

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL USO DE FAJAS
TRANSPORTADORAS Y CAMIONES PARA EL ACARREO
APLICANDO COSTOS UNITARIOS EN UNA EMPRESA
MINERA A TAJO ABIERTO EN CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Juan Carlos Infante Chuquimango

Gilberto Jaime Valdivia Herrera

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

Cajamarca - Perú

2019



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

DEDICATORIA

Dedicamos a las personas que amamos y que son parte de nuestra existencia, contribuyendo cada día al logro de uno más de nuestros propósitos en la vida.

A nuestros padres y hermanos que forman parte de todo lo que estamos logrando hasta hoy.

Los autores

AGRADECIMIENTO

Agradecemos infinitamente a Dios por guiar nuestros pasos y por ser fuente de nuestra sabiduría.

A nuestros padres por enseñarnos la importancia que tiene la perseverancia para lograr nuestros objetivos.

Finalmente, a la plana docente de la Universidad Privada del Norte por guiarnos en nuestra formación como Ingenieros de Minas.

Los autores

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO III. RESULTADOS	21
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	56
REFERENCIAS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características del material.....	22
Tabla 2: Características del material a transportar.....	23
Tabla 3: Evaluación del área	24
Tabla 4: Cálculo de productividad con fajas transportadoras.....	24
Tabla 5: Longitudes de fajas transportadoras.....	25
Tabla 6: Especificaciones teóricas de las fajas transportadoras.....	33
Tabla 7: Tipos de banda en función del material.....	34
Tabla 8: Personal para la Operación y mantenimiento de equipos.....	35
Tabla 9: Distancias y pendientes de acarreo con camiones.....	36
Tabla 10: Tiempos variables de acarreo (Camión Cargado).....	38
Tabla 11: Tiempos variables de acarreo (camión vacío).....	38
Tabla 12: Tiempo teórico del ciclo de los camiones para la banda transportadora.....	40
Tabla 13: Costos de adquisición de la FT.....	45
Tabla 14: Costos totales de camiones vs Banda transportadoras.....	46
Tabla 15: Valor Presente de la Faja y sus equipos.....	51
Tabla 16: Valor Presente de las alternativas.....	52
Tabla 17: Costos anuales equivalentes vs Banda Transportadoras.....	54
Tabla 18: Flujo de diferencial entre Banda transportadora y camiones.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Valor Presente de la Banda y sus equipos.....	52
Ilustración 2: Valor Presente de los camiones vs banda transportadora.....	53
Ilustración 3: Costos anuales equivalentes Vs banda.....	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Tramos inclinados.....	26
Ecuación 2: Angulo de inclinación	26
Ecuación 3: Capacidad máxima de transporte	27
Ecuación 4: Capacidad Volumétrica	27
Ecuación 5: Capacidad de transporte.....	27
Ecuación 6:Variable con Longitud de cinta	28
Ecuación 7:Peso de las partes móviles de la faja	28
Ecuación 8: Fuerza para mover la cinta en vacío.	29
Ecuación 9: Fuerza para desplazar el material horizonte.	29
Ecuación 10: Fuerza para elevar o bajar el material.	29
Ecuación 11: Potencia adicional.	29
Ecuación 12: Potencia teórica.....	30
Ecuación 13:Potencia de motor	30
Ecuación 14: Potencia efectiva.....	30
Ecuación 15: Tensión del lado apretado.	31
Ecuación 16:Tensión del lado flojo.....	31
Ecuación 17: Tensión en el retorno de la faja.....	31
Ecuación 18:Tensión de contrapeso.	31
Ecuación 19: Tensión debido al peso de banda en una pendiente.	32
Ecuación 20: Carga de material por medio de la banda.	32
Ecuación 21: Tensión Inicial.	32
Ecuación 22: Tensión de trabajo unitario.....	33
Ecuación 23: Tiempos Fijos.	36
Ecuación 24: Tiempos de carga	37
Ecuación 25: Tiempo total de ciclo cargado.....	37
Ecuación 26:Tiempo total de ciclo vacío.	38
Ecuación 27: Tiempo de ciclo ajustado.	38
Ecuación 28: N° de ciclos por hora.	39
Ecuación 29: Producción	39
Ecuación 30: Número de camiones.	39
Ecuación 31: Número de camiones ajustados.....	40
Ecuación 32: Número de camiones por pala.	40
Ecuación 33: Numero de palas.	40
Ecuación 34: Costos anuales equivalentes	53

RESUMEN

Esta investigación se desarrolla en torno al análisis del uso de fajas transportadoras y camiones para el acarreo, aplicando costos unitarios en una empresa minera a tajo abierto en Cajamarca. Por esto la hipótesis plantea que, realizando una evaluación económica, la faja transportadora presenta un menor valor presente respecto a la utilización de camiones. La investigación es aplicada, no experimental, descriptivo. Se concluye que, en la comparación de estas dos alternativas por medio de un Estudio Económico, la faja transportadora presenta menor VP US\$ 119 MM representando una ventaja con respecto a los camiones, los cuales tienen un VP US\$ 164 MM, con una diferencia de un 39%, indicando que la alternativa más favorable es la faja transportadora. Para la implementación de la faja se debe emplear el uso de 13 camiones, una trituradora, un cargador frontal y un apilador. Mientras que para la alternativa camiones se requieren 22 equipos; el VP Flujo diferencial fue 50% con respecto a los camiones, el estudio económico expresa que la inversión de la FT es rentable.

Palabras clave: Análisis comparativo, faja transportadora, camiones mineros, costos unitarios.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad uno de los problemas que no permite a las empresas mineras cumplir con su programa de planeamiento, es el aumento permanente en los precios del petróleo y sus derivados, el problema de la inflación y el incremento en los costos de mantenimiento; entonces como el consumo de combustibles para el transporte del mineral de mina es imprescindible ya que se cuenta con una flota de camiones para el acarreo de mineral con ciclos continuos y variabilidad de longitud en su distancia de acarreo con respecto al frente de carga. Las empresas extraen mineral desde un yacimiento que se encuentra alejado a la zona de chancado a una distancia promedio de cuatro (4) km, haciendo que las distancias de acarreo en camiones se incrementen de forma considerable, lo que trae como consecuencia una baja productividad en la flota y un mayor desgaste generando aumento en costos. Por tal razón conviene evaluar un sistema de ciclos continuos para el acarreo de mineral, con el fin de seleccionar el sistema de transporte más adecuado para trabajar longitudes mayores a 4 km. Se realizará un análisis de costos entre el sistema de Faja transportadora con respecto al uso de camiones, las cuales hoy en día desempeñan un rol muy importante y satisfactorio en los procesos productivos. Esto se debe a varias razones entre las que destacamos: las grandes distancias en 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 posible mejorando los niveles de producción, todo esto con miras a mantener a la empresa en niveles competitivos dentro del mercado mundial.

Nanotec (2017) señala que en el año mil setecientos noventa y cinco se establecieron los primeros movimientos de materiales a través de cintas transportadoras y las primeras instalaciones se realizaban en terrenos planos y se desplazaban a través de distancias cortas. Todo este primer boceto era muy básico y con materiales no tan útiles para la industria, como cintas de cuero o lonas, así como el uso de cintas de goma que deslizaba a través de una tabla de madera, la cual no podía sostener tanto peso en el transcurso y por eso las distancias eran cortas.

Los departamentos de calidad no aprobaban con éxito este proceso, pero dio pie a la ingeniería para aprobar las cintas transportadoras como un método viable económicamente, así como seguro para transportar materiales de un lugar a otro, independientemente si no se hacía en ese momento, también de gran peso. Los métodos de transporte de la compañía conocida como H.C. Frick en 1920 fueron los que mostraron que las cintas también podían trabajar a distancias largas. Estas instalaciones se produjeron bajo tierra, la cual recorría aproximadamente 10 kilómetros de distancia y consistía en múltiples pliegues con algodón de pato y una cubierta de goma normal, que eran materiales básicos para las cintas en ese momento. Ya en el año 1913 el fundador de Ford Motor Company, Henry Ford, implemento una cadena de montaje que tenía como boceto principal las cintas transportadoras en las salas de instalación de su empresa. En la Segunda Guerra Mundial, los materiales básicos para realizar cintas transportadoras prácticamente desaparecieron, haciendo que las industrias creadoras de goma se propusieran a crear material sintético para sustituir a los comunes. Desde ese momento se han desarrollado una gran cantidad de materiales para aplicaciones específicas en las industrias, como las bandas con material

antimicrobiano en el caso de las industrias alimentarias o bandas de resistencia para industrias que ameriten soportar altas temperaturas. En el siglo XIX se establecieron las primeras cintas transportadoras y específicamente, en 1901, la empresa sueca Sandvik se encargó de inventar y producir las primeras cintas transportadoras de acero, que son las más comunes por la gran cantidad de peso que soportan y la distancia que pueden ofrecer en base a su costo básico.

Actualmente, las cintas transportadoras tienen de todo tipo de características con respecto a su motor, acoplamiento, velocidad y sus materiales como rodillos o tambores. Los acoplamientos de alta velocidad son generalmente rígidos, elásticos o magnéticos, y van conectados directamente al motor reductor. También están los acoplamientos de baja velocidad, que son generalmente elásticos en caso de que la industria lo considere necesario, y en caso de que no, irían conectados directamente al motor reductor como los de alta velocidad. Además de estos materiales, las cintas de transporte han ido avanzando en la historia hasta en el apartado de seguridad, donde realizan protecciones en todos los lugares donde haya transmisiones y riesgos. De acuerdo con el análisis que se lleva a cabo y a sus objetivos, se requiere la revisión de antecedentes relacionados al caso, como apoyo en el desarrollo de este. A continuación, se muestran algunos de los antecedentes.

