp}

El valor de la tensión del contrapeso puede proponerse de acuerdo a la ubicación del dispositivo tensor del mismo, para ello se procede a utilizar la Ecuación (26) pág.37 que indica el lugar donde se encuentra el contrapeso, para nuestro caso el contrapeso se ubicara cerca del grupo motriz.

$$T_{cp} = 2.00 * 9,563.62N = 19,127.24 N$$

Tensión debido al peso de la banda en una pendiente

El peso de la banda transportadora inclinada provoca una tensión en la parte superior de la pendiente. Esta fuerza se obtiene con la Ecuación (28) pág.37: y se obtuve el siguiente resultado.

$$F_{banda} = 16.50kg/m * 20.00m * 9.80m/s^2 = 3,234.00N$$

Tensión mínima T_0

Para evitar ondulaciones en la banda se procurar que en ningún punto de la banda se obtenga una tensión inferior a la tensión mínima T_0 , la misma es estimada por la Ecuación (29) pág.38 en conjunto con la Ecuación (30) pág.38 como se muestra:

Donde:

M_{pm} = es la carga del material por metro de banda y es determinado con la Ecuación (30) pág. 38:

$$M_{pm} = \frac{3,290.11 \text{ ton/h}}{3.60 * 2.24m/s} = 408.00kg/m$$

Y luego con la ecuación (29) pág. 38 se procede a calcular la tensión mínima.

$$T_0 = \frac{1.00(16.5kg/m + 408.00kg/m)}{8 * (0.02)} * 9.80m/s^2 = 26,000.63N$$

Tensión de trabajo unitaria T_u

La tensión de trabajo unitaria es la máxima tensión a la que estará sometida la cinta transportadora por mm de ancho de banda. Esta se determina mediante la Ecuación (31) pág.39:

$$T_u = \frac{47,818.08N}{1,000.00 * 0.9m} = 53.13N/mm$$

En el siguiente cuadro IV-7 de la siguiente pagina ilustraremos en resumen general de los calculos de la banda transportadora en el tramo A-B.

Cuadro IV-7: Cálculos de la banda transportadora tramo A-B.

Parámetros calculados	Nomenclaturas	Resultados
Densidad del material (ton/m ³)	g	2.40
Ángulo de reposo (°)	φ	32.00
Ángulo de inclinación de los rodillos (°)	α	35.00
Temperatura (°C)	T	40.00
Longitud de la banda transportadora tramo A-B (m)	L	321.00
Peso de la banda (kg/m)	G _b	16.50
Espaciamiento entre los rodillos superiores (m)	S ₁	1.00
Espaciamiento entre los rodillos inferiores (m)	S ₂	3.00
Ancho de banda (m)	B	0.90
Área de la sección (m ²)	A	0.17
Capacidad volumétrica (m ³ /h)	Q _v	1,370.88
Capacidad de transporte (ton/h)	Q _t	3,290.11
Velocidad (m/s)	v	2.24
Coeficiente de fricción	f	0,012
Coeficiente variable con la longitud de la cinta	C	1.24
Peso de las partes móviles (kg/m)	G	54.33
Fuerza para mover la banda y sus componentes (N)	F ₁	2,535.24
fuerza para desplazar el material horizontalmente (N)	F ₂	1,952.53
Fuerza para desplazar el material verticalmente (N)	F ₃	8,169.80
Potencia adicional por guía de carga (Kw)	Ps	57.34
Potencia teórica (Kw)	P	85.69
Potencia del motor (Kw)	P _m	96.99
Tensión efectiva (N)	T _e	38,254.46
Coeficiente de accionamiento	m	1.25
Tensión en el lado apretado (N)	T ₁	47,818.08
Tensión en el lado flojo (N)	T ₂	9,563.62
Tensión en el retorno de la banda (N)	T ₃	10,582.44
Tensión del contrapeso (N)	T _{cp}	19,127.24
Carga del material por metro de banda (Kg/m)	M _{pm}	408.00
Tensión mínima (N)	T ₀	26,000.00
Tensión de trabajo unitaria (N/mm)	T _u	53.13

Fuente: Elaboración propia.

Los cuadros IV-8 y IV-9 mostradas a continuación resumen las especificaciones técnicas y el tipo de banda transportadora en función del material.

En el cuadro IV-8 expresa los resultados obtenidos en el diseño de la banda transportadora de forma general:

4.1.2. ESPECIFICACIONES TEÓRICAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Cuadro IV-8: Especificaciones de la banda transportadora.

Material transportado	mineral de hierro(hematita, magnetita)	
Intervalo de temperatura	40°C	
Tamaño máximo de partícula	175mm	
Distribución del tamaño de partícula	40% de fino y 60% de grueso	
Densidad del material	2,40ton/m ³	
Abrasividad del material	Muy abrasivo	
Área de la sección	0.17m ²	
Capacidad	3290.11ton/h	
Velocidad	2,24m/s	
Distancia total	321.00m	
Altura de elevación tramo A-B, H	20.00m	
Ancho de banda	0.90m	
Distancia entre los rodillos	Superior: 1,00m	Inferior: 3,00m
Ángulo de inclinación tramo A-B	3.57°	
Peso de la cinta	16.50kg/m	
Potencia instalada	96.99kw	
Tensión requerida	53.00N/mm	

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro IV-9 se especifica qué tipo de banda que se requiere, el número de capas, cobertura inferior y superior, resistencia entre otros elementos se obtuvo de la tabla II-10 pág. 40.

4.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE BANDA EN FUNCIÓN DEL MATERIAL

Cuadro IV-9: Tipo de banda en función del material.

Banda transportadora	3/8" – 5/8" ST /54 hilos ST4000 x 35"		
Tipo de banda	ST4000		
Ancho de banda	35" = 900 mm		
Tipo de carcasa	Cables de acero		
Resistencia de la banda (N/mm)	>100		
Número de hilos de la carcasa	54 hilos		
Cobertura superior (mm)	5/8" = 15 mm		
Cobertura inferior (mm)	3/8" = 8 mm		
Poleas (mm)	Motriz:1250	Cola y tensora:1000	Curva: 800

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar con la evaluación realizada en la banda transportadora se ilustra mediante los cuadros IV-10 y IV-11 siguientes, un resumen de la cantidad de equipos y personal de operación y mantenimiento.

4.1.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS EN LA BANDA

En el cuadro IV-10 se muestran las especificaciones técnicas de la banda componentes y equipos, entre los cuales encontraremos cantidad de cinta a adquirirse para cubrir la longitud total que esta ejecute multiplicado por dos (2) recorrido de ida y vuelta; se debe conocer la cantidad de estaciones de carga, retorno e impacto y la separación de estas para obtener: el número de rodillos, identificar el sistema motriz, contrapeso, poleas entre otros componentes, también como los equipos necesarios para cumplir toda la

operación de carga y acarreo del material en el tramo Staker a Transferencias de la mina Shougang Hierro Perú. S.A.A.

Cuadro IV-10: Especificaciones técnicas de los equipos

Equipos	N° de Componentes
Banda transportadora	Tiene una longitud total de 321.00 m, se requieren 700.00m de banda como mínimo.
Estaciones de carga	La separación entre estaciones es de 1m, es necesario 321 estaciones con un total de 963 rodillos. 3 rodillos por estación.
Estaciones de retorno	La separación entre estos es de 3m, es preciso tener 107 estaciones, lo que es igual al número de rodillos.
Estaciones de impacto	Sirven para absorber los golpes provocados por la caída de bloques en la recepción del material, no hay separación en estas estaciones, se deben colocar 8 estaciones y se utilizan tres (3) rodillos por estación.
Sistema motriz	Para que el sistema motriz funcione se necesitan un (1) Motor eléctrico, un (1) acople hidráulico y una (1) caja reductora.
Poleas	Una polea de cabeza motriz, una (1) polea de cola, dos (2) poleas de inflexión, dos (2) poleas de quiebre. Y una polea de contrapeso.
Tolva	Las tolvas deben ser resistentes, es preciso una (1) tolva de recepción.
Carro tensor	Un (1) carro tensor para el tramo.
Contrapeso	Para darle tensión a la cinta se necesita un (1) contrapeso.
Sensores	Un (1) sensor de velocidad cero, 3 sensores de desalineación y 3 paradas de emergencia por guaya.
Estaciones	Se debe contar con 3 estaciones de carga autoalineante y 3 estaciones de retorno autoalineante.

Fuente: Gerencia de ingeniería Shougang Hierro Perú. S.A.A. y adjuntos propios.

El cuadro IV-11, en ella se observa el número de operadores por grupos de trabajos para la operación y mantenimiento de la banda transportadora y sus equipos, cumpliendo con las condiciones de trabajo utilizadas por la empresa Shougang Hierro Perú S.A.A. La misma cuenta con tres (3) guardias, cada guardia trabaja ocho (8) horas. Con sistema de 20x10.

