

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y
FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



PLAN DE TESIS:

Diseño Estructural de una Placa de Descarga para la Optimización del
Tiempo de Mantenimiento de Fajas Transportadoras

AUTOR:

Espejo Mazuelos, André Francesco

para optar el título profesional de:

Ingeniero Mecánico

AREQUIPA — PERÚ

2023



CONTENIDO

1.	CAPITULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1	Antecedentes del problema	1
1.2	Formulación del problema	2
1.3	Descripción del problema	3
1.4	Propuesta de solución.....	3
1.5	Hipótesis de la investigación.....	4
1.6	Objetivos de las investigación.....	4
1.6.1	Objetivo principal	4
1.6.2	Objetivos Específicos.....	4
1.7	Justificación de la investigación	5
1.7.1	Justificación técnica	5
1.7.2	Justificación económica	5
1.7.3	Justificación académica.....	5
1.7.4	Justificación ambiental.....	5
2.	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1	Componentes de los sistemas de fajas transportadoras.....	6
2.1.1	Componentes de un sistema de faja transportadora	6
2.1.2	Arreglos en transportadores	10
2.2	Faja transportadora.....	11
2.2.1	Partes de una faja transportadora	11
2.2.2	Carcasa de la faja	12
2.2.3	Tipos de faja.....	14
2.2.4	Cubierta superior e inferior de la faja	15



2.2.5	Factores para considerar en el diseño de fajas	16
2.2.6	Almacenamiento y manipulación de una faja	17
2.2.7	Empalme de correas	19
2.3	Operación, mantenimiento y seguridad	19
2.3.1	Operación	20
2.3.2	Mantenimiento	20
2.3.3	Seguridad	22
3.	CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	24
3.1	Diseño de la investigación	24
3.2	Enfoque de la investigación	24
3.3	Nivel de la investigación	24
3.4	Técnicas e Instrumentos de Investigación	24
3.5	Ubicación del área de estudio	25
3.6	Procedimiento de desarrollo de la investigación.....	26
4.	CAPITULO IV: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	27
4.1	Cronograma.....	27
4.2	Presupuesto	28
4.3	Financiamiento.....	29
5.	REFERENCIAS	30



Lista de Figuras

Figura 1.1 Alimentación de chutes (Condiciones normales).....	3
Figura 1.2 Descarga de chutes (Con placa de descarga).....	4
Figura 2.1 Fajas transportadoras en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	6
Figura 2.2 Componentes de una faja transportadora	8
Figura 2.3 Arreglos típicos en fajas transportadoras	11
Figura 2.4 Componentes de una faja	12
Figura 2.5 Diferentes tipos de entrelazado para fajas	14
Figura 2.6 Sección transversal de una faja de cable de acero	14
Figura 2.7 Análisis de la capacidad de deslizamiento	17
Figura 2.8 Rollo de faja transportadora	18
Figura 2.9 Labores de mantenimiento en fajas transportadoras	22
Figura 3.1 Ubicación del área de estudio.....	25
Figura 3.2 Flujograma de la investigación.....	26



Lista de Tablas

Tabla 4.1 Cronograma de actividades.....	27
Tabla 4.2 Aportes no monetarios del proyecto de investigación.....	28
Tabla 4.3 Aportes monetarios del proyecto de investigación.....	28
Tabla 4.4 Financiamiento de la investigación	29



CAPITULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes del problema

Las estaciones de transferencia desempeñan un papel esencial en los sistemas de transporte por fajas transportadoras. Su tarea principal consiste en pasar el mineral de un transportador de alimentación centrado a la cinta receptora de tal manera que la velocidad del material en la dirección de desplazamiento de la cinta sea, en la medida de lo posible, igual a la velocidad de la propia cinta. Cada solución constructiva tiene sus ventajas e inconvenientes y elegir la adecuada requiere un análisis detallado de las condiciones en las que cooperan los transportadores. La configuración de los elementos del punto de transferencia debe decidirse en función de la trayectoria de descarga prevista. La trayectoria de movimiento de las partículas puede determinarse basándose en métodos analíticos (CEMA, 2002) a partir de dependencias físicas sencillas. Otra forma de determinar la trayectoria de las partículas, considerando también la interacción interpartículas, son los métodos de simulación. El método líder para simular el comportamiento de materiales a granel es el método de elementos discretos (DEM). Este método se utiliza cada vez más para determinar el movimiento de los granos en el espacio de transferencia (Czuba y Furmaniak, 2013; Ilic y Wheeler, 2017) y para analizar el comportamiento del material a granel en contacto con los elementos de la rampa de transferencia (Hastie, 2013).