Según Maldonado (2018) en su tesis “Cálculo, selección y simulación de accionamiento de motor eléctrico – banda transportadora industrial”. Señala que las Fajas Transportadoras son elementos esenciales en todo transporte de materiales como minería, construcción, agroindustria e industria en general ya que constituye la forma

más económica de trasladar los materiales de un punto a otro, existiendo en el mercado una gran variedad de modelos y tipos dependiendo del material o equipos para movilizar. Además, tienen diversos ángulos de inclinación que serán de utilidad cuando la carga se debe trasladar de un nivel alto a otro más bajo. Tienen una gran ventaja ya que es posible descargar y cargar el material en cualquier punto del recorrido. Además, el producto que se traslada no sufre mayor alteración e incluso se puede optar por Fajas transportadoras Tubulares, donde el material viaja cerrado.

Para Acuña (2016) en su Tesis: “Análisis para la Implementación de una Banda Transportadora para Mineral en el Circuito de Chancado de la Cía. Minera Maperu”, concluye que: Mediante el uso de esta faja se eliminó la contaminación por la exposición del mineral al medio ambiente optimizando el proceso de transporte de minerales y agilizando el transporte de estos. Los resultados obtenidos corresponden a la condición más crítica en el análisis el cual ocurre en el momento del arranque o frenado cuando las fajas se encuentran cargadas de mineral en todo su tramo y considerando los tiempos de arranque o frenado.

Para Morales (2016), en su tesis “Metodología de planificación a cielo abierto considerando incorporación de in pit crusher and conveyors”. Señala que: El costo de transporte con el transcurrir de los años y la madurez de los rajos va en aumento, debido al incremento de los costos de los consumibles, como son: los combustibles, lubricantes, repuestos, neumáticos, etc. Es por ello que urge el estudio, mejora e implementación de metodologías existentes pero dejadas al desuso por la costumbre, limitados conocimientos, o en el peor de los casos conocimientos errados respecto al

tema. Las implicancias del uso de métodos y tecnología de punta en el manejo de materiales son diversas y ampliamente ventajosas, sin embargo, no se encuentran exentas de ciertas limitaciones y desventajas, las cuales se pueden controlar en base a un buen conocimiento de planificación de minas usando In-Pit Crushing and Conveyors.

Lengua (2016) en su tesis: “Estudio de poleas motrices de sección t para fajas transportadoras clasificadas entre 800 y 2 500 PIW (Pág. 05). Señala que: Las fajas transportadoras han logrado una posición muy importante dentro del transporte de materiales debido a sus ventajas económicas, seguridad de operación, fiabilidad, versatilidad y por el rango casi ilimitado de capacidades. Al diseñar una faja transportadora no solo se debe considerar la correa, también están involucrados los diseños de rodillos, poleas, sistema de transmisión, soportes, chutes de descarga y accesorios. Actualmente las fajas transportadoras, son capaces de operar con capacidades muy altas, llevando toneladas de materiales a granel que serían más costosas de transportar por otros medios.

Palacios (2015), en su trabajo de investigación “transporte de sólidos” señala: La tecnología de transporte continuo mediante bandas transportadoras se ha establecido a través de todo el mundo para el movimiento de materiales y cargas debido a su gran versatilidad y economía. Este sistema de transporte de banda es muy eficiente para la minería ya que opera en su propia cama de rodillos, los cuales requieren un mínimo de atención.

Los transportadores pueden seguir la naturaleza ordinaria del terreno, debido a la habilidad que poseen para atravesar pasos relativamente inclinados (pendientes y gradientes, de hasta 18°, dependiendo del material transportado). Con el desarrollo de tensiones elevadas, materiales sintéticos y/o miembros reforzados de acero, un tramo del transportador puede extenderse por millas de terreno con curvas horizontales y verticales sin ningún problema.

Calzado (2015) en su tesis “Selección y modelado de los componentes de las fajas transportadoras de mineral seco de cobre del proyecto minero Constancia”. Señala que, en la actualidad, el procesamiento de un producto industrial, agroindustrial, agrícola y minero están sujetos a diferentes movimientos, ya sean en sentido vertical, horizontal e inclinados. Para cumplir este objetivo, son utilizados equipos con el nombre de Fajas Transportadoras. Las fajas transportadoras, vienen desempeñando un rol muy importante en los diferentes procesos industriales y esta se debe a varias razones entre las que destacamos las siguientes: las grandes distancias a las que se efectúa el transporte, su facilidad de adaptación al terreno, su gran capacidad de transporte, la posibilidad de diversos materiales (minerales, vegetales, combustibles, fertilizantes, etc.)

Butler & Santos (2015) en su tesis: “Diseño de un sistema de transporte de polimetales de 1000 Tm/h por medio de fajas transportadoras para aumentar la capacidad instalada de los almacenes de Cormin en el puerto del Callao”, señala que: Las cintas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de manejo de paletas

permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente ahorrando mano de obra y transportando rápidamente grandes volúmenes de carga, lo que disminuye costos a las empresas que envían o reciben enormes cantidades de productos, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario.

Las ventajas que tiene la cinta transportadora son:

- Permite el traslado de materiales a gran distancia.
- Se adapta a la necesidad del terreno.
- Tiene una gran capacidad de transporte.
- Permite transportar una variedad grande de materiales.
- Es posible la carga y descarga en cualquier punto trazado.
- Se puede desplazar.
- No altera el producto transportado.

Huamán (2014) en su Tesis “Tecnología de bandas transportadoras”. Señala que el sistema de banda transportadora es considerado como un sistema que minimiza el trabajo que permite que grandes volúmenes sean movidos rápidamente a través de procesos, permitiendo a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento menores con un menor gasto.

Toledo & Tovar (2013). En la actualidad, la industria minera en general exige mayor productividad y reducción de costos en todos sus procesos productivos. El Sistema In-Pit Crushing and Conveying (IPCC) es practicado en operaciones de open pit a nivel mundial, ya que permite realizar el transporte continuo de mineral y estéril desde el tajo hacia su destino final mediante el uso de camiones y faja transportadora.

Los resultados son: mayor rentabilidad del proyecto minero, incremento de productividad de los equipos, reducción de costos operativos, reducción de la contaminación ambiental y reducción de los incidentes de trabajo.

Basurto (2013) en su tesis “Diseño de Bandas Transportadoras Tubulares”, concluye que: Las bandas transportadoras tubulares manejan pendientes máximas de 30° y curvas de hasta 90° en la trayectoria del transportador, cualidad que no poseen las bandas transportadoras convencionales. Las bandas transportadoras tubulares eliminan la generación de polvo y los derrames del producto, característica especialmente útil cuando se transportan materiales contaminantes con el medio ambiente. Los fabricantes de fajas transportadoras se han anticipado a las necesidades de la industria de forma consistente con mejoras en los diseños y con componentes que han excedido todos los requerimientos conocidos. La fiabilidad y las seguridades son ahora excelentes debido a que las fajas disponibles son más resistentes y durables, así como las partes mecánicas mejoradas y mandos eléctricos, dispositivos de seguridad muy sofisticados.

El método de Valor Presente 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 alternativa que presente menor VP debe seleccionarse. El Valor presente se usa ampliamente en los trabajos de Ingeniería Económica. Una de las varias expresiones algebraicas para el valor presente se muestra en la siguiente ecuación.

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

Valor Presente Neto.

Fuente: Hernández (2003).

Donde:

VP= valor presente.

A_j= pago (costo) en el año j.

i = tasa de interés.

n = número de período.

FVA= factor de valor actualizado de un solo pago = $1/(1+i)^n$

1.2. Formulación del problema

¿Es posible realizar un análisis comparativo del uso de fajas transportadoras y camiones para el acarreo en minería a cielo abierto?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Analizar los costos unitarios entre fajas transportadoras y camiones para transporte de mineral en minería a cielo abierto.

Objetivos específicos

Determinar las características técnicas de diseño de la faja transportadora

Determinar las características técnicas de diseño de los camiones

Comparar los costos del sistema de transporte con fajas transportadoras y camiones.

Proponer la alternativa de transporte más apropiada considerando criterios técnicos, económicos y ambientales.

1.4. Hipótesis

Hipótesis general

El análisis de costos unitarios entre fajas transportadoras y camiones, nos permitirá determinar qué sistema de transporte es el más económico en operaciones mineras a tajo abierto.

Hipótesis específicas

El análisis de costos unitarios de fajas transportadoras influirá significativamente en el transporte continuo de mineral en minería a cielo abierto.

El análisis de costos unitarios de los camiones influirá significativamente en el transporte de mineral en minería a cielo abierto a distancias cortas y largas.

La comparación de costos unitarios entre fajas transportadoras y camiones permitirá elegir el sistema de transporte más económico.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación busca determinar la implementación del sistema de Fajas Transportadoras para el acarreo de material, así como comparar los costos unitarios entre camiones y Fajas Transportadoras. Es aplicada, No Experimental descriptivo, porque nos permite describir las situaciones o características de un proceso de trabajo para determinar los costos, tiempos y rendimiento de los equipos usados en minería. Es de tipo No experimental, debido que éste se realiza sin manipular los datos. Es decir, se trata de estudios donde no se varían en forma intencional el rendimiento,

2.2. Población y muestra

Población. La población está constituida por la flota de camiones que acarrear el mineral y el transporte con fajas transportadoras.