4.1.5. PERSONAL PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Cuadro IV-11: Personal de operación y mantenimiento de banda.

Equipos	N° Operadores			
Banda	(1) Supervisor de Operaciones	(1) Operador de Sala de Control	(1) Electricistas	(1) Mecánicos

Fuente: Gerencia de ingeniería Shougang Hierro Perú. S.A.A.

4.1.6. CAMIONES

Primero, se procede a identificar la vía por donde pasan los camiones, desde el área de la zona de Staker y finalizando en el lugar de Transferencias donde se encuentra un chute para otro tramo de transporte. Con el esquema de la vía se identifica las pendientes, distancias de subida, bajada y horizontal.

La suma de los tiempos de las maniobras que realiza un camión para completar un ciclo está compuesto por: tiempos fijos y tiempos variables, los cuales a su vez dependen de otros factores: Numero de pases, tiempo de carga, maniobra, posicionamiento y condiciones de la vía. La velocidad de transporte dependerá de la calidad, pendiente del camino y del peso del equipo de transporte y su carga.

A continuación medida de longitudes de la vía de acceso de los camiones y cálculo de las pendientes, cuadro IV-12. Estos datos fueron obtenidos del campo y cálculos en gabinete.

Cuadro IV-12: Distancias y pendientes de acarreo con camiones.

Distancia en Bajada (m)	Pendiente (%)	Distancia en horizontal (m)	Pendiente (%)	Distancia en subida (m)	Pendiente (%)	Distancia Total (m)
140.00	16.40	255.00	0,00	50.00	8.00	445.00

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de los tiempos fijos y variables tanto para camiones como de cargador frontal, a fin de determinar el número de equipos necesarios para la ejecución de carga y descarga en el área del tramo.

4.1.6.1. CÁLCULO DE TIEMPOS DE CAMIONES

En esta sección se calcula los tiempos realizados por ciclo de camiones realiza con Shacman SX3254 con una capacidad de carga 45 toneladas, modelo a utilizar en dicho tramo de implementación de la empresa Shoungan Hierro Perú S.A.A.

Tiempos Fijos:

Estos datos fueron proporcionados por la gerencia de ingeniería de mina Shoungan Hierro Perú S.A.A. y este comprende:

- Tiempo de maniobra de carga: 0,80 min.
- Tiempo de maniobra de descarga: 0,60 min.
- Tiempo de descarga: 0,80 min.
- Tiempo de carga: El tiempo de carga depende del número de pases necesarios para llenar la capacidad del camión. Se puede calcular con la Ecuación (35) pág.50:

$$N^{\circ} \text{ pases} = \frac{45 \text{ ton}}{8 \text{ ton/pase} \cdot 0.90} = 6.25 \equiv 6.00 \text{ pases}$$

Luego se procede a calcular el tiempo de carga con la Ecuación (36) pág. 50 y el tiempo de ciclo fue proporcionado por el departamento de ingeniería Shougang Hierro Perú S.A.A. la cual es de 1.12 min. La cual comprende carga, maniobras y descarga del cargador frontal.

$$\text{Tiempo de carga/camión} = 6.00 \text{pases} * 1.12 \text{min} * 0.80 = 5.76 \text{ min}$$

Ahora se determina el tiempo total del ciclo fijo del camión con la Ecuación (37) pág.50:

$$\text{Tiempo total del ciclo fijo} = (5.76 + 0.80 + 0.60 + 0.80) \text{ min} = 7.96 \text{ min}$$

Tiempos variables:

Estos tiempos están compuestos por los tiempos de acarreo (camión cargado) y tiempo de retorno (camión vacío). Con las pendientes obtenidas y el peso del camión cargado se determinan las velocidades que emplean en dicho tramo en este caso los límites máximos permisible de velocidad por la mina es 20km/h por normas de seguridad: 20km/h para el camión vacío y 15km/h para el camión cargado pero esto varía de acuerdo a las pendientes de transporte. Sin embargo por el departamento de ingeniería de la compañía minera Sougang Hierro Perú S.A.A, establece que las velocidades obtenidas por estos camiones desde su adquisición se promedian: cargados en un rango de 10-15km/h (166.67-250m/min) subida, bajada y horizontal, por otra parte vacío en un rango de 15 - 20km/h (250 – 333.33m/min) subida, bajada y horizontal, con estas velocidades antes mencionados obtendremos los tiempos variables de transporte en el tramo de estudio. Que se visualizan en los cuadros IV-13 y IV-14.

Cuadro IV-13: Tiempos variables de acarreo (camión cargado).

	Distancia (m)	Resistencia Pendiente (%)	Velocidad (m/min)	Tiempo total (min)
Bajada	140	16.40	166.66	0.84
Horizontal	255	0.00	250.00	1.02
Subida	50	8.00	250.00	0.20
Tiempo Total				2.06

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro IV-14: Tiempos variables de acarreo (camión vacío).

	Distancia (m)	Resistencia Pendiente (%)	Velocidad (m/min)	Tiempo total (min)
Bajada	50	8.00	333.33	0.15
Horizontal	255	0.00	333.33	0.77
Subida	140	16.40	250.00	0.56
Tiempo Total				1.48

Fuente: Elaboración propia.

Sumatoria de los tiempos del ciclo variables antes calculado en los cuadros IV-13 y IV-14.

$$T \text{ total del ciclo variable} = (2.06 + 1.48) \text{ min} = 3.54 \text{ min}$$

Con los tiempos fijos y variables alcanzados se determina el tiempo total del ciclo con la Ecuación (38) pág.52:

$$T \text{ total del ciclo} = (7.96 + 3.54) \text{ min} = 11.5 \text{ min}$$

Con la Ecuación (39) pág.52, se ajusta el tiempo total del ciclo con el factor de eficiencia operativa donde $Fe = 85\%$

$$\text{Tiempo ciclo ajustado} = \frac{11.50 \text{ min}}{0.85} = 13.50 \text{ min}$$

El número de ciclos por hora se obtiene con la Ecuación (40) pág.53:

$$N^{\circ} \text{ ciclo/h} = \frac{60.00 \text{ min}}{13.50 \text{ min}} = 4.44 \text{ ciclo/h} = 5 \text{ ciclo/h}$$

Con el número de ciclos por hora y la capacidad del camión se alcanza la producción y se calcula con la Ecuación (41) pág.53:

$$Q_{cr} = 45.00 \text{ ton/ciclo} * 5 \text{ ciclo/h} = 225 \text{ ton/h}$$

Número de camiones requeridos con la Ecuación (42) pág.53:

$$N^{\circ} \text{ camiones} = \frac{3290.11 \text{ ton/h} + 0.10}{225 \text{ ton/h}} = 14.62 = 15 \text{ camiones}$$

Por último se conoce el número de palas.

$$\text{Tiempo de carga por camión} = 7.96 \text{ min/camión}$$

Como: 7.96 min ----- 1 camión

60 min ----- X camiones

Por lo tanto en una hora carga 7.5 camiones equivalente a 8 camiones por un cargador frontal pero para el proyecto tenemos 15 camiones para lo cual requerimos 2 cargadores frontales para que estén cargados en una hora.

$$\text{Numero de cargadores} = 2 \text{ cargadores frontales}$$

4.1.6.2. PERSONAL REQUERIDO

Para llevar a cabo las operaciones de acarreo de mineral desde el área de Staker hasta zona de Transferencias, se requieren 18 operadores en cada guardia para camiones, 3 operadores por turno para cargador frontal, y 2 vigía en el cruce de vía.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta parte mostraremos el análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, tales como: la estimación de la inversión inicial de la banda transportadora al mismo tiempo que la de los camiones. Para ello, se dividen los costos: inversión inicial, costos anuales y costos de mantenimiento (preventivo y correctivo).

Después de obtener los costos se realiza un estudio comparativo entre los sistemas de transporte: camión versus banda transportadora; se toma en consideración los criterios económicos de Valor Presente y Costo Anual Equivalente entre las alternativas.

4.2.1. COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.2.1.1. BANDA TRANSPORTADORA

Dentro de los costos de inversión inicial se encuentran: los costos de adquisición e instalación de la banda (sistema motriz, poleas, rodillos, estructura, sistema de protección y seguridad, entre otros).

Mientras que, los costos anuales están representados por: costos de energía más personal de operación.

Por último, costos de mantenimiento dentro de los cuales entran: mantenimiento preventivo, correctivo y algunos otros componentes.