Un punto de transferencia mal construido puede dar lugar a varios acontecimientos adversos, como bloqueos que provoquen tiempos de inactividad, grandes bultos que caigan desde la altura creando cortes en la cinta transportadora, una zona de aceleración larga que genere un gran desgaste abrasivo y resistencias al movimiento significativas, y una distribución desigual del material que provoque una abrasión irregular de la cinta. La



presente investigación se centra en el análisis de la velocidad de impacto y los valores del desgaste abrasivo.

El análisis del fenómeno que se produce entre el material transportado y los elementos de la estación de transferencia es cada vez más objeto de investigación por parte de numerosos científicos. Los últimos trabajos científicos en este campo utilizan DEM y se centran en el modelado del flujo de material y el análisis del desgaste. En el artículo "Modelling bulk solid flow interactions in transfer chutes: Shearing flow", los autores se centran en la observación de una corriente de carbón de gran volumen y movimiento rápido en un espacio restringido, donde las propiedades internas del material a granel afectan al modo de flujo. El estudio compara la aplicación del enfoque del método del continuo tradicional y modificado a las simulaciones DEM y la observación in situ (Ilic et al., 2019). Las diferentes investigaciones se centran en el desgaste en las tolvas de transferencia de mineral de hierro e intentan proponer criterios de diseño para reducir el desgaste (Ilic, 2019). El desgaste también puede deberse al equipo transportador. En el trabajo (Xia et al., 2019) se analizó el desgaste abrasivo generado por el rascador en la manipulación de carbón.

1.2 Formulación del problema

¿Qué requisitos de diseño conceptual deberá cumplir un prototipo mecánico orientado a reducir el desgaste en fajas?

¿Qué requisitos estructurales debidamente normados deberá cumplir el presente prototipo de investigación?

¿Será influyente la velocidad de impacto sobre la placa de descarga planteada y sobre la faja transportadora de estudio?