Muestra. Se ha seleccionado como muestra representativa al acarreo de mineral con camiones y el transporte de mineral con faja transportadora en Cajamarca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica de recolección de datos la realizaremos de los reportes de operación de mina para posteriormente emplear la simulación y herramientas matemáticas.

Los instrumentos de recolección de datos son los reportes diarios, emplearemos cronometro para determinar tiempos, GPS para determinar distancias y velocidad incorporada en los equipos de transporte; para analizar y procesar los datos emplearemos hojas de cálculo.

2.4. Procedimiento

Para realizar la presente investigación se realizó visitas a campo para obtener la información, toma de datos de tiempos y costos empleados en mina. Una vez obtenida la información necesaria realizamos los cálculos necesarios para determinar los costos unitarios de los camiones y fajas transportadoras las cuales fueron procesadas en gabinete siendo comparadas con investigaciones de otros autores. Estos cálculos fueron realizados empleando fórmulas matemáticas y hoja de cálculo. Con la información obtenida compararemos resultados los que permitirán establecer cuáles son los costos más apropiados en el sistema de transporte de minerales.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo describiremos los resultados obtenidos en el cálculo y diseño de los parámetros de las fajas transportadoras y el número de camiones. Para ello daremos a conocer todos los elementos que intervienen en con la finalidad de realizar un análisis de cada uno de los mecanismos que componen la faja y los camiones.

3.1. Características técnicas de la Faja Transportadora

Para lograr el diseño correcto de una cinta 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.

- **Material a transportar**

El material que se tomara como ejemplo es un material estéril que, generalmente posee una litología diversa, es decir, intercalaciones monótonas de areniscas, limolitas, lutitas arenosas y lentes de calizas como consecuencia del mezclado que se efectúa durante las labores de arranque en los frentes de 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 recomienda reducir de tamaño, a una granulometría máxima de 600 mm, a ser acarreados por FT.

- **Propiedades físicas del material**

Dichas propiedades se determinaron a partir de estudios que se en minería a cielo abierto. 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 material que será extraído.

Tabla 1:

Características de material estéril

Densidad banco (ton/m ³)	Densidad Suelto (ton/m ³)	Factor de esponjamiento	Factor de compactacion	Angulo de reposo	Temperatura (°C)	Abrasividad del material
2,40	1,66	1,45	1,30	32°	40	Muy abrasivo

Fuente: Golder Associates (1997).

- **Ángulo de reposo (φ), ángulo de sobrecarga (β) y fluidez del material.**

De acuerdo con las características del material a transportar, el ángulo de reposo (φ) se encuentra en el rango entre 30°–34°; sin embargo, el ángulo de reposo empleado por la empresa, para transportar el carbón con cinta es de 32° por un factor de seguridad de 0,85; dando un ángulo de reposo (φ) de 27°. Valor que se encuentra dentro del rango 30°-34° ángulo de reposo sin factor de seguridad, ángulo de sobrecarga 20°, fluidez del material media y características del material (irregular y tamaño de peso medio).

- **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 300-600mm.

- **Máximo tamaño de grano a transportar**

Por ser este valor importante para la selección del ancho de la banda se realizar un estudio en campo del tamaño máximo del material a acarrear, resultando ser de aproximadamente 1 m de largo, valor que sobrepasa las dimensiones de una cinta transportadora, por lo que se recomendaría reducir de tamaño y llevar a una

salida máxima de 600 mm. Para ello se estima colocar una trituradora que pueda manejar una alimentación de unas 17,000 ton/h, de un (1) m de apertura de boca y como se dijo antes una salida de 600mm como máximo. La Tabla 2 da un resumen sobre las características del material a transportar y la cinta.

Tabla 2:

Características del material a transportar y la faja

Angulo de reposo	Angulo de Sobrecarga	Angulo máximo de los rodillos	Fluidez del material	Tamaño máximo del material (mm)
27°	20°	35°	Media	600

Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de carga**

La secuencia de explotación se definirá, mediante niveles preestablecidos en este caso tomaremos como referencia intervalos de 15m por encima de la cota 60 e intervalos de 12m por debajo de ésta., un requerimiento de remoción de estéril de 470.836 MM MCB.

Para el diseño de la FT nos centraremos en un área donde se debe remover un total de 324.475 MM MCB. En la Tabla 3 se observa un ejemplo del crecimiento de la demanda por año, comenzando la extracción en el 2015.

Tabla 3

Evaluación de área.

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
MM MCB	8,462	13,300	25,450	33,050	33,050	33,050	33,050	179,412

Fuente: Elaboración propia.

Del cual se tiene previsto acarrear con la cinta transportadora un total de 179.412 MM MCB, ver Tabla 4:

Tabla 4:

Cálculo de productividad en fajas transportadoras.

Producción total (MCB)	Producción anual (MCB)	Producción total al año (h)
179.412.000	33.050.000	4828,69

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.

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 debería tomar como base un trazado que resulta paralelo o lo más cercano posible a una la vía de acceso a la mina.

Las longitudes y diferencias de cota de cada tramo se muestran en la Tabla 5

Tabla 5:

Longitudes de fajas transportadoras.

Tramo inclinado (Lp)	Tramo horizontal (Lh)	Cota Inicial (m)	Cota final (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)
A –B	-	100	90	258,20	7
	B - C	90	90	289,70	0
	C - D	90	90	1596,50	0
	D - E	90	90	548,30	0

Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los tramos de la cinta estará vinculado por medio de estaciones de transferencia, por lo cual se requieren estaciones en total. Para la instalación de la FT se requiere cortar o rellenar tierra en alguno de los tramos, de modo de preparar el acceso a las instalaciones y facilitar el posterior mantenimiento.

Obtenido el diseño de la FT y sus longitudes con el Mincom® se definió la trayectoria total, longitud de los tramos inclinados y ángulo de inclinación por medio de las ecuaciones matemáticas propuestas por (Hinojosa, 2002).

Trayectoria de la banda transportadora

Para el cálculo de la proyección horizontal de la longitud total de la banda (L), se utiliza la Ecuación 1 pág.16, compuesta por la sumatoria de todos los tramos horizontales más la proyección horizontal de la totalidad de tramos inclinados; es decir, A-B proyección horizontal del tramo inclinado; B-C, C-D y D-E tramos horizontales.

$$L = \sum(289,70 + 1,596.70 + 548.30)m + \sum 2,589.20m$$

$$L = 2,434.50m + 2,589.20 = 5,023.70$$

Longitud de los tramos inclinados (L_i)

Para obtener esta longitud se debe conocer la altura de elevación de los tramos inclinados, la cual es de 10m en el tramo A-B. Utilizando la Ecuación de tramos inclinados, se obtuvo el siguiente resultado:

Ecuación 1:

Tramos inclinados

$$L_i = \sqrt{(-10.00m)^2 + (2,589.20m)^2}$$

$$L_i = \sqrt{6,704.64m^2} = 2,589.20 \text{ m}$$

Ángulo de inclinación de la banda (φ)

Es el ángulo que se requiere para evitar que deslice el material en la banda, se puede adquirir con la Ecuación 2:

Ecuación 2:

Angulo de inclinación

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{10.00m}{2,589.20m} \right) = 12^\circ$$

Los siguientes resultados darán a conocer los parámetros de la FT para acarrear el estéril del área Sur; de acuerdo con los cálculos antes mencionados.

Ancho de la banda

Para determinar el ancho de la banda transportadora se tomará en cuenta la Tabla 2, Catálogo de Goodyear (1975) para fragmentos de un tamaño máximo de 600 mm (24”) resultando un ancho de banda de 2400mm (95”).

Velocidad de la banda

Para obtener la velocidad requerida por la banda se utilizó la Tabla 3, 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 2,50m/s.

Capacidad máxima de transporte

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

Área de la sección transversal carga sobre la banda, para rodillos en terna, se obtiene por medio de la Ecuación 3:

Ecuación 3: Capacidad máxima de transporte

$$b = (0.90 * 2.40) - 0.05 = 2.11m$$

$$A = \frac{1}{4} * (2.11)^2 [\tan(27^\circ) + 0.75 \tan(35^\circ)] = 1.15m^2$$

Conocida el área y la velocidad se procede a calcular la capacidad volumétrica con la Ecuación 4.

Ecuación 4:

Capacidad Volumétrica

$$Q_v = 3,600 * 1.15(m^2) * 2.50(m/s) = 7,148.02 m^3/h$$

Para la capacidad de transporte en ton/h se utilizó la Ecuación 5.

Ecuación 5:

Capacidad de transporte.

$$Q_t = 2.40 ton/m^3 * 7,148.02 m^3/h = 7,155.20 ton/h$$

Dado que hay varios tramos en el diseño de la cinta transportadora a partir de los siguientes resultados solo es desarrollado el cálculo del tramo A-B y los tramos restantes se resumen en la Tabla 5

Fuerzas en la faja

Estas fuerzas dependen a su vez de un factor llamado coeficiente de fricción de las partes móviles “f”, siendo el valor estándar de 0,02.

$$f = 0.02$$

Según las normas DIN 22101 (ver Anexos), se emplea un coeficiente “C” variable con la longitud de la cinta, el cual se puede obtener con la Ecuación 6:

Ecuación 6:

Variable con Longitud de faja

$$C = 15.90 * 2,589.2^{-0.61} + 0.77 = 0.90$$

Peso de las partes móviles de la faja.