4.2.1.1.1. INVERSIÓN INICIAL

El costo de suministro e instalación de la banda transportadora para el proyecto asciende a S/. **6'149,328.03** el cual incluye: banda, rodillos de carga, rodillos de retorno, rodillos de impacto, sistema motriz (motor, acople hidráulico y una caja reductora), polea de cabeza, polea de cola, polea motriz, polea de quiebre, tolva de recepción, carro tensor, contrapeso, sistemas de protección y seguridad (paradas de emergencia), estaciones de carga autoalineante, estaciones de retorno autoalineante y estructura (soporte, cubierta); entre otros.

En el (Cuadro IV-15) se observa la inversión inicial de la banda transportadora y los costos unitarios se ven en el anexo IV-1.

Cuadro IV-15: Inversión inicial de la banda transportadora.

ESTIMADO DE COSTOS	
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS MINA SHOUGANG HIERRO PERÚ	
Descripción	Monto (S/.)
Suministro e instalación de banda transportadora, la cual incluye: banda, estaciones de carga, retorno e impacto, poleas de cabeza, cola, quiebre y motriz, sensores de desalineamiento, velocidad cero y paradas por guaya, sistema motriz (motor eléctrico, acople hidráulico y caja reductora).	1'325,768.03
Estructura de soporte de la faja transportadora provisión, fabricación y montaje.	4'823,560.00
Total	6'149,328.03

Fuente: Proporcionado por Shougang Hierro Perú S.A.A.

4.2.1.1.2. COSTOS ANUALES

Para el funcionamiento y mantenimiento de la banda transportadora se necesitan los siguientes personales como se observa en el cuadro IV-16:

Cuadro IV-16: los costos de personal para el funcionamiento de la banda.

Personal	Cantidad (und)	Sueldo mensual (S/.)	Sueldo anual (S/.)
Supervisor	4.00	20,000.00	240,000.00
Op. Sala de control	4.00	18,000.00	216,000.00
Electricista	4.00	14,000.00	168,000.00
Mecánico	4.00	12,000.00	144,000.00
TOTAL		64,000.00	768,000.00

Fuente: Proporcionado por compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

La empresa trabaja en tres turnos por día el monto asciende S/64,000.00 por mes. Sumando un total de S/. 768,000.00 por año.

Costos de energía, tiene un total de S/. 14,400.00 al año. Proporcionado por la gerencia de ingeniería de mina Shougang Hierro Perú S.A.A.

Los costos de operación son de **S/. 782,400.00** por año.

4.2.1.1.3. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Este costo se divide en:

Preventivos: incluye lubricantes por un total de S/. 18,000.00 al año. Según datos proporcionados por la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Correctivos: mantenimiento de máquinas, combustible, soldadura de mano de obra y materiales; el costo se estima en S/.35,850.00 al año. Sin embargo, existen otros componentes que se remplazan cada dos (2), cuatro (4) y ocho (8) años. Según datos proporcionados por la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

4.2.1.2. CAMIONES

La inversión inicial está comprendida por costos de adquisición, los costos anuales lo integran los rubros de combustible y personal de operación y los de mantenimiento lo componen: mantenimiento preventivo y correctivo.

4.2.1.2.1. INVERSIÓN INICIAL

Los camiones tienen un precio internacional de S/. 312,900.00 por unidad, dado que se requiere una flota de 15 máquinas para el circuito de acarreo, con un total de S/. 4'693,500.00. Éstos incluyen, traslado a la mina, cuadro IV-17.

Cuadro IV-17: Inversión inicial de los camiones.

ESTIMADO DE COSTOS SUMINISTRO DE CAMIONES			
Descripción	Cantidad	P.U. (S/.)	Monto (S/.)
Camiones de 45 ton. de capacidad de carga	15	312,900.00	4'693,400.00

Fuente: Proporcionado por Shougang Hierro Perú S.A.A. (2017).

4.2.1.2.2. COSTOS ANUALES

Los siguientes datos de los costos fueron proporcionados por la gerencia de ingeniería de mina Shougang Hierro Perú S.A.A.

Combustible: el combustible tiene un costo por camión de S/. 226,422.00 al año, el consumo anual de 15 camiones requeridos tiene un total de S/. 3'396,330.00 por año.

Personal de operación: 17 operadores por turno y por tres turnos se requieren un total de 51 operadores que representan un desembolso individualmente de S/. 26,400.00 por año, siendo por todo el grupo S/. 1'346,400.00 al año.

4.2.1.2.3. COSTO DE MANTENIMIENTO

De la misma forma estos datos fueron proporcionados por la gerencia de ingeniería de mina Shougang Hierro Perú S.A.A.

Preventivo: prevé cambios de aceites, filtros, refrigerantes y cauchos S/. 31,750.00 al año por camión, dado que se requiere una flota de 15 camiones el costo total para el circuito de acarreo es S/. 476,250.00 por año.

Correctivo: mantenimiento de maquinarias, materiales de soldaduras consumibles, refrigerantes y materiales eléctricos, el costo se estima en S/.300,000.00 al año. Sin embargo, existen otros componentes que se remplazaran el segundo y sexto año.

4.2.1.3. CARGADOR FRONTAL

4.2.1.3.1. INVERSIÓN INICIAL

El cargador tiene un costo de inversión e instalación de S/. 2'566,415.00. (Cuadro IV-18).

Cuadro IV-18: Inversión inicial de los cargadores frontales.

ESTIMADO DE COSTOS			
SUMINISTRO DE CARGADOR FRONTAL			
Descripción	Cantidad	P.U. (S/.)	Monto (S/.)
Cargador frontal	2	1'283,207.63	2'566,415.00

Fuente: Proporcionado por Shougang Hierro Perú S.A.A.

4.2.1.3.2. COSTOS ANUALES

El costo total por año de combustible es de S/. 942,480.00, mientras que para el operador es S/. 26,400.00 y se requieren seis (7) operadores por tres turnos, lo que da un total de S/. 184,400.00 al año. Proporcionados por Shougang Hierro Perú S.A.A.

4.2.1.3.3. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Preventivo: lubricantes, filtros, refrigerantes y cauchos; total S/.417,408.00 al año.

Correctivo: mantenimiento de maquinaria, soldadura, consumibles, refrigerantes, materiales eléctricos y componentes. El primer año tiene un costo S/.850,000.00, en el segundo, cuarto y año ocho se agrega el costo de otros componentes. Según gerencia de ingeniería de mina Shougang Hierro Perú S.A.A.

A continuación el cuadro (IV-19) representa todos los costos totales de camiones versus banda transportadora, así como: Valor Presente y Costo Anual Equivalente de cada una de las alternativas estudiadas.

Cuadro IV-19: Costos total de Banda transportadora vs. Camiones

	AÑOS										
BANDA TRANSPORTADORA	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	TOTAL
Costo de adquisición	1,325,768.03										1,325,768.03
Costo de mano de obra	768,000.00	768,000.00	768,000.00	768,000.00	768,000.00	768,000.00	768,000.00	768,000.00	768,000.00	768,000.00	7,768,000.00
Costo de energía eléctrica	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	144,000.00
Matto. preventivo	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	180,000.00
Matto. correctivo	35,850.00	75,325.00	35,850.00	89,325.00	35,850.00	75,325.00	35,850.00	89,325.00	35,850.00	75,325.00	583,605.00
Depreciación	132,576.80	132,576.80	132,576.80	132,576.80	132,576.80	132,576.80	132,576.80	132,576.80	132,576.80	132,576.80	1,325,768.03
SUB-TOTAL (S/.)	2,029,441.23	743,148.20	703,673.20	757,148.20	703,673.20	743,148.20	703,673.20	757,148.20	703,673.20	743,148.20	9,913,373.03
ESTRUCTURA DE SOPORTE											
Incluye costo de provisión, fabricación, mano de obra y montaje.	4,823,560.00										4,823,560.00
Mtto. preventivo											
Mtt. correctivo											
Depreciación	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	4,823,560.00
SUB-TOTAL (S/.)	4,341,204.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	482,356.00	4,823,560.00
TOTAL (S/.)	6,370,645.23	1,225,504.2	1,186,029.2	1,239,504.2	1,186,029.2	1,225,504.2	1,186,029.2	1,239,504.2	1,186,029.2	1,225,504.2	14,736,933.03