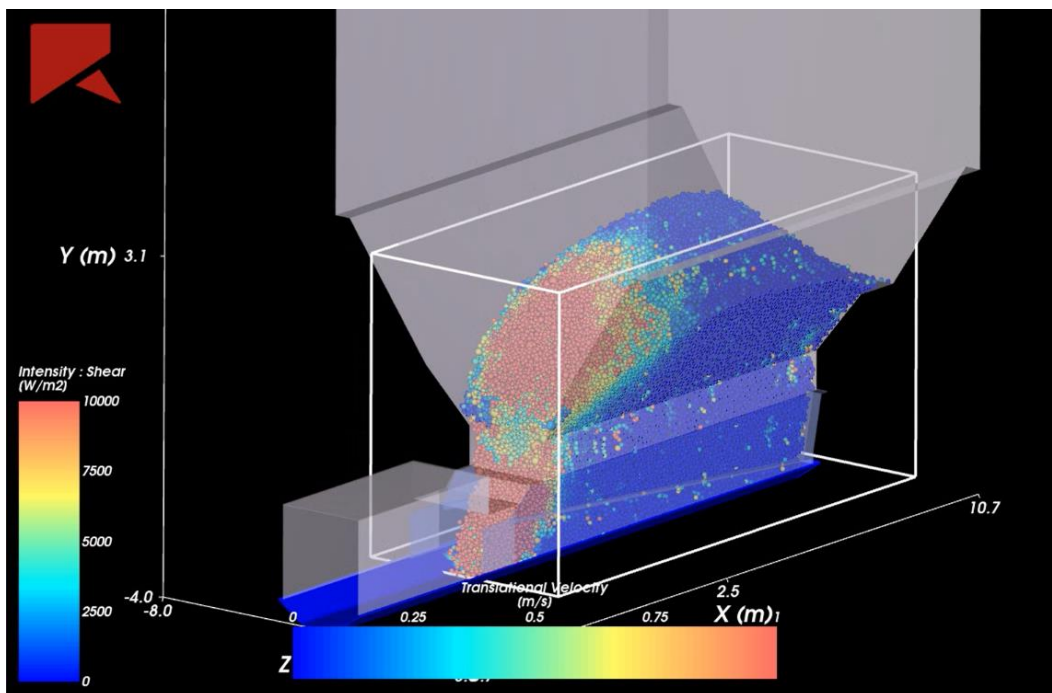
1.3 Descripción del problema

De las interrogantes anteriormente expuestas, el problema principal de la presente investigación se ha basado en dar una solución a:

¿El desgaste en fajas altamente exigidas puede reducirse mediante la inserción de placas de descarga?

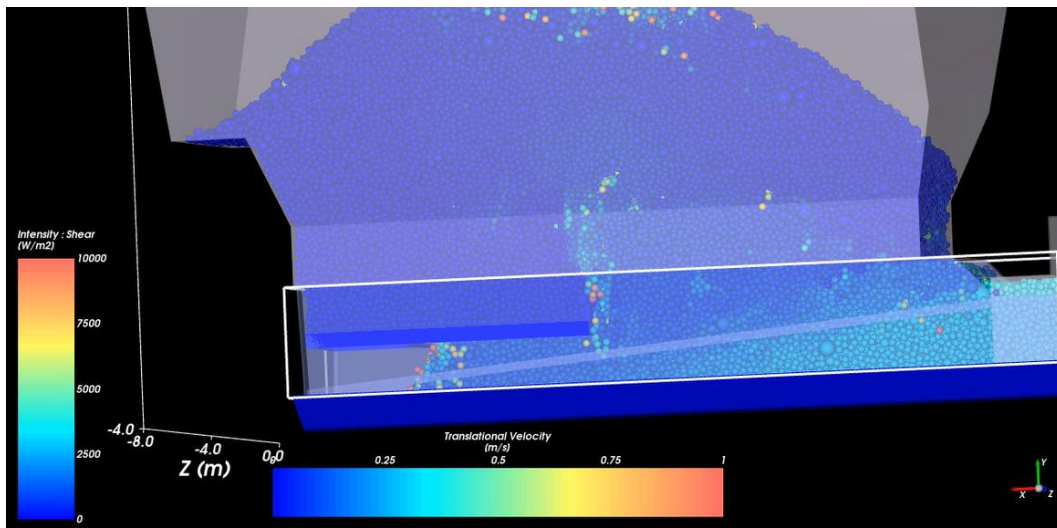
1.4 Propuesta de solución

Figura 1.1 Alimentación de chutes (Condiciones normales)



Nota. Se observa el flujo de alimentación en el chute. La simulación fue realizada por el Autor.

Figura 1.2 Descarga de chutes (Con placa de descarga)



Nota. El presente trabajo permite la disminución del desgaste por comparativo de las tensiones de corte. La simulación fue realizada por el Autor.

1.5 Hipótesis de la investigación

Dado que el desgaste está determinado por fuerzas internas de corte, y por ende, a la velocidad de impacto de material denominado concentrado de cobre, es posible disminuir el efecto del desgaste mediante la reducción de la velocidad de impacto al añadir una placa de descarga antes del impacto bruto con las fajas transportadoras.

1.6 Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo principal

- Realizar el diseño estructural de una placa de descarga en feeders para optimizar el tiempo de mantenimiento de fajas transportadoras de concentrado de cobre.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diseño conceptual de una placa de descarga aplicada a feeders.
- Realizar el diseño estructural de la placa de descarga propuesta para resistir cargas dinámicas.
- Simular el comportamiento de desgaste en fajas mediante elementos discretos.



- Evaluar el desempeño estructural de la placa de descarga mediante el desgaste en una faja de prueba por elementos finitos.