Este valor puede ser calculado con la Ecuación 7, comprende espaciamiento entre los rodillos, peso de los rodillos superiores y de retorno, así como el peso de la cinta.

Ecuación 7:

Peso de las partes móviles de la faja

$$G = 2.00 * 40.50 \text{ kg/m} + \frac{33.00 \text{ kg}}{1.00 \text{ m}} + \frac{33.00 \text{ kg}}{3.00 \text{ m}} = 125.00 \text{ kg/m}$$

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 8:

Ecuación 8:

Fuerza para mover la cinta en vacío.

$$F_1 = [0.90 * 0.02 * 2,589.20m * 125.00 \text{ kg/m}] * 980 \text{ m/s}^2 = 57,195.48N$$

Fuerza para desplazar el material horizontalmente

Esta fuerza se puede adquirir con la Ecuación :

Ecuación 9:

Fuerza para desplazar el material horizonte.

$$F_2 = \left[\frac{0.90 * 0.02 * 2,589.20m * 17,155.24 \text{ t/h}}{3.60 * 2.50 \text{ m/s}} \right] * 980 \text{ m/s}^2 = 872,179.71N$$

Fuerza para elevar o bajar el material

Se determina mediante la Ecuación 10:

Ecuación 10:

Fuerza para elevar o bajar el material.

$$F_3 = \left[\frac{10.00m * 17,155.24 \text{ t/h}}{3.60 * 2.50 \text{ m/s}} \right] * 980 \text{ m/s}^2 = 186,801.51N$$

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 11:

Ecuación 11:

Potencia adicional.

$$P_s = [0.08 * 2,5 \text{ m/s}] * 2,589.20 = 517.84kw$$

Potencia teórica

La potencia teórica es la suma de las fuerzas necesarias para transportar el material, se obtiene con la Ecuación 12:

Ecuación 12:

Potencia teórica.

$$P = \frac{[57,195.48 + 872,179.71 + 186,801.51]N * 2.50 \text{ m/s}}{1,000.00} + 517,84kw$$
$$= 3,308.28kw$$

Potencia del motor

La potencia del motor requerida se obtuvo con la Ecuación 13:

Ecuación 13:

Potencia de motor

$$P_m = \frac{3,308.28kw}{0.95 * 0.93} = 3,744.52kw$$

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 14:

Ecuación 14:

Potencia efectiva

$$T_e = \frac{1,000 * 3.308.28kw}{2.50 \text{ m/s}} = 1'323,312.70N$$

Tensión en lado apretado T1

Para precisar la cantidad de tensión necesaria en el lado apretado se utiliza la Ecuación 20, la cual a su vez requiere de la Ecuación 21:

El valor de “m” se puede estimar con la Ecuación 15:

Ecuación 15:

Tensión del lado apretado.

$$m = 1.00 + \left[\frac{1.00}{e^{0.40 \cdot 440 \cdot \frac{\pi}{180.00}}} \right] = 1.05$$

$$T_1 = 1'323,312.70N * 1.05 = 1'389,478.34N$$

Tensión en el lado flojo T2

La tensión T2 se resuelve por medio de la Ecuación 16:

Ecuación 16:

Tensión del lado flojo

$$T_2 = 1'389,478.34N - 1',31270N = 66165.64N$$

Tensión en el retorno de la banda T3

La tensión T3 se conoce como tensión en el retorno y se puede determinarse por medio de la Ecuación 17:

Ecuación 17:

Tensión en el retorno de la faja

$$T_3 = 0.90 * 0.02 * 2,589.20m(40,50 \text{ kg}/m + \frac{33.00\text{kg}}{3.00m} * 9.80 \text{ m}/s + 66,165.64N$$

$$= 89,730.17N$$

Tensión del contrapeso Tcp

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 18 que indica el lugar donde se encuentra el contrapeso.

Ecuación 18:

Tensión de contrapeso.

$$T_{cp} = 2.00 * 66,165.64N = 132,331.27N$$

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 19 así:

Ecuación 19:

Tensión debido al peso de la banda en una pendiente.

$$F_{banda} = 40.50 \text{ kg/m} * 10.00 * 9.80 \text{ m/s}^2 = 3,969.00N$$

Tensión mínima T₀. Para evitar ondulaciones en la banda se procura que en ningún punto de la faja se obtenga una tensión inferior a la tensión mínima T₀, la misma es estimada por la Ecuación 20 en conjunto con la Ecuación 21 como se muestra:

Donde:

M_{pm} = es la carga del material por metro de banda y es determinado con la Ecuación

21:

Ecuación 20:

Carga de material por medio de la banda.

$$M_{pm} = \frac{17,155.24 \text{ t/h}}{3.60 * 2.50 \text{ m/s}} = 1,906.14 \text{ kg/m}$$

Ecuación 21:

Tensión Inicial.

$$T_0 = \frac{1.00(40.50 \text{ kg/m} + 1,906.14 \text{ kg/m})}{8.00 * 0.02} * 9.80 = 119,231.57N$$

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 siguiente ecuación

Ecuación 22:

Tensión de trabajo unitario.

$$T_u = \frac{1'478.34N}{1,000.00 * 2.40m} = 578.95 N/mm$$

Para los tramos que se puedan tener se procederá a realizar los mismos cálculos, obteniendo como resultado los datos mostrados en la tabla 5:

Las tablas 6 y 7 mostradas en la página siguiente resumen las especificaciones técnicas y el tipo de banda transportadora en función del material.

Especificaciones teóricas de la faja transportadora

Tabla 6:

Especificaciones de la banda transportadora

Material transportado	Material estéril (arenisca, limolitas duras y lutitas)			
Intervalo de temperature	40°C			
Tamaño máximo de partícula	600mm			
Distribución del tamaño de partícula	70% de fino y 30% de grueso			
Densidad del material	2,40t/m ³			
Abrasividad del material	Muy abrasive			
Área de la sección	1,15m ²			
Capacidad	17.155,24t/h			
Velocidad	2,50m/s			
Distancia total	5.023,70m			
Longitud por tramo	A-B: 2.589.20m	B-C: 289.70m	C-D: 1.596.50m	D-E: 548.30m
Altura de elevación tramo A-B, H	10m			
Ancho de banda	2,40m			
Distancia entre los rodillos	Superior: 1,00m	Inferior: 3,00m		
Ángulo de inclinación tramo A-B	12°			
Peso de la cinta	40,50kg/m			
Potencia instalada	A-B:3.744,50kw	B- C: 480,30kw	C-D: 2.064,20kw	D-E: 809,30kw
Tensión requerida	A-B:578,00N/mm	B-C: 74,00 N/mm	C-D: 319,00 N/mm	D-E: 125,00N/mm

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de los tipos de banda en función del material

Tabla 7:

Tipos de banda en función del material.

Banda transportadora	3/8 – 5/32 EP 800/4 tipo B x 95”
Tipo de banda	tipo B
Ancho de banda	95” = 2.400 mm
Tipo de carcasa	EP (poliéster-poliamida)
Resistencia de la banda (N/mm)	800
Número de capas de la carcasa	4 capas
Cobertura superior (mm)	3/8” = 10 mm
Cobertura inferior (mm)	5/32” = 4 mm

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar con la evaluación realizada en la FT se ilustra mediante las tablas 8 y 9 páginas siguientes, un resumen de la cantidad de equipos y personal de operación y mantenimiento.

Especificaciones técnicas de los equipos requeridos en la faja

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, las tolvas, contrapesos, poleas entre otros componentes, también como los equipos necesarios para cumplir toda la operación de carga y acarreo.

Tabla 8 se observa el número de operadores por grupos de trabajos que es 4 para la operación y mantenimiento de la banda transportadora y sus equipos, cada uno trabaja cuatro (4) días, dos (2) en el turno diurno y dos (2) turno nocturno, descansando cuatro (4) días a la semana.

Personal para la operación y mantenimiento de estos equipos.

Tabla 8:

Personal para la Operación y mantenimiento de equipos.

Equipos	N° Operadores			
Faja	(1) Supervisor de Operaciones	(1) Operador de Sala de Control	(3) Electricistas	(3) Mecánicos
Trituradora	(1) Operador de Sala de Control	(1) Supervisor de Mantenimiento	(1) Electricistas	(1) Mecánicos
Camiones Cargador frontal	Para alimentar la banda se hace necesario la participación de trece (13) Operadores por cada grupo de trabajo. Se debe adquirir cuatro (4) Operadores uno (1) por cada grupo de trabajo.			
Apilador	El Apilador requiere un (1) operador por cada grupo.			

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Características técnicas de los camiones

Primero, se procede a identificar el trazado de la vía por donde deben pasar los camiones, 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 compuesta 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, medidas de longitudes de la vía de acceso de los camiones y cálculo de las pendientes, Tabla 9.

Tabla 9:

Distancias y pendientes de acarreo con camiones.

Distancia en subida (m)	Pendiente (%)	Distancia en horizonte (m)	Pendiente (%)	Distancia en bajada (m)	Pendiente (%)	Distancia Total (m)
2,40	8,00	3663,00	0,00	1449,00	7,70	6900,00

Fuente: Elaboración propia.