	AÑOS										
CAMIONES	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	TOTAL
Costo de adquisición	4,693,500.00										4,693,500.00
Costo de mano de obra	1,346,400.00	1,346,400	1,346,400	1,346,400	1,346,400	1,346,400	1,346,400	1,346,400	1,346,400	1,346,400	13,464,000.00
Costo de combustible	3,396,330.00	3,396,330.0	3,396,330	3,396,330	3,396,330	3,396,330	3,396,330	3,396,330	3,396,330	3,396,330	33,963,300.00
Matto. preventivo	508,000.00	508,000.00	508,000.00	508,000.00	508,000.00	508,000.00	508,000.00	508,000.00	508,000.00	508,000.00	5,080,000.00
Matto. correctivo	300,000.00	550,000.00	550,000.00	550,000.00	550,000.00	989,000.00	550,000.00	550,000.00	550,000.00	550,000.00	5,689,000.00
Depreciación	469,350.00	469,350.00	469,350.00	469,350.00	469,350.00	469,350.00	469,350.00	469,350.00	469,350.00	469,350.00	4,693,500.00
SUB-TOTAL (S/.)	9,774,880.00	5,331,380.0	5,331,380	5,331,380	5,331,380	5,770,380	5,331,380	5,331,380	5,331,380	5,331,380	62,889,800.00
CARGADOR FRONTAL											
Costo de adquisición	2,566,415.00										2,566,415.00
Costo de mano de obra	184,400.00	184,400.00	184,400.00	184,400.00	184,400.00	184,400.00	184,400.00	184,400.00	184,400.00	184,400.00	1,844,000.00
Costo de combustible	942,480.00	942,480.00	942,480.00	942,480.00	942,480.00	942,480.00	942,480.00	942,480.00	942,480.00	942,480.00	9,424,800.00
Mtto. preventivo	417,408.00	417,408.00	417,408.00	417,408.00	417,408.00	417,408.00	417,408.00	417,408.00	417,408.00	417,408.00	4,174,080.00
Mtt. correctivo	850,000.00	955,000.00	955,000.00	1,550,000	955,000.00	1,450,000	955,000.00	1,350,000	955,000.00	955,000.00	10,930,000.00
Depreciación	256,641.50	256,641.50	256,641.50	256,641.50	256,641.50	256,641.50	256,641.50	256,641.50	256,641.50	256,641.50	2,566,415.00
SUB-TOTAL (S/.)	4,704,061.50	2,242,646.50	2,242,646	2,837,646	2,242,646	2,737,646	2,242,646	2,637,646	2,242,646	2,242,646	28,939,295.00
TOTAL (S/.)	14,478,941.50	7,574,026.50	7,574,026.5	8,169,026.5	7,574,026.5	8,508,026.5	7,574,026.5	7,969,026.5	7,574,026.5	7,574,026.5	91,829,095.00

Fuente: Proporcionado por Shougang Hierro Perú S.A.A.

Los cuadros mostrados en las páginas anteriores ilustran todos los cálculos desarrollados para conocer los costos de adquisición, anuales y de mantenimiento, así como los costos de la depreciación que no son más que los insumos de adquisición de los equipos divididos por el periodo de vida útil (10 años), de acuerdo a la siguiente ecuación (50).

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{costo de adquisicion}}{\text{vida util del equipo}} \quad (50)$$

Se puede observar que los costos de adquisición de las alternativas estudiadas en este trabajo solo se tomaron en cuenta para el primer año, debido que estos equipos se compran una sola vez y luego se le realiza los respectivos mantenimientos o remplazo de componentes.

En el año uno (1) se evalúa los insumos de la adquisición, mano de obra, combustible, mantenimientos: preventivo, correctivo y la depreciación, mientras que para los años restantes se toman todos estos parámetros menos el costo de adquisición y se le agregan otros insumos por la compra de componentes, los cuales se hacen en algunos años como se muestra en los cuadros anteriores, empleado todos los cálculos se determina el Valor Presente (VP), el Costo Anual Equivalente (CAE) los cuales se disponen a continuación.

4.2.2. ESTUDIO COMPARATIVO

Para esta comparación se consideran aquellos factores que generan gastos o costos, excluyéndose los comunes para ambas alternativas.

Se tomó en consideración un periodo de diez (10) años para el estudio económico con el fin de transportar el mineral en el tramo Staker a Transferencias de la mina Shougang Hierro Perú S.A.A. los montos se ajustaron lo máximo posible a la realidad, se acude a la empresa Shougang Hierro Perú S.A.A, la cual cuenta con amplia experiencia en este sistema de transporte.

Los costos de inversión, costos anuales y costos de mantenimiento fueron calculados para el camión y la banda transportadora como se ilustra en el cuadro V-5 pág. 104; la suma algebraica de estos valores fueron multiplicados por la Tasa de Interés 12% utilizada por la empresa minera Shougang Hierro Perú S.A.A. para obtener el Valor Presente (VP). Por tanto el VP de cada alternativa es:

4.2.2.1. VALOR PRESENTE DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para realizar el cálculo del valor presente en la banda transportadora y su estructura de soporte se utilizó la ecuación (46) pág. 57.

Para banda transportadora:

$$VP = 9'913,373.03 * \frac{1}{(1+12\%)^{10}}$$

$$VP = 3'192,106.12 \text{ S/}$$

Para su estructura de soporte:

$$VP = 4'823,560.00 * \frac{1}{(1+12\%)^{10}}$$

$$VP = 1'543,539.20 \text{ S/}.$$

El cuadro IV-20 contiene el Valor Presente de la banda y su estructura de soporte, así como el Valor Presente total. (Gráfico IV-1).

Cuadro IV-20: Valor Presente de la banda y sus equipos.

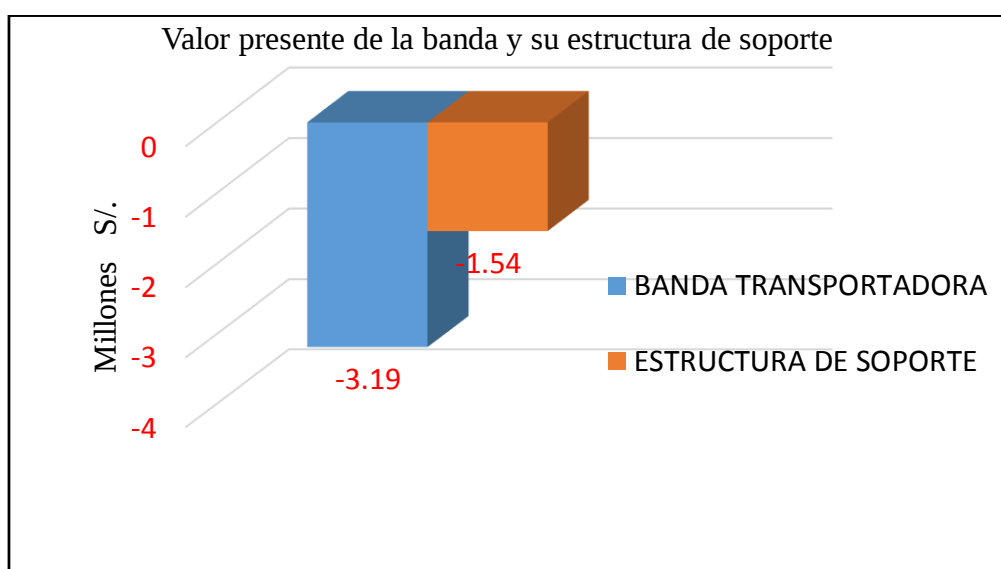
EQUIPOS	VP (S/.)
Banda transportadora	-3'192,106.12
Estructura de soporte de la banda	-1'543,539.20
Total de la banda	-4'735,645.32

Fuente: Elaboración propia.

El Valor Presente de la banda y su estructura de soporte expresa los resultados con signo negativo, debido que el análisis o estudio se hizo en base a los costos de inversión, anuales y de mantenimiento generando solo gastos. Estos valores se obtuvieron al traer al Valor Presente los costos de inversión, mantenimiento, costos anuales y depreciación del equipo, con una tasa de interés de 12%. El valor presente de la banda y sus estructura de soporte del mismo, reflejando este sistema un Valor Presente de S/. 4'735,645.32.

El siguiente grafico IV-1 se realizó mediante la utilización del programa Microsoft Power Point con los datos del cuadro IV-20 pág. 90.

Gráfica IV-1: Valor Presente de la banda y su estructura de soporte.



Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico IV-1 muestra el comportamiento de esta alternativa, incluyendo su estructura de soporte.

4.2.2.2. VALOR PRESENTE DE LOS CAMIONES

Este valor fue obtenido con una Tasa de Interés de 12% y la suma de los costos adquiridos durante el periodo de diez (10) años. Se utilizó la ecuación (46) pág. 57.

Para camiones:

$$VP = 62'889,800.00 * \frac{1}{(1+12\%)^{10}}$$

$$VP = S/. 20'250,515.60$$

Para cargador frontal:

$$VP = 28'939,295.00 * \frac{1}{(1+12\%)^{10}}$$

$$VP = S/. 9'318,452.99$$

El cuadro IV-21 contiene el Valor Presente de camiones y su respectivo equipo que es cargador frontal, así como el Valor Presente total. (Gráfico IV-2).