1.7 Justificación de la investigación

1.7.1 Justificación técnica

La presente investigación está orientada a la optimización del tiempo de mantenimiento de fajas transportadoras, por lo que este estudio pretende medir la eficiencia del uso de placas de descarga para un alimentador (Feeder) modelo. Este estudio podría replicarse para condiciones más específicas.

1.7.2 Justificación económica

Se ha identificado como gasto potencial el mantenimiento y cambio de fajas transportadoras en aplicaciones de gran demanda (flujos intensos de desgaste) debido a su corto periodo de vida. Esta investigación pretende disminuir los gastos operativos mediante el incremento del tiempo útil de vida.

1.7.3 Justificación académica

El presente estudio se realizará con la aplicación de las siguientes áreas:

- Esfuerzos y deformaciones
- Dinámica de partículas
- Análisis de desgaste
- Estudio de elementos finitos (Herramientas computacionales)

Dado el alcance propuesto, se pretende crear una guía de diseño académica para futuros estudios.

1.7.4 Justificación ambiental

Mediante la mejora de la vida útil de fajas transportadoras, el impacto ambiental presente al fabricar una faja y todos sus componentes internos, respecto a fabricar componentes metálicos, se reducirá.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Componentes de los sistemas de fajas transportadoras

2.1.1 Componentes de un sistema de faja transportadora

Un transportador de banda es un equipo sencillo y el medio más común de transporte de materiales a granel, y es capaz de transportar una mayor diversidad de productos a velocidades de miles de toneladas por hora en un flujo continuo y uniforme a largas distancias que cualquier otro tipo de transportadores mecánicos de funcionamiento continuo. Un transportador de banda típico consta de dos poleas de tambor equipadas con un bucle continuo de una banda sin fin, conocida como banda transportadora, que gira alrededor de dos poleas y descansa sobre rodillos de artesa para el recorrido de transporte y sobre rodillos de retorno para el recorrido de vuelta. Una de las poleas está accionada por un motor eléctrico que hace avanzar la cinta y el material que contiene. La polea accionada se denomina polea motriz, mientras que la polea no accionada del extremo muerto se denomina polea de cola. Los transportadores actuales constan de docenas de otros componentes, cada uno especialmente diseñado para mover materiales diferentes.

Figura 2.1 Fajas transportadoras en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.





Nota. Tomado de <https://andina.pe/>

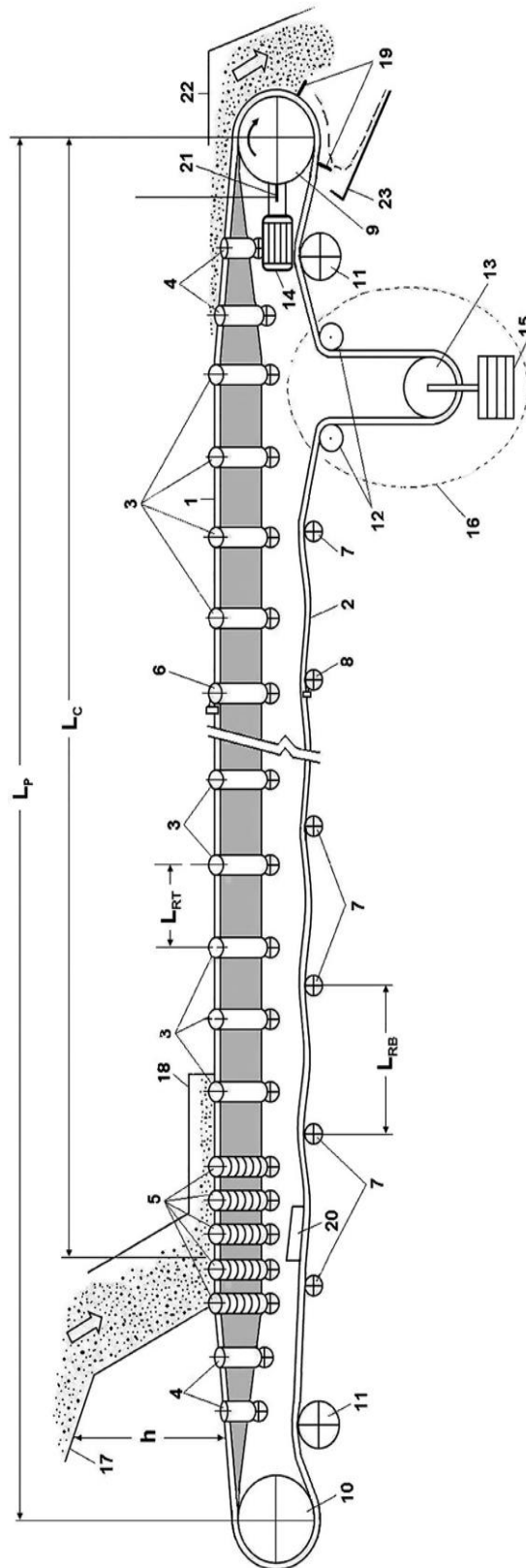
Las ventajas de los transportadores de banda son su superioridad, fiabilidad, versatilidad, economía y seguridad de funcionamiento, y una gama de capacidades prácticamente ilimitada. Las cintas transportadoras pueden recibir material de una o varias ubicaciones y descargarlo en cualquier punto de su longitud. Las cintas transportadoras se adaptan bien a los túneles bajo las pilas para recuperar y mezclar diversos materiales de distintas pilas. Los transportadores de banda con apiladores y recuperadores son el único medio práctico para las operaciones a gran escala.