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

Cálculo del número de camiones

En esta sección el cálculo de los camiones se realiza con CAT-793D con una capacidad de 92,99 m³B (240 toneladas Caterpillar), modelo utilizados en las empresas de minería a cielo abierto.

1. Tiempos fijos (Ortiz et al. 2001)

Este comprende:

- Tiempo de maniobra de carga: 0,80 min.
- Tiempo de maniobra de descarga: 0,40 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 23:

Ecuación 23:

Tiempos Fijos.

$$N^{\circ}_{pases} = \frac{92.99m^3B}{28.00m^3/pases * 0.89} = 3.69 \approx 3.00pases$$

Luego se procede a calcular

el tiempo de carga con la Ecuación 24:

Ecuación 24:

Tiempos de carga

$$T_{\text{tiempo de carga}} = 3.00 \text{pases} * 0.56 \text{min} * 0.80 = 1.34 \text{min}$$

Ahora se determina el tiempo total del ciclo con la Ecuación 25:

Ecuación 25:

Tiempo total de ciclo.

$$T_{\text{total del ciclo fijo}} = (1.34 + 0.80 + 0.40 + 0.80) \text{min} = 3.34 \text{min}$$

2. Tiempos variables (Hernández, 2003)

Estos tiempos están compuestos por los tiempos de acarreo (camión cargado) y tiempo de retorno (camión vacío), Tablas 10 y 11. Para adquirir estos tiempos se emplea el Gráfico 1 Desempeño de la tracción y Gráfico 2 Desempeño de freno, suministrados por www.educarchile.cl.

Con las pendientes obtenidas en el programa Mincom® y el peso del camión cargado se determinan las velocidades con los gráficos de Desempeño de la tracción y del freno, en el caso que sobrepasen los 50km/h se asume la máxima permisible en la mina por normas de seguridad (Caterpillar): 45km/h para el camión vacío y 35km/h para el camión cargado. Sin embargo las políticas de cada empresa son diferentes por lo que un promedio es : cargados en un rango de 15-24km/h (250-400m/min) subida, en bajada y horizontal 42km/h (700m/min), por otra parte vacío en subida 36km/h (600m/min), bajada y horizontal 42km/h (700m/min), comparando estas velocidades con los gráficos antes mencionado se estableció que dichas velocidades se encuentran dentro de los límites establecidos por el fabricante (Caterpillar), valores que se tomaron para adquirir los tiempos.

Tabla 10:

Tiempos variables de acarreo (Camión Cargado)

	Distancia (m)	Resistencia Pendiente (%)	Velocidad (m/min)	Tiempo Total (m/min)
Subida	1788	8,00	250	7,15
Plano	3603	0,00	700	5,23
Bajada	1449	7,70	700	2,07
Tiempo Total				14,45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Tiempos variables de acarreo (camión vacío)

	Distancia (m)	Resistencia Pendiente (%)	Velocidad (m/min)	Tiempo Total (m/min)
Subida	1449	8,00	600	2,42
Plano	3663	0,00	700	5,23
Bajada	1788	7,70	700	2,55
Tiempo Total				10,20

Fuente: Elaboración propia.

Sumatoria de los tiempos del ciclo variables antes calculado.

$$Tt \text{ ciclo variable} = (14.45 + 10.20)min = 24.66min$$

Con los tiempos fijos y variables alcanzados se determina el tiempo total del ciclo con la Ecuación 26:

Ecuación 26:

Tiempo total de ciclo.

$$Tt \text{ ciclo} = (24.66 + 3,34)min = 28.00min$$

Con la Ecuación 27, se ajusta el tiempo total del ciclo con el factor de eficiencia operativa:

Ecuación 27:

Tiempo de ciclo ajustado.

$$Tiempo \text{ ciclo ajustado} = \frac{28.00min}{0.80} = 35.00min$$

El número de ciclos por hora se obtiene con la Ecuación 28:

Ecuación 28:

Nº de ciclos por hora.

$$N^{\circ} \text{ ciclo/h} = \frac{60.00 \text{ min}}{35.00 \text{ min}} = 1.70 \text{ ciclo/h}$$

Con el número de ciclos por hora y la capacidad del camión se alcanza la producción

Ecuación 29:

Producción

$$Q_{cr} = 240.00 \text{ t/h} * 170 \text{ ciclo/h} = 411.41 \text{ t/h}$$

Ecuación 30:

Número de camiones.

$$N^{\circ} \text{ camiones} = \frac{7,148.02 \text{ m}^3/\text{m} + 0.10}{411.41 \text{ t/h}} = 17 \text{ camiones}$$

Luego con este resultado y la disponibilidad mecánica (Dm) 80%, el número de camiones ajustado se establece en la Ecuación 31:

Ecuación 31:

Número de camiones ajustados.

$$N^{\circ} \text{ camiones}_{\text{ajustado}} = \frac{17 \text{ camiones}}{0.80} = 21.72 \approx 22 \text{ camiones}$$

Ecuación 32:

Número de camiones por pala.

$$\text{Camiones/pala} = \frac{28.00}{3.34} = 8.4 \approx 8 \text{ camiones/pala}$$

Ecuación 33:

Numero de palas.

$$N^{\circ} \text{ palas} = \frac{7,148.02 + 0.10}{2,100.00} = 3.1 \approx 3 \text{ palas}$$

Para calcular el número de palas necesario para la faja transportadora se emplearon los mismos cálculos de la tabla 11.

Tabla 12: Tiempo teórico del ciclo de los camiones para la banda transportadora

Tiempo fijo

Tiempo de maniobra en el sitio de carga	0,80
Tiempo de carga	1,34
Tiempo de maniobra en la descarga	0,40
Tiempo de descarga	0,80

N° de pases de la pala	3,00
Capacidad del camión (m ³)	92,99
Capacidad del balde (m ³ /pase)	28,00
Factor de llenado	0,90

Tiempo de carga (min)	1,34
Tiempo de ciclo	0,56
Factor de operación	0,80

Tiempo total del ciclo fijo 3,34

Tiempo variable

Tiempos variables de acarreo (camión cargado)

	Distancia (m)	Resistencia Pendiente (%)	Velocidad (m/min)	Tiempo Total (m/min)
Subida	1160	7,86	250	4,64
Horizontal	1500	0,00	700	2,14
Tiempo Total				6,78

Tiempos variables de acarreo (camión vacío)

	Distancia (m)	Resistencia Pendiente (%)	Velocidad (m/min)	Tiempo Total (m/min)
Horizontal	1500	0,00	700	2,14
Bajada	1160	7,86	700	1,66

	Tiempo Total
	3,80
Tiempo total del ciclo variable	10,58
Tiempo total del ciclo (min)	13,93
Tiempo de ciclo ajustado (min)	17,41
Tiempo de ciclos por hora (ciclo/h)	3,45
Capacidad productiva de un camión (ton/h)	827,18
Capacidad del camión en ton/ciclo	240,00
N° de camiones	8,64
Toneladas requeridas por horas	7.148,02
Holgura (10%)	0,10
N° de camiones ajustados	10,00
Disponibilidad mecánica	0,85
Estimación de ciclos de un camión	
Número de camiones por pala	3,00
N° de cargadores	
MCB por hora	7.148,02
Productividad del equipo m ³ /h	2.100,00
Holgura (10%)	0,10

Fuente: Elaboración propia.

Personal requerido

Para llevar a cabo las operaciones de acarreo de estéril se requieren 22 operadores en cada turno, mientras que para alimentar y descargar la banda son 13 operadores.

Para este estudio no se tomará en cuenta el cálculo de los costos del personal de operación y el del equipo de carga (pala), se requiere la misma cantidad tanto para los camiones como para la alimentación de la FT.

3.3 Costos comparativos de fajas transportadoras y camiones

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

Costos de inversión, operación y mantenimiento

A.- Faja transportadora

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

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

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

Inversión inicial

El costo por metro lineal de la banda transportadora es de US\$ 21.770.000 el cual incluye: faja, 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, tolva de descarga, 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.

Costos anuales

Los costos de operación son de US\$ 32.000 por cada operador. Para el mantenimiento de la cinta se necesitan ocho (8) operadores por cuatro (4) grupo de trabajo, sumando un total de US\$ 1.024.000.

Costos de energía, tiene un total de US\$ 26.000 al año.

Costos de mantenimiento

Este costo se divide en:

Preventivos: incluye lubricantes por un total de US\$ 5.396,20 años.

Correctivos: mantenimiento de máquinas, combustible, soldadura de mano de obra y materiales; el costo se estima en US\$ 193.416,19. Sin embargo, existen otros componentes que se reemplazan cada dos (2), cuatro (4) y ocho (8) años.

Equipos requeridos para el acarreo de material de alimentación de la cinta.

B.- Camiones.

Inversión inicial

El costo unitario de las unidades de acarreo es de US\$ 4.500.000 y se calculó el requerimiento de 13 camiones, lo que suman un total de US\$ 69.030.000.

Costos anuales

Combustible: por año se espera requerir un monto de US\$ 26.416,13 en combustible por camión y siendo una flota de 13 camiones se hace un total de US\$ 343.357,69 en el mencionado periodo.

Personal de operación: se necesitan 52 operadores, los cuales individualmente representan un desembolso anual de US\$ 32.000, siendo por todo el grupo de US\$ 1.664.000.