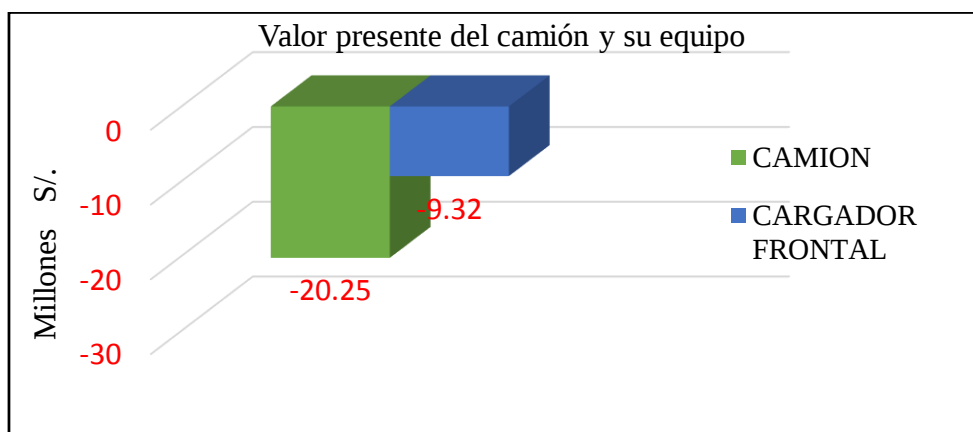
Cuadro IV-21: Valor Presente de camiones y su equipo.

EQUIPOS	VP (S/.)
Camiones	-20'250,515.60
Cargador frontal	-9'318,452.99
Total de la banda	-29'568,968.59

Fuente: Elaboración propia.

El Valor Presente del camión y su equipo expresa los resultados con signo negativo, debido que el análisis o estudio se hizo en base a los costos de inversión, anuales y de mantenimiento generando solo gastos. Estos valores se obtuvieron al traer al Valor Presente los costos de inversión, mantenimiento, costos anuales y depreciación del equipo.

El siguiente grafico IV-2 se realizó mediante la utilización del programa Microsoft Power Point con los datos del cuadro IV-20 pág. 91.

Gráfica IV-2: Valor Presente del camión y su equipo.

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico IV-2 muestra el comportamiento de esta alternativa incluyendo el equipo que es cargador frontal. Donde se obtiene un VP camiones= S/. 29'568,968.59.

El cuadro IV-22 resume los resultados del Valor Presente para ambas alternativas estudiadas en este trabajo y representados visualmente en el Gráfico IV-3.

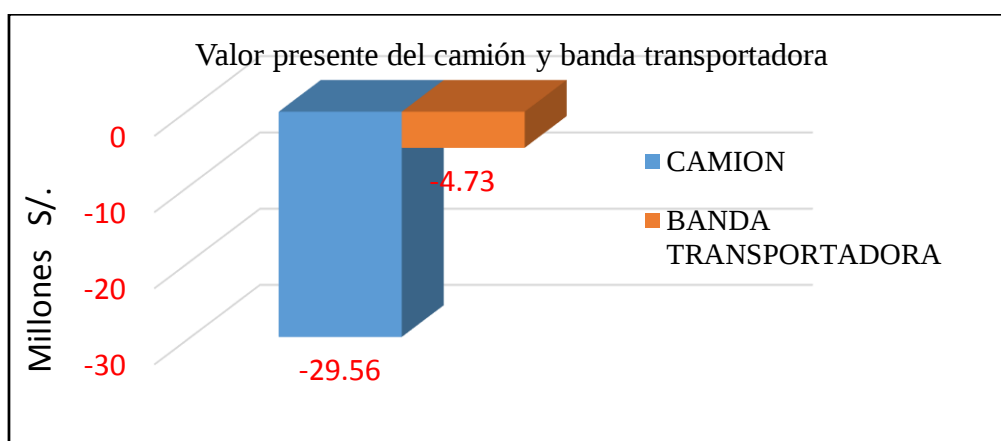
Cuadro IV-22: Valor Presente de las alternativas.

Sistema de transporte	Valor presente (S/.)
Camión	-29'568,968.59
Banda transportadora	-4'735,645.32

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro IV-22 representa los Valores Presente de las dos (2) alternativas, comparando estos valores se concluye que el VP de la alternativa de los camiones es mayor que la de la Banda transportadora, lo que significa que los costos de adquisición, anuales y mantenimientos representan un mayor costo.

El siguiente gráfico IV-3 se realizó mediante la utilización del programa Microsoft Power Point con los datos del cuadro IV-8 pág. 92.

Gráfica IV-3: Valor Presente del camión y banda transportadora.

Fuente: Elaboración propia.

El Grafico IV-3 ilustra la diferencia de costos entre las alternativas, siendo esta de S/.24´833,323.27 lo que es igual a un 85%, lo que indicando que es mejor invertir en la alternativa banda transportadora y no adquirir nuevos camiones.

Luego de obtenido el Valor Presente de las alternativas estudiadas, se procede al cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE) con un factor de recuperación de capital en una serie uniforme de pagos con una Tasa de Interés de 12% y un periodo de 10 años como se representa $\text{frc}12\%,10= 0,176$ obteniéndose los siguientes resultados.

4.2.2.3. COSTO ANUAL EQUIVALENTE DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Valor presente = S/. 4´735,645.32

$\text{Frc}12\%,10= 0,176$

El CAE se calcula con la Ecuación (47) pág.57 Capítulo II Marco Teórico.

$\text{CAE}_{\text{banda}} = \text{S}/.-4´735,645.32*0,176 = \text{S}/.-833,473.57$

4.2.2.4. COSTO ANUAL EQUIVALENTE DE LOS CAMIONES

Valor presente = S/. 29´568,968.59

$\text{Frc}12\%,10= 0,176$

$\text{CAE}_{\text{camión}} = \text{S}/.-29´568,968.59*0,176 = \text{S}/.-5´204,138.47$

En el cuadro IV-23 muestra el Costo Anual Equivalente de camiones y banda transportadora, representados en el Gráfico IV-4.

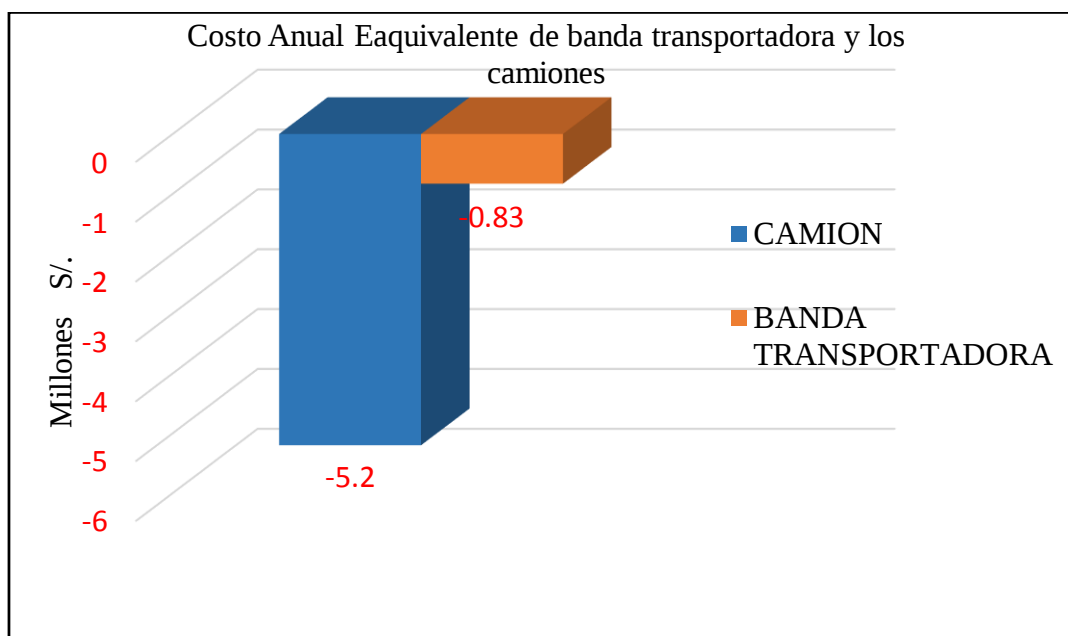
Cuadro IV-23: Costo Anual Equivalente de camiones vs banda transportadora.

Sistema de transporte	CAE (S/.)
Camión	-5´204,138.47
Banda transportadora	-833,473.57

Fuente: Elaboración propia.

Analizando el cuadro IV-23 se observa que el Costo Anual Equivalente de los camiones es mayor en comparación a la alternativa banda transportadora, esto se debe a que el Valor Presente de los camiones fue el que reflejó mayor costo.