La demanda de capacidades cada vez mayores y longitudes de transporte cada vez más largas ha acelerado el desarrollo de sistemas de cintas transportadoras mucho más complejos y con mayor grado de control automatizado. Se están desarrollando nuevos materiales y se están planificando y probando nuevos sistemas de transporte, especialmente para hacer frente a los retos que plantea el control medioambiental.

Los componentes esenciales de un sistema de faja transportadora son los siguientes:

- a) **La cinta**, que constituye la superficie móvil y de apoyo sobre la que se coloca el material transportado. La cinta no sólo transporta el material, sino que también transmite la tracción. Es el elemento de tracción.
- b) **Los rodillos/rodillos tensores**, que forman el soporte del ramal portante en artesa de la cinta y del ramal plano de retorno.
- c) **Las poleas**, que soportan y dirigen la correa y controlan su tensión.
- d) **El accionamiento**, que transmite potencia a través de una o varias poleas para mover la correa y su carga. Normalmente, el accionamiento es un motor eléctrico con engranajes reductores.
- e) **La estructura**, que soporta y mantiene la alineación de los rodillos, las poleas y la transmisión.

Figura 2.2 Componentes de una faja transportadora





Nota. Tomado de “The Belt Conveyor – A concise basic course” CRC Press. (2021)

Además de estos cinco componentes, en cada transportador se instalan también los equipos auxiliares necesarios para mejorar el funcionamiento del sistema. El transportador de banda debe diseñarse adecuadamente en función de los requisitos sobre la mejor forma de alimentar y descargar el transportador, la accesibilidad para su funcionamiento y mantenimiento, las necesidades de arranque y parada eléctricos y muchos otros factores que deben estudiarse y coordinarse cuidadosamente. Los siguientes son los componentes de un transportador de banda:

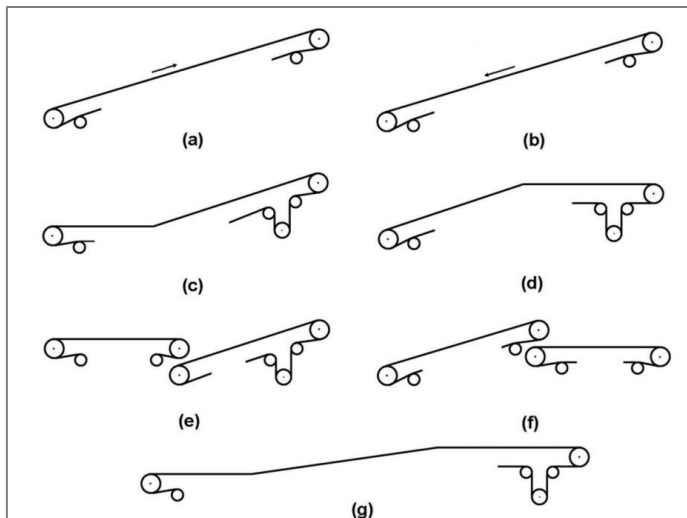
- | | |
|--|---|
| 1. Filamento superior de la cinta | 14. Motor de accionamiento |
| 2. Filamento inferior de la cinta | 15. Contrapesos |
| 3. Rodillos/rodillos de arrastre del canal de transporte | 16. Disposición vertical de recogida |
| 4. Rodillos de transición | 17. Canal de alimentación |
| 5. Rodillos/rodillos locos de impacto | 18. Placas de faldón para guiar el material |
| 6. Rodillos/rodillos de entrenamiento de transporte | 19. Limpiadores de cinta para el lado de transporte de la cinta |
| 7. Rodillos de retorno | 20. Limpiador de cinta (tipo arado) para el lado inferior de la cinta |
| 8. Rodillos/rodillos de entrenamiento de retorno | 21. Limpiador de polea |
| 9. Polea motriz o de cabeza | 22. Canal de descarga |
| 10. Poleas de cola | 23. Canal de goteo |
| 11. Poleas de desvío | |
| 12. Poleas acodadas | |
| 13. Poleas de reenvío | |

2.1.2 Arreglos en transportadores

Los transportadores de banda pueden diseñarse para prácticamente cualquier recorrido deseado, limitado únicamente por la resistencia de la banda, el ángulo de inclinación o declinación, o el espacio disponible. Las cintas transportadoras pueden ser horizontales, inclinadas, declinadas o con inclusión de curvas cóncavas y convexas, o cualquier combinación de éstas. La siguiente figura muestra los recorridos típicos de una cinta transportadora. Sin embargo, el primer transportador es el transportador inclinado o cuesta arriba, en el que el material se transporta a una elevación superior desde una elevación inferior. El segundo transportador es un transportador descendente, en el que el material se transporta a una elevación inferior desde una elevación superior.

De todas las principales características físicas de la planta, que determinarán si puede utilizarse un transportador de banda, la más importante es la relación entre la distancia horizontal y la distancia vertical a la que debe elevarse el material y la fluidez del material a granel que debe transportarse. Estos factores determinan el ángulo de inclinación del transportador. Si este ángulo de inclinación es tan grande que el material retrocede sobre la cinta, puede ser necesario utilizar cintas especialmente diseñadas. Las propiedades de los materiales a granel son lo más importante a la hora de diseñar la cinta transportadora para el transporte de materiales a granel.

Figura 2.3 Arreglos típicos en fajas transportadoras



Nota. Tomado de “Belt conveyors for bulk materials - Conveyor Equipment Manufacturers Association.” 5th Edition.

2.2 Faja transportadora

La cinta transportadora es la parte más importante y costosa del transportador de banda. Dado que la cinta transportadora es la parte más vulnerable del transportador, la selección de la cinta transportadora debe realizarse con sumo cuidado.

2.2.1 Partes de una faja transportadora

La cinta transportadora funciona como componente de tracción y como componente de transporte de carga en el transportador de cinta. Puede utilizarse para el transporte de distintos tipos de material a una velocidad superior (6-8 m/seg). Para ello, la cinta transportadora debe tener las siguientes propiedades esenciales:

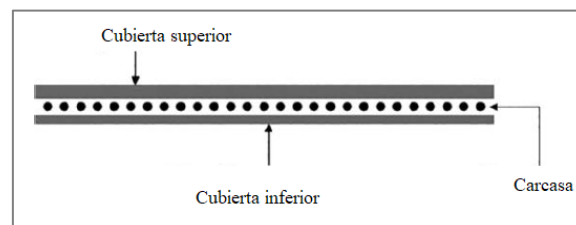
- a) Alta resistencia
- b) Baja relación masa/longitud
- c) Baja elongación baja condiciones normales de esfuerzo
- d) Rigidez transversal
- e) Flexibilidad
- f) Simplicidad y bajo costo relativo