Costos de mantenimiento

Preventivo: este incluye aceites, filtros, refrigerantes y cauchos. Se requieren US\$ 329.909,55 para cada camión y en total de US\$ 4.288.824,15 por año.

Correctivo: contempla mantenimientos de la maquinaria, soldadura, mano de obra, consumible, materiales de soldadura, refrigerante, materiales eléctricos y

componentes. Lo que representa US\$ 2.983.003,01 y a partir del segundo se incrementa el costo por la compra de otros componentes.

C.-Trituradora.

Inversión inicial

La trituradora constituye una inversión inicial de US\$ 10.000.000,

Costos anuales

Energía: US\$ 26.000,00 por año.

Personal de operación: requiere cuatro (4) operadores en la trituradora, costo total US\$ 128.000,00 al año.

Costos de mantenimiento

Preventivo: prevé cambio de lubricantes y filtros: US\$ 22.279,60 por año.

Correctivo: De maquinaria, materiales eléctricos, soldadura, mano de obra, consumible, materiales de soldadura, entre otros, con costo de US\$ 246.603,81 en el primer año, mientras que para el año dos (2) y tres (3) se le agrega los costos de otros componentes.

D.-Cargador frontal

Costo inicial

El cargador tiene un costo de inversión e instalación de US\$ 2.500.000.

Costos anuales

El costo total por año de combustible es de US\$ 16.462,32, mientras que para el operador es US\$ 32.000 y se requieren cuatro (4) operadores, lo que da un total de US\$ 128.000,00.

Costos de mantenimiento

Preventivo: lubricantes, filtros, refrigerantes y cauchos; total US\$ 128.907,32.

Correctivo: De maquinaria, soldadura, consumibles, refrigerantes, materiales eléctricos y componentes. El primer año tiene un costo US\$ 230.478, en el segundo, cuarto y año ocho se agrega el costo de otros componentes.

E.- Apilador.

Costo inicial

El apilador tiene una inversión inicial de US\$ 420.000

Costos anuales

Energía US\$ 13.000 por año.

Cuatro (4) operadores representan un desembolso anual de US\$ 128.000.

Costo de mantenimiento

Preventivo: cambio de lubricantes y filtros US\$ 8.143 por año.

Correctivo: maquinaria, soldadura y componentes. En los primeros cuatro (4) años US\$ 148.896,00 y en el año cinco (5) y ocho (8) se le suman otros componentes.

Tabla 13:

Costos de adquisición de la FT

SISTEMA DE TRANSPORTE US\$ (Dolares Americanos)	
Faja Transportadora	21,770,000.00
Camiones	69,030,000.00
Trituradora	10,000,000.00
Cargador Frontal	2,500,000.00
Apilador	420,000.00
TOTAL	103,720,000.00

Fuente Empresa "X" - 2018

Tabla 14: Costos totales de camiones vs fajas transportadoras

CAMIONES	AÑOS										TOTAL	
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
COSTO DE ADQUISICION	116.820.000,00											116.820.000,00
COSTO DE MANO DE OBRA	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	2.816.000,00	28.160.000,00
COSTO DE COMBUSTIBLE	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	581.066,86	5.810.668,60
MTTO. PREVENTIVO	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	7.258.010,10	72.580.101,00
MTTO. CORRECTIVO	5.048.158,94	13.848.158,94	13.848.158,94	13.848.158,94	13.848.158,94	27.036.520,94	13.848.158,94	13.848.158,94	13.848.158,94	13.848.158,94	13.848.158,94	142.869.951,40
DEPRECIACION	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	11.682.000,00	116.820.000,00
SUB - TOTAL (US\$)	120.841.235,90	12.841.235,90	366.240.721,00									

VP: 163.978.944,10

CAE: 32672804,61

FAJA TRANSPORTADORA	AÑOS										TOTAL	
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
COSTO DE ADQUISICION	21.770.000,00											21.770.000,00
COSTO DE MANO DE OBRA	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	1.024.000,00	10.240.000,00
COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	260.000,00
MTTO. PREVENTIVO	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	5.396,20	53.962,00
MTTO. CORRECTIVO	193.416,19	329.416,19	193.416,19	356.916,16	193.416,19	329.416,19	193.416,19	356.916,16	193.416,19	329.416,19	329.416,19	2.669.161,90
DEPRECIACION	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	2.177.000,00	21.770.000,00
SUB - TOTAL (US\$)	20.841.812,39	792.187,61	928.187,61	764.687,61	928.187,61	792.187,61	928.187,61	764.687,61	928.187,61	792.187,61	792.187,61	34.993.123,90
CAMIONES												
COSTO DE ADQUISICION	69.030.000,00											69.030.000,00
COSTO DE MANO DE OBRA	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	1.664.000,00	16.640.000,00
COSTO DE COMBUSTIBLE	343.357,69	343.357,69	343.357,69	343.357,69	343.357,69	343.357,69	343.357,69	343.357,69			343.357,69	3.090.219,21
MTTO. PREVENTIVO	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	4.288.824,15	42.888.241,50
MTTO. CORRECTIVO	2.983.003,01	5.843.003,01	5.843.003,01	5.843.003,01	5.843.003,01	13.636.126,01	5.843.003,01	5.843.003,01	5.843.003,01	5.843.003,01	5.843.003,01	63.363.153,10
DEPRECIACION	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	6.903.000,00	69.030.000,00
SUB - TOTAL (US\$)	71.406.184,85	5.236.184,85	5.236.184,85	5.236.184,85	5.236.184,85	13.029.307,85	5.236.184,85	5.236.184,85	5.236.184,85	5.236.184,85	5.236.184,85	195.011.613,81

	AÑOS										
TRITURADORA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	TOTAL
COSTO DE ADQUISICION	10.000.000,00										10.000.000,00
COSTO DE MANO DE OBRA	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	1.280.000,00
COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	260.000,00
MTTO. PREVENTIVO	22.276,20	22.276,20	22.276,20	22.276,20	22.276,20	22.276,20	22.276,20	22.276,20	22.276,20	22.276,20	222.796,00
MTTO. CORRECTIVO	246.603,81	327.203,81	423.203,81	327.203,81	327.203,81	423.203,81	327.203,81	327.203,81	423.203,81	327.203,81	3.479.438,10
DEPRECIACION	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	10.000.000,00
SUB - TOTAL (US\$)	9.422.883,41	503.483,41	599.483,41	503.483,41	503.483,41	599.483,41	503.483,41	503.483,41	599.483,41	503.483,41	15.242.234,10
CARGADOR FRONTAL											
COSTO DE ADQUISICION	2.500.00,00										2.500.00,00
COSTO DE MANO DE OBRA	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	1.280.000,00
COSTO DE COMBUSTIBLE	16.462,32	16.462,32	16.462,32	16.462,32	16.462,32	16.462,32	16.462,32	16.462,32	16.462,32	16.462,32	164.623,20
MTTO. PREVENTIVO	128.907,32	128.907,32	128.907,32	128.907,32	128.907,32	128.907,32	128.907,32	128.907,32	128.907,32	128.907,32	1.289.073,20
MTTO. CORRECTIVO	230.478,00	367.205,00	367.205,00	715.205,00	367.205,00	747.605,00	367.205,00	715.205,00	367.205,00	367.205,00	4.611.723,00
DEPRECIACION	250.000,00	250.000,00	250.000,00	250.000,00	250.000,00	250.000,00	250.000,00	250.000,00	250.000,00	250.000,00	2.500.000,00
SUB - TOTAL (US\$)	2.753.847,64	390.574,64	390.574,64	738.574,64	390.574,64	770.574,64	390.574,64	738.574,64	390.574,64	390.574,64	9.845.419,40
APILADOR											
COSTO DE ADQUISICION	420.000,00										420.000,00
COSTO DE MANO DE OBRA	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	128.000,00	1.208.000,00
COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	13.000,00	13.000,00	13.000,00	13.000,00	13.000,00	13.000,00	13.000,00	13.000,00	13.000,00	13.000,00	130.000,00
MTTO. PREVENTIVO	8.143,00	8.143,00	8.143,00	8.143,00	8.143,00	8.143,00	8.143,00	8.143,00	8.143,00	8.143,00	81.430,00
MTTO. CORRECTIVO	148.896,00	148.896,00	148.896,00	148.896,00	184.896,00	148.896,00	148.896,00	148.896,00	148.896,00	148.896,00	1.560.960,00
DEPRECIACION	42.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00	420.000,00
SUB - TOTAL (US\$)	676.039,00	256.039,00	256.039,00	256.039,00	292.039,00	256.039,00	256.039,00	256.039,00	256.039,00	256.039,00	195.011.613,81
TOTAL (US\$)	105.100.767,29	5.594.094,29	5.594.094,29	5.594.094,29	5.594.094,29	13.863.617,85	5.458.094,29	6.005.594,29	5.210.736,60	5.594.094,29	258.564.781,21

VP: 118.291.243,13

CAE: 23569530,19

FLUJO DIFERENCIAL	15.740.468,61	7.227.141,61	7.267.141,61	6.851.641,61	7.327.141,61	12.145.980,61	7.363.141,61	6.815.641,61	7.610.499,30	7.227.141,61	107.675.939,79
--------------------------	----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	-----------------------

FLUJO DIFERENCIAL: 50.808.324,72

Fuente: Proporcionado por empresa “X” de Carbones (2018)

Las tablas mostradas 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). A los montos totales expresados en las tablas se deben agregar un 20% adicional para imprevistos, componentes adicionales y contingencias, entre otros.