El siguiente grafico IV-4 se realizó mediante la utilización del programa Microsoft Power Point con los datos del cuadro IV-23 pág. 93.

Gráfica IV-4: Costo Anual Equivalente de banda transportadora Vs camiones.

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre estas dos (2) alternativas evaluadas con el Costo Anual Equivalente registra un valor de S/. 4'370,664.91 que representa un 85% de la inversión.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Tras la obtención, estudio y comprensión de los resultados finales, se llega a las siguientes conclusiones:

- La topografía donde se ubique la banda transportadora debe ser lo más horizontal posible, para evitar que el diseño tenga pendientes o curvatura.
- El material a transportar tiene que tener una granulometría como máximo de 175mm.
- La longitud total de la banda es de 320.00m empezando desde la cota 75 m.s.n.m. lugar de alimentación del mineral y finalizando en la cota 56m.s.n.m. punto de descarga.
- La tensión necesaria para que la cinta permanezca tensada sin producir ondulaciones o quiebres tienen que ser: 53.13N/mm.
- La comparación de estas dos (2) alternativas por medio de un Estudio Económico refleja que la banda transportadora presenta menor Valor Presente S/. -4'735,645.32 representando una ventaja con respecto a los camiones, los cuales tienen un Valor Presente S/. 29'568,968.59, con una diferencia de un 85%, indicando que la alternativa más favorable es la Banda Transportadora.
- El Costo Anual Equivalente presenta igualmente una diferencia entre las propuestas de un 85% mostrando que la alternativa que tiene menor Costo Anual Equivalente es la Banda Transportadora, el estudio económico expresa que la inversión de la Banda Transportadora es rentable.

RECOMENDACIONES

Implementando un sistema de transporte con ciclos continuos de acarreo de mineral para el tramo Staker a Transferencias de la mina Shougang Hierro Peru S.A.A. se procede a recomendar lo siguiente:

- El ancho de la banda no debe ser menor de tres (3) veces la dimensión más grande del tamaño de material a transportar.
- Se recomienda que la banda transportadora no posea más de tres (3) tramos, debido a que el sistema pierde eficiencia aumentando los costos de adquisición y mantenimiento.
- La fuerza requerida por la banda para mover el material desde el punto A al punto B debe estar compuesta por la suma de otras fuerzas componentes.
- Se recomienda realizar nuevamente los costos de inversión, anuales y de mantenimiento, así como el diseño de la banda transportadora, ya que estos cálculos son determinados para este trabajo de investigación en particular.
- Aplicar un Método Económico para establecer cuándo se puede recuperar la inversión de las alternativas.
- A la hora de realizar un estudio relacionado al diseño o adquisición de equipos mineros, se debe verificar la información suministrada en cada capítulo más otras adicionales para analizar los pro y los contra de la implementación de estos sistemas de transporte, con la finalidad de recomendar la alternativa mutuamente excluyente que genere no solo menor inversión, sino menores daños al ambiente y a los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Hernández Guzmán, Teobaldo José “Análisis técnico-económico de sistema de transporte de bauxita para la explotación de los bloques 5 al 10 del yacimiento de los pijiguaos estado bolívar” caracas febrero 2003.
- Herrera Herbert, Juan “Métodos de Minería a Cielo Abierto” 2006.
- Hinojosa, H. “Software para diseño de transportadores de banda” trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador 2002.
- Manuel Arturo Vidal “Estudio del Cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto” 2010.
- PIRELLY, “Manual de fabricación de bandas y rodillos transportadores” Willian-Ed.Mac Graw Hill. Madrid (España) 1992.
- TUMIALAN, Pedro “Compendio de Yacimientos Minerales”. Ingemmet. 619 p. 2003 Lima- Perú.
- Shougang Hierro Perú S.A.A. “cambio de estructuras metálicas faja 2B top conveyer - mina” 2011.
- Zarzosa Cesar “Procedimiento de montaje de estructuras metálicas”. 18 de enero del 2007. Ica- Perú.

CATALOGOS:

- Goodyear “Handbook of Conveyor and Elevator belt”, pág. (5-8) 1975.
- Goodyear y Bridgestone H. S.A. (s/f). Manual para la selección de Bandas Transportadoras 2003.
- Roulunds (s/f), Catálogo de Bandas Transportadoras, pág. (11-13, 23).
- “Cintas transportadoras trellex con refuerzos de tela” Cintas transportadoras. Sweden 2003.

PAGINAS WEB:

- www.maquinariaspesadas.org
- www.martinsprocket.com
- www.jorvex.com
- www.shacman.com

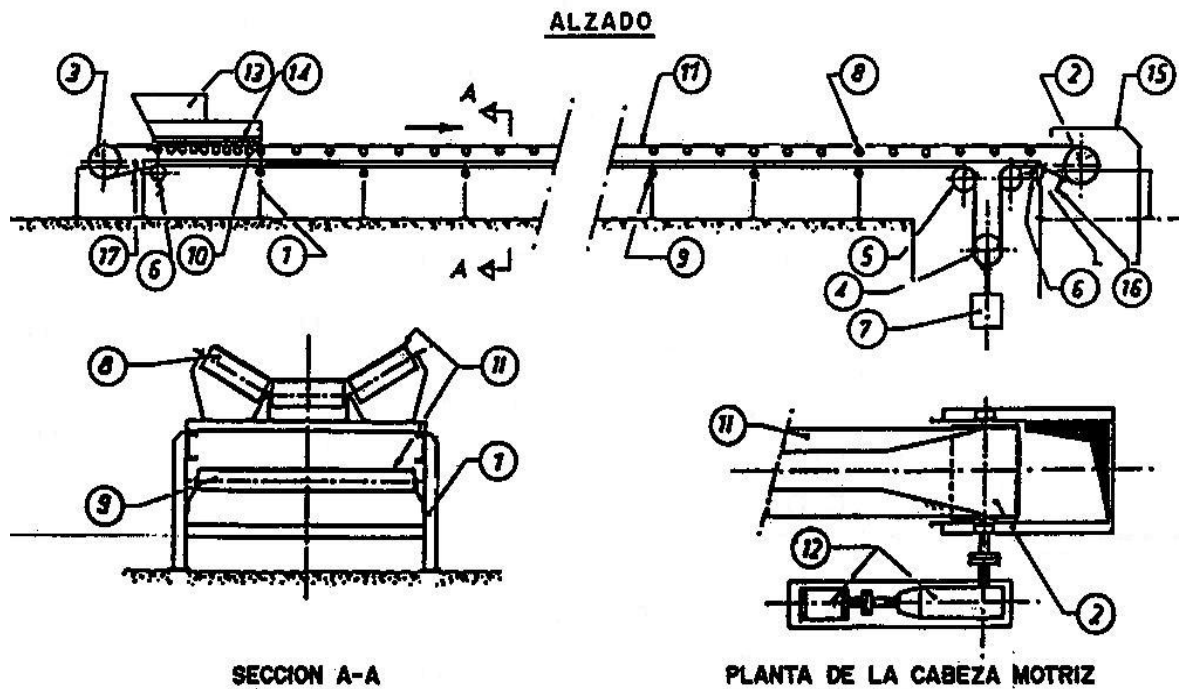
ANEXOS

ANEXOS

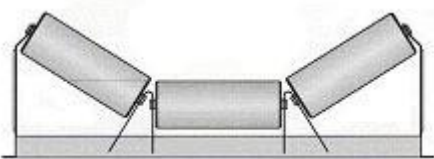
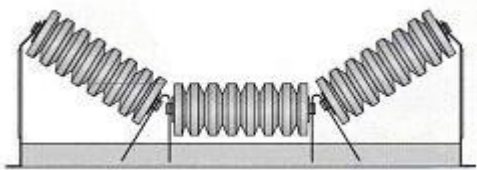
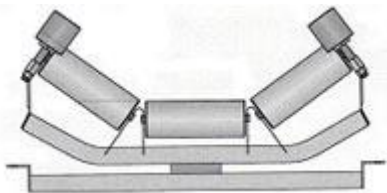
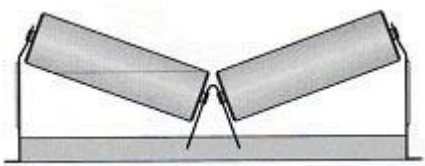
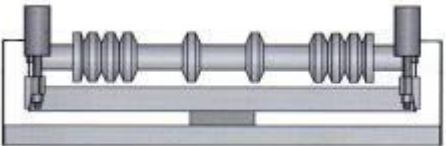
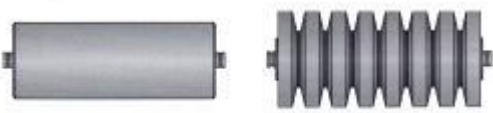
ANEXO II-1. PRINCIPALES ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA BANDA TRANSPORTADORA