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 las tablas anteriores, empleado todos los cálculos se determina el Valor Presente (VP), el Costo Anual Equivalente (CAE), el Flujo Diferencial y el VPFlujo Diferencial, los cuales se disponen a continuación.

3.4 Alternativa de transporte

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 remover 179.412 MM MCB de estéril, los montos se ajustaron lo máximo posible a la realidad.

Los costos de inversión, costos anuales y costos de mantenimiento fueron calculados para el camión y la banda transportadora como se ilustra en la Tabla 14; las sumas algebraicas de estos valores fueron multiplicados por la Tasa de Interés 15% utilizada para obtener el Valor Presente (VP). Por tanto, el VP de cada alternativa:

Valor Presente de la faja transportadora

La Tabla 15 contiene el Valor Presente de los equipos solicitados en la alternativa de banda transportadora, así como el VP total. (Gráfico 4).

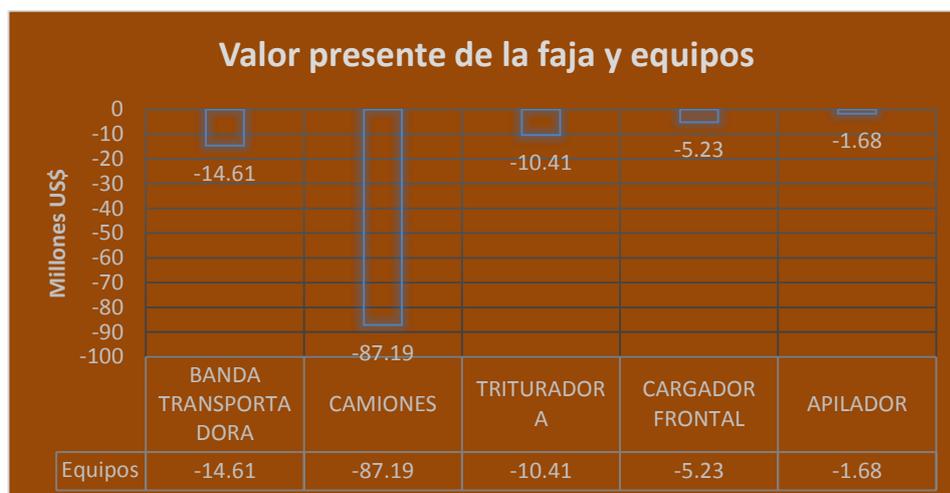
Tabla 15: Valor Presente de la Faja y sus equipos.

EQUIPOS	VP (U\$)
Faja Transportadora	-14.614.255,23
Camión	-87.187.512,81
Trituradora	-10.414.780,94
Cargador Frontal	-4.492.416,11
Apilador	-1.678.884,72
Total de la Faja	-118.338.846,82

Fuente: Elaboración propia.

El Valor Presente de la banda y sus equipos expresa los resultados con signo negativo, debido que el 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 15%. El equipo que presenta menor Valor Presente es la faja y el que representa mayor VP son los camiones, sin embargo, en este análisis se está tomando en cuenta es el valor presente de la faja y sus equipos el cual incluye: faja transportadora, camiones, trituradora, cargador frontal y apilador, reflejando este sistema un VP de US\$ -119 MM.

Ilustración 1: Valor Presente de la Faja y sus equipos.



Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 1 muestra el comportamiento de esta alternativa, se observa que el equipo que tiene mayor VP son los camiones analizando la Tabla 15 mostrada en el capítulo anterior, siendo este equipo el que presenta un mayor mantenimiento lo que hace que sus costos aumenten, por tanto, su VP.

Valor Presente de los camiones

Este valor fue obtenido con una Tasa de Interés de 15% y la suma de los costos adquiridos durante el periodo de diez (10) años.

VP camiones= US\$ -163.978.944,10

La Tabla 38 resume los resultados del Valor Presente para ambas alternativas estudiadas en este trabajo y representados visualmente en la ilustración 2.

Tabla 16: Valor Presente de las alternativas.

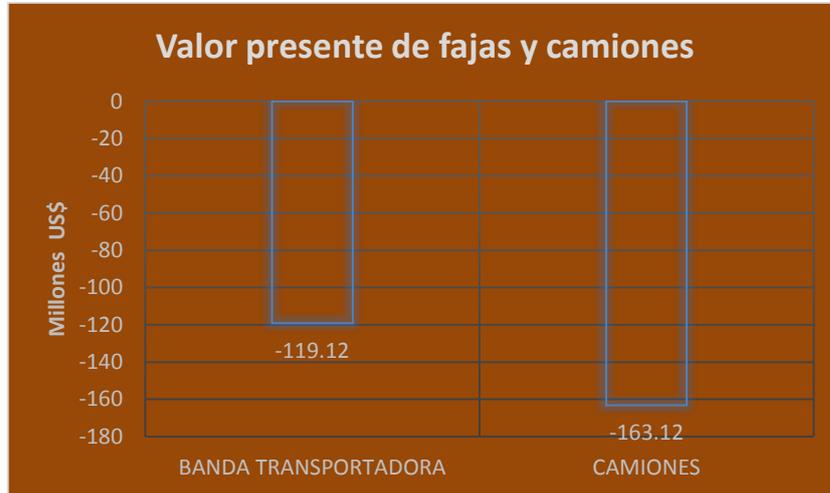
Sistema de transporte	Valor Presente (US\$)
Camión	-163.978.994,10
Faja Transportadora	-118.388.846,82

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 16 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 y sus equipos, lo que significa que los costos de adquisición, anuales y mantenimientos representan un mayor costo.

Ilustración 2: Valor Presente de los camiones vs fajas transportadoras.



Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 2 nos da la diferencia de costos entre las alternativas, siendo esta de US\$ -46 MM o lo que es igual a un 39%, 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 15% y un periodo de 10 años como se representa $frc_{15\%,10} = 0,19925$ (ver Anexo) obteniéndose los siguientes resultados.

Costo Anual Equivalente de la banda transportadora

Valor presente = US\$ -118.388.846,82

$frc_{15\%,10} = 0,19925$

El CAE se calcula con la siguiente Ecuación.

Ecuación 34: Costos anuales equivalentes

$$CAE_{banda} = US\$ - 118.388.846,82 * 0,19925 = US\$ - 23.588.977,73$$

Costo Anual Equivalente de los camiones

Valor presente = US\$ -163.978.944,10

$$frc_{15\%,10} = 0,19925$$

$$CAE_{banda} = US\$ - 163.978.944,10 * 0,19925 = US\$ - 32.672.804,61$$

La Tabla 17 muestra el Costo Anual Equivalente de camiones y banda transportadora, representados en la ilustración 3.

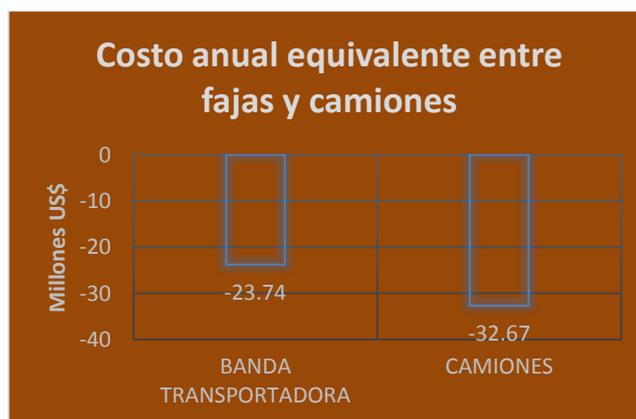
Tabla 17: Costos anuales equivalentes vs Fajas Transportadoras.

Sistema de transporte	Valor Presente (US\$)
Camión	-32.672.804,61
Faja Transportadora	-23.588.977,73

Fuente: *Elaboración propia.*

Analizando la Tabla 17 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.

Ilustración 3: Costos anuales de camiones vs fajas transportadoras



Fuente: *Elaboración propia.*

La diferencia entre estas dos (2) alternativas evaluadas con el Costo Anual Equivalente registra un valor de US\$-9 MM que representa un 39% de la inversión.

Flujo Diferencial entre la banda y los camiones

La Tabla 18 muestra el Flujo Diferencial, así como su VP, los cuales fueron obtenidos en el cálculo de los costos de las alternativas estudiadas.

Tabla 18: Flujo de diferencial entre fajas transportadoras y camiones

Periodo (Años)	Flujo Diferencial (US\$)
2015	15.740.468
2016	7.227.141
2017	7.267.141
2018	6.851.641
2019	7.327.141
2020	12.145.980
2021	7.363.141
2022	6.815.641
2023	7.610.499
2024	7.227.141
TOTAL	107.675.939
VP/Flujo diferencial	23.588.977,73

Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de esta tabla está expresado como la diferencia entre los costos de la banda transportadora y los camiones, para determinar cuál es el ahorro obtenido en la inversión total de la compra de estos equipos, produciéndose un ahorro del 50%, el cual se puede emplear en la rehabilitación de suelos, trabajos sociales y nuevos proyectos mineros.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A partir de los resultados encontrados en el trabajo descriptivo:

Podemos señalar que los resultados guardan relación con lo que indica **Maldonado Quispe, Víctor Danny. (2018)** en su tesis “**Calculo, selección y simulación de accionamiento de motor eléctrico – banda transportadora industrial**”. Señala que las Fajas Transportadoras constituye la forma más económica de trasladar los materiales de un punto a otro, existiendo en el mercado una gran variedad de modelos y tipos dependiendo del material o equipos para movilizar.