En la figura se dan los principales elementos que componen una cinta transportadora:

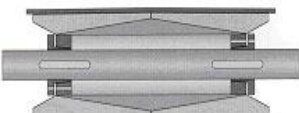
- | | |
|--|---|
| (1). Bastidor. | (12). Grupo motriz. |
| (2). Tambores motrices. | (13). Tolvas de carga. |
| (3). Tambores de reenvío. | (14). Guiaderas para el centrado de la carga. |
| (4). Tambores de tensado. | (15). Estrelladero, elemento de descarga. |
| (5). Tambores de tensado. | (16). Elementos de limpieza de cinta, zona de cabeza. |
| (6). Tambores guía. | (17). Elementos de limpieza, zona de cola. |
| (7). Dispositivo de tensado de banda. | (18). Carenados, sistemas de protección anti-polvo y ruido. Si cubre toda la cinta anticaída (función de seguridad y de acondicionamiento del espacio). |
| (8). Rodillos del ramal superior o de transporte. | |
| (9). Rodillos del ramal inferior, o de retorno de banda. | |
| (10). Rodillos de impacto. | |
| (11). Banda de transporte. | |



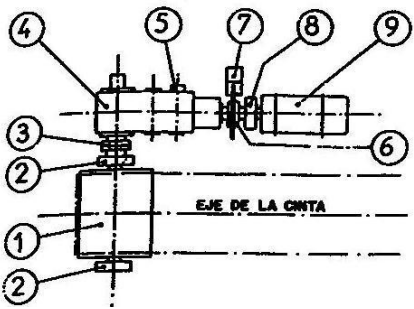
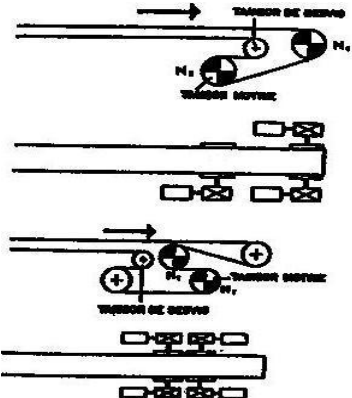
DISTINTOS TIPOS DE RODILLOS

RODILLOS	
	
Rodillos: artesa o cargador triple.	Rodillo triple de impacto.
	
Rodillo triple de alineación.	Artesa en "V".
	
Rodillo de retorno.	Rodillo de banda plana.
	
Rodillo de retorno autolimpiable.	Rodillo de retorno autoalineable.
	
Rodillo de retorno autolimpiable y autoalineable.	Repuestos.

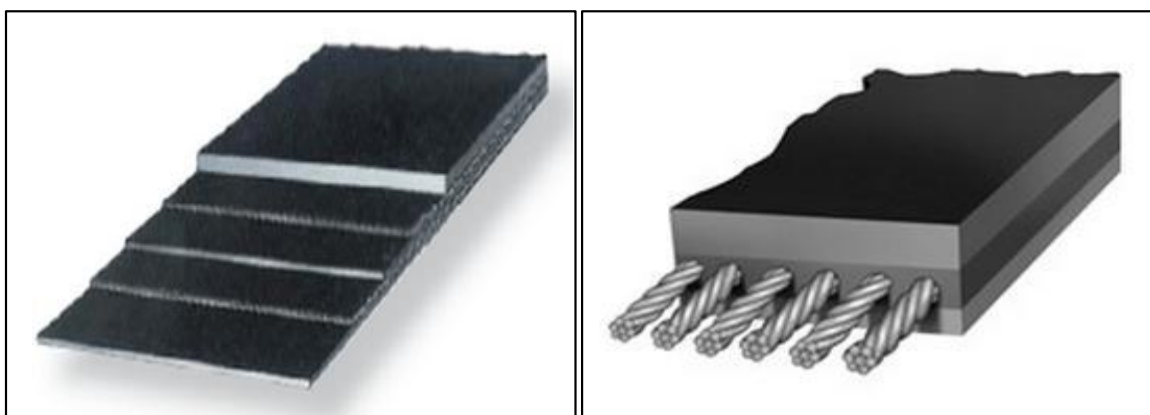
POLEAS Y BANDAS

Poleas		Bandas
		
Polea de acero tipo tambor.	Polea de acero autolimpiante.	Banda transportadora.

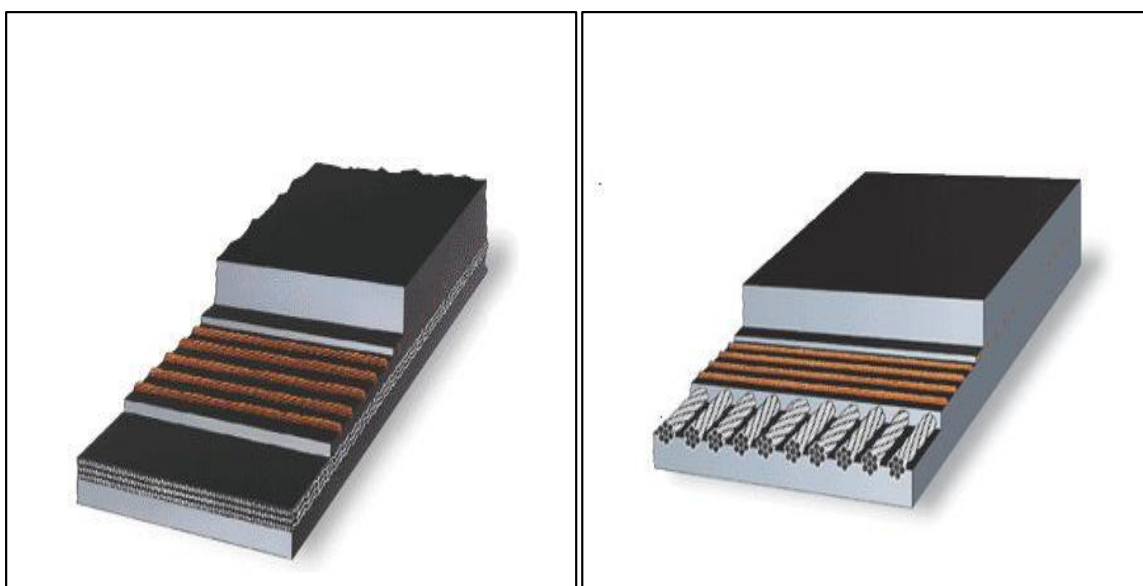
SISTEMAS MOTRICES

	1. Tambor de accionamiento. 2. Cojinetes. 3. Acoplamiento de baja velocidad. 4. Reductor. 5. Sistema antirretorno. 6. Acoplamiento de alta velocidad. 7. Freno. 8. Acoplamiento hidráulico. 9. Motor.
	Sistemas de accionamiento múltiple en cabeza. Existe igualmente la posibilidad de accionamiento múltiple en cabezas opuestas, incluso inter- medias en grandes cintas (problemas de alimentación y de mantenimiento por acceso).
	Detalle de un accionamiento. El acoplamiento hidráulico, instalado entre el motor y el reductor, sirve para amortiguar las vibraciones, las tensiones en el arranque y aumentar la vida de la banda. Tiene un sistema de Soft Braking Option que mediante micro-procesador asegura una parada suave.

TIPOS DE BANDAS



Bandas con tejido sintético (EP) y bandas con cable de acero (ST)



Bandas con tejido sintético (EP) y bandas con cable de acero (ST) reforzado

ANEXO II-2. PIEZAS DE DESGASTE GARGADOR FRONTAL WA500-6

Elemento	Núm. de pieza	Nombre de la pieza	Cantidad	Frecuencia de sustitución
Filtro del aceite del motor	600-211-1340	Cartucho	3	Cada 500 horas
Filtro del combustible	600-319-3520	Cartucho	1	
Prefiltro del combustible	600-319-3440	Cartucho	2	
Filtro de aceite del freno (Si está instalado)	426-43-38760	Cartucho	2	
Filtro de aceite de la transmisión	424-16-11140 (07000-12125) (07000-12014)	Elemento (Junta tórica) (Junta tórica)	3 (3) (3)	
Colador de la transmisión	07000-75085 07000-B2100	Junta tórica Junta tórica	1 1	Cada 1.000 horas
Resistor anti-corrosión	600-411-1171	Cartucho	1	
Filtro hidráulico	209-60-77531 (07002-61423) (07000-A5200)	Elemento (Junta tórica) (Junta tórica)	1 (1) (1)	Cada 2.000 horas
	07000-A5230	Junta tórica	1	
	285-62-17320	Elemento	2	
Respiradero del depósito hidráulico	426-07-32441	Elemento (FRESH)	1	
Filtro de aire del sistema de aire acondicionado	426-07-32441	Elemento (RECIRC)	1	
Acumulador PPC	426-62-23750 (07002-62034)	Acumulador (Junta tórica)	1 (1)	Cada 2 años o cada 4.000 horas, lo que ocurra en primer lugar
Filtro de aire	600-185-6100 600-185-6110	Unidad de elemento Unidad de elemento exterior	1 1	
	426-70-13311 (02091-12050) (02290-12031) (178-70-14150) (178-70-14160)	Diente (Perno) (Tuerca) (Suplemento) (Suplemento)	6 (18) (18) (6) (6)	
Diente de cazo de 1 pieza	426-70-13321 426-70-13331 (02091-12050) (02091-12015) (02290-12031) (178-70-14240) (178-70-14250)	Diente de arista derecha Diente de arista (Perno) (Perno) (Tuerca) (Suplemento) (Suplemento)	1 1 (4) (2) (6) (2) (2)	
	426-847-1110 (426-847-1130)	Diente (Pasador)	10 (10)	

ANEXO IV-1: costos unitarios y totales de suministro e instalación de la banda transportadora.**Costo de suministro**

Descripción	Cantidad (und)	P. Unitario (S/.)	Total (S/.)
Motor eléctrico	1	21,841.68	21,841.68
Polea Motriz	1	5,881.27	5,881.27
Polea de transmisión	2	483.00	966.00
Polea de cola	1	644.00	644.00
Faja transportadora (m)	700	644.00	450,800.00
Rodillo de retorno	107	102.34	10,950.38
Bastidor y 3 rodillos	321	1,800.00	577,800.00
Polea de contrapeso	1	644.00	644.00
Polea de quiebre (inflexión)	2	257.60	515.20
Autoalineantes	4	80.00	320.00
Estación de impacto de rodillos	8	2,000.00	16,000.00
Otros	1	4,000.00	4,000.00
SUB TOTAL			1,090,362.52

Fuente: Gerencia de ingeniería Shougang Hierro Perú S.A.A.

Costo de instalación

Descripción	Cantidad (und)	P. Unitario (S/.)	Total (S/.)
Motor eléctrico	1	3,220.00	3,220.00
Polea Motriz	1	1,932.00	1,932.00
Polea de transmisión	2	1,932.00	3,864.00
Polea de cola	1	1,932.00	1,932.00
Faja transportadora (m)	700	25.15	17,603.74
Rodillo de retorno	107	11.27	1,205.89
Bastidor y 3 rodillos	321	31.56	10,129.48
Polea de contrapeso	1	1,932.00	1,932.00
Polea de quiebre (inflexión)	2	128.80	257.60
Autoalineantes	4	32.20	128.80
pega de la banda	8	24,150.00	193,200.00
SUB TOTAL			235,405.51

TOTAL	1,325,768.03
--------------	---------------------

Fuente: Gerencia de ingeniería Shougang Hierro Perú S.A.A.

Costo de estructura de soporte de la banda transportadora.

Descripción	Cantidad	Peso por unidad (ton)	peso total (ton)	Costo por ton. (S/.)	Costo total (S/.)
Pórticos	32.00	6.00	192.00	11,270.00	2,163,840.00
Galerías	32.00	6.00	192.00	11,270.00	2,163,840.00
Semi-galerías	22.00	2.00	44.00	11,270.00	495,880.00
TOTAL					4,823,560.00

Fuente: Gerencia de ingeniería Shougang Hierro Perú S.A.A.

ANEXO IV-2. FOTOS RELACIONADOS AL PROYECTO EN LA ZONA

FOTO N° 1: realizando el transporte de la polea para la banda transportadora.



FOTO N° 2: montaje de la galería de estructura para la faja transportadora.



FOTO N° 3: línea de faja transportadora que va de mina a la planta.



FOTO N° 4: trabajos de mantenimiento en la faja transportadora en mina.

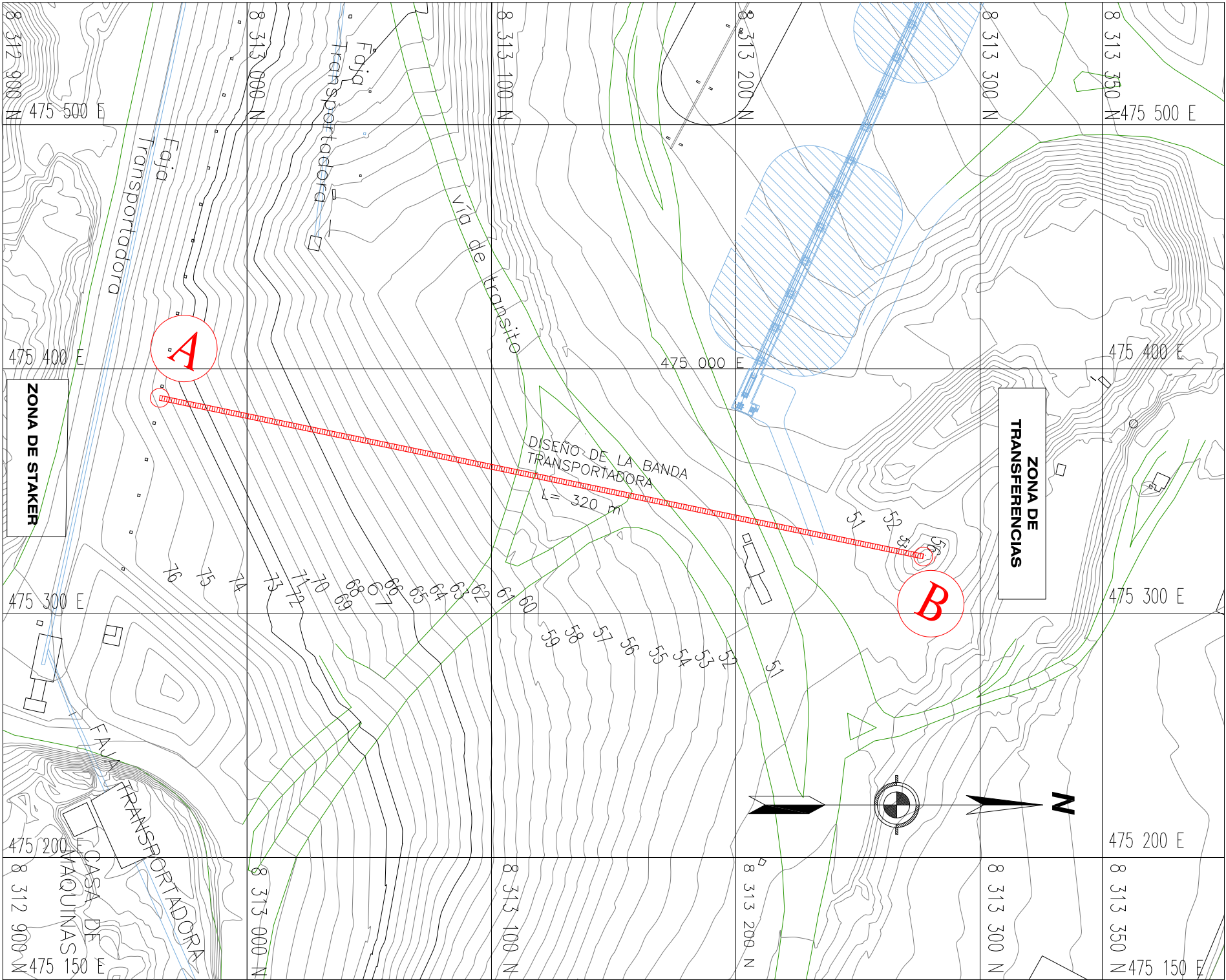


FOTO N° 5: Realizando el troque en los pernos de estructuras de la faja.



FOTO N° 6: Equipo de trabajo para el montaje de la faja transportadora.

ANEXO IV-3. PLANO REFERENCIAL



PLANO EN PLANTA
ESCALA 1/2000

LEYENDA		COLOR EN PANTALLA	TIPO DE LINEA
01	COTA		CONTINUOS
02	PROYECTO FAJA TRANSPORTADORA		CONTINUOS
03	VIA EXISTENTE		CENTER
04	LINEA DE FAJA EXISTENTE		CONTINUOS



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA
BASTIDAS DE APURIMAC

PLANO EN PLANTA :
ARREGLO GENERAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA FAJA
TRANSPORTADORA.

ESCALA:	INDICADA	PLANO No.	REGION
		000000 – 0000 – AAA – AG – DWG 001	0
			A3

ESTE PLANO NO ES VALIDO A MENOS QUE LA ULTIMA REVISION ESTE FIRMADA A MANO