Tienen una gran ventaja ya que es posible descargar y cargar el material en cualquier punto del recorrido. Además, el producto que se traslada no sufre mayor alteración e incluso se puede optar por Fajas transportadoras Tubulares, donde el material viaja cerrado.

A la vez le damos la razón a **César Antonio Lengua Huertas. (2016)**. Que señala que las fajas transportadoras han logrado una posición muy importante dentro del transporte de materiales debido a sus ventajas económicas, seguridad de operación, fiabilidad, versatilidad y por el rango casi ilimitado de capacidades. Al diseñar una faja transportadora no solo se debe considerar la correa, también están involucrados los diseños de rodillos, poleas, sistema de transmisión, soportes, chutes de descarga y accesorios.

La relación que existe con **Walter Cesar Loli Morales (2016)**, en su tesis “**Metodología de planificación a cielo abierto considerando incorporación de in pit crusher and conveyors**”. Es que señala que: El costo de transporte con el transcurrir de los años y la madurez de los rajos va en aumento, debido al incremento

de los costos de los consumibles, como son: los combustibles, lubricantes, repuestos, neumáticos, etc. Es por ello que urge el estudio, mejora e implementación de metodologías existentes pero dejadas al desuso por la costumbre, limitados conocimientos, o en el peor de los casos conocimientos errados respecto al tema.

Conuerdo con **Javier Francisco Palacios Cruz (2015)**, en su trabajo de investigación **“TRANSPORTE DE SOLIDOS”** señala: La tecnología de transporte continuo mediante bandas transportadoras se ha establecido a través de todo el mundo para el movimiento de materiales y cargas debido a su gran versatilidad y economía.

Este sistema de transporte de banda es muy eficiente para la minería ya que:

- Opera en su propia cama de rodillos, los cuales requieren un mínimo de atención.
- Los transportadores pueden seguir la naturaleza ordinaria del terreno, debido a la habilidad que poseen para atravesar pasos relativamente inclinados (pendientes y gradientes, de hasta 18°, dependiendo del material transportado). Con el desarrollo de tensiones elevadas, materiales sintéticos y/o miembros reforzados de acero, un tramo del transportador puede extenderse por millas de terreno con curvas horizontales y verticales sin ningún problema.
- Tienen poco desgaste al trabajo agreste y duro de la minería

Después de los resultados obtenidos guardamos relación con **Enrique Oscar Butler Pacheco y José Ignacio Santos Matos**, en su tesis: **“Diseño de un sistema de transporte de polimetales de 1000 ton/h por medio de fajas transportadoras para aumentar la capacidad instalada de los almacenes de Cormin en el puerto del Callao”**, señala que: Las cintas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de

manejo de paletas permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente ahorrando mano de obra y transportando rápidamente grandes volúmenes de carga, lo que disminuye costos a las empresas que envían o reciben enormes cantidades de productos, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario.

Con los resultados se verifica que se guarda relación con **Ing. William Toledo, Ing. Rodrigo Tovar. (2013)**. Los resultados son: mayor rentabilidad del proyecto minero, incremento de productividad de los equipos, reducción de costos operativos, reducción de la contaminación ambiental y reducción de los incidentes de trabajo.

4.2 Conclusiones

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

- El material para transportar debe tener una granulometría como máximo de 600mm.
- Total, de material estéril a acarrear con la cinta en un periodo de siete (7) años es de 179.412 MM MCB.
- La longitud total de la banda es de 5.023,75m empezando desde la cota 100 lugar de alimentación del material y finalizando en la cota 90 punto de descarga.
- El ancho de la banda transportadora para este diseño es de 2,4m.
- Las potencias requeridas por cada tramo son: A-B: 3.744,50kw; B-C: 480,30kw; C-D: 2.064,20kw; D-E: 809,30kw.
- Las tensiones necesarias para que la cinta permanezca tensada sin producir ondulaciones o quiebres tienen que ser: A-B: 578,00N/mm; B-C: 74,00N/mm; C-D: 319,00N/mm; D-E: 125,00N/mm.

- Para la implementación de la FT se debe emplear el uso de 13 camiones, una trituradora, un (1) cargador frontal y un (1) apilador. Mientras que para la alternativa camiones se requieren 22 equipos.
- La comparación de estas dos (2) alternativas por medio de un Estudio Económico refleja que la faja transportadora presenta menor VP US\$ 119 MM representando una ventaja con respecto a los camiones, los cuales tienen un VP US\$ 164 MM, con una diferencia de un 39%, indicando que la alternativa más favorable es la FT.
- El CAE presentó igualmente una diferencia entre las propuestas de un 39% mostrando que la alternativa que tiene menor CAE es la cinta, mientras que el VPFlujo diferencial fue 50% con respecto a los camiones, el estudio económico expresa que la inversión de la FT es rentable.

REFERENCIAS

- C.E.M.A. (1996). Belt conveyor for Bulk Materials. Cahner Publishing Company, Inc. Massachusetts.
- C.E.M.A. (Conveyor Equipment Manufacturer's Association) (s/f), Handbook 2da Edición. pág. 68.
- Decreto N° 8.116. (2011, marzo 10). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N-39.643 (Extraordinario), febrero 26, 2014.
- Decreto N° 9.131. Artículo 1°. (2012, agosto 4). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N-39.982 (Extraordinario), febrero 26, 2014.
- Espinoza D. (2013) Plan de Explotación Mina Paso Diablo Sur. Departamento de Ingeniería de Mina. Carbones del Zulia S.A.
- Ewel y Madriz (1976) Zonas de Vida de Venezuela. Estudio Técnico Ambiental e Inventario Forestal realizado en Carbones del Guasare en 2005. 295 pág. □ Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator belt, pág. (5-8). □ Goodyear (2003) Revista de Correas Transportadoras y Elevadores EP. Carbones del Zulia S.A.
- Goodyear y Bridgestone H. S.A. (s/f). Manual para la selección de Bandas Transportadoras.
- Goodrich Euzcadi, (s/f). Manual de cómo seleccionar correctamente una banda transportadora. Proveedor principal de banda transportadora y accesorios de la Empresa C.V.G Bauxilum-Mina, Estado Bolívar. 22 pág.
- Hernández T. (2003). Análisis Técnico – Económico de Sistemas de Transportes de Bauxita para la Explotación de los Bloques 5 al 10 del Yacimiento de los Pijiguaos, Estado Bolívar. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- López C. (1997). Manual de Evaluación Técnico-Económico de Proyectos Mineros de Inversión 2da edición. Madrid. 415 pág.
- Mercado D. (2008). Estudio de factibilidad de Pre-Explotación del Sector Sur, área Sur de Carichuano de la Mina Paso Diablo, Carbones del Guasare S.A., Estado Zulia. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Paredes J. (2014). Introducción a la Geología local. Superintendencia de Geología Carbones del Zulia, S.A.

Ríos, R. (1995). Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto. 2da edición Madrid: ITGE (Instituto Tecnológico Geominero de España). 581 pág.

Roulunds (s/f), Catálogo de Bandas Transportadoras, pág. (11-13, 23).

Ocar R. y Borges R (1970). Análisis de los Posibles Sistemas de Transporte para la Explotación de Mineral de Hierro en el Cerro San Isidro, Estado Bolívar. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

United States Rubbers (1957). All about belting. Practical conveyor belt engineering. Handbook. M 6314-B-17. 56 pág.

Consultas de Internet:

Carbones del Guasare S.A. Disponible en Web: <http://www.guasare.com/guasare/guasare.htm> [Tomado: 2014, febrero 28]

Caterpillar (s/f). Disponible en la página web:

<https://www.google.co.ve/search?q=palas+ph+caterpillar> [Recuperado: 2014, mayo 20]

Gusmeroli D. (2009). Máquinas de Elevación y transporte. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Resistencia. Argentina. Disponible en la página web: <http://es.scribd.com/doc/129969324/24729435-Maquinas-de-Elevacion-y-Transporte-pdf> [Recuperado: 2013, diciembre 18]

Hinojosa, H. (2002). Software para diseño de transportadores de banda [Resumen en línea] trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. Disponible: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4477> [Consulta: 2014, febrero 22]

Lauhoff, H. Alemania (s/f). Disponible:

http://www.synergyeng.com/spanish/pdf/lauhoff_Sp.pdf [Consulta: 2014, mayo 17]

Ortiz *et al.* (2001). Curso de Evaluación y Planificación Minera. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

Disponible: <http://es.scribd.com/doc/215940614/Evaluacion-y-Planificacion-Minera> [Recuperado: 2014, febrero 22]

Principales drenajes que atraviesan la Mina Paso Diablo. Disponible en la página web: <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html> [Consulta: 2014, febrero 22]

Productividad de los equipos de transportes. Técnico profesional. Disponible: http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/portal/ODAS_TP/Materiales_para_odas_2012/5%20Mineria/ODA%2027_descarga%20de%20material/Productividad%20transporte.pdf [Recuperado: 2014, enero 24]

Sutton, F. (1947). Formación Marcelina. Disponible: <http://www.pdv.com/lexico/m21w.htm> [Consulta: 2014, marzo 4]