- g) Largos periodos de vida operativa
- h) Resistencia al corte
- i) Resistencia al fuego

Una faja transportadora consta, generalmente, de dos partes importantes:

- a) **Carcasa:** La carcasa es el refuerzo interior de una cinta transportadora. Puede ser de tipo pliegues como en betls de tela o de tipo cordones de acero, que proporciona la resistencia suficiente para manejar las tensiones de funcionamiento y soportar la carga.
- b) **Cubierta superior e inferior:** Se componen de diferentes compuestos de caucho con diferentes propiedades físicas y resistencia química para proteger la carcasa y proporcionar a la banda transportadora una vida útil económica.

Figura 2.4 Componentes de una faja



2.2.2 Carcasa de la faja

La carcasa de la banda es el refuerzo primario y la unidad estructural más importante de la banda. Es el corazón de la cinta transportadora. Debe ser capaz de soportar todas las tensiones que se desarrollan en la banda al recibir y transportar la carga. La carcasa debe tener lo siguiente:

- ✚ Resistencia a la tracción adecuada para soportar la tensión máxima de funcionamiento de la banda y para mover la banda cargada
- ✚ Suficiente flexibilidad longitudinal para un buen funcionamiento sobre las poleas
- ✚ Suficiente flexibilidad transversal para un buen funcionamiento en vacío
- ✚ Suficiente rigidez longitudinal y transversal requerida a la correa para el soporte de la carga mientras la correa se desplaza sobre poleas locas espaciadas

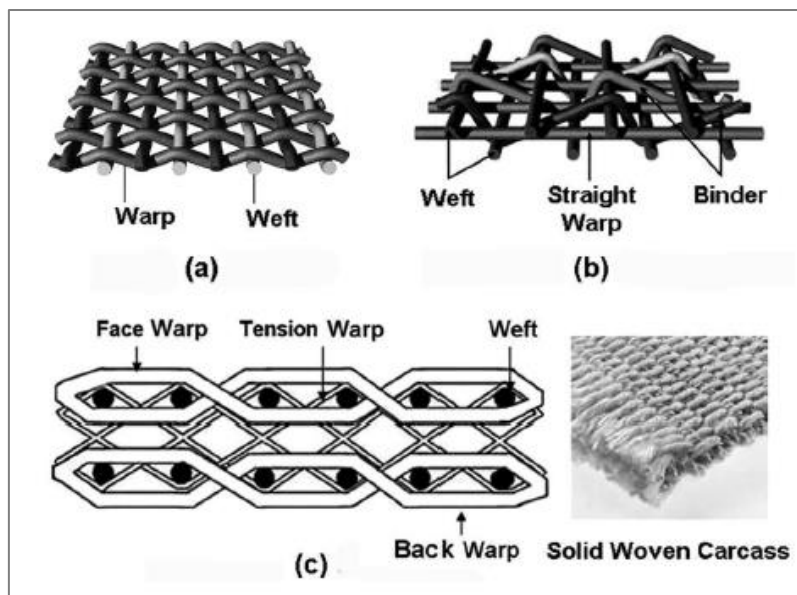


- ✚ Capacidad para absorber el impacto del material a medida que se carga en la cinta transportadora
- ✚ Capacidad para transportar la carga suavemente y sin derrames
- ✚ Capacidad para funcionar a temperaturas superiores a 90°C
- ✚ Bajo peso propio y pequeño alargamiento específico a la tensión de trabajo
- ✚ Buena resistencia al desgarramiento para soportar daños
- ✚ Buena capacidad de sujeción mecánica
- ✚ Buena adherencia entre capas
- ✚ Alta resistencia a la separación de las capas
- ✚ Baja higroscopicidad (capacidad de retención de la humedad) y larga vida útil

La carcasa se designa por la tensión de trabajo (newtons por milímetro de anchura o kilonewtons por metro de anchura o libras por pulgada de anchura) o la resistencia de la carcasa. Existen dos medidas distintas de la resistencia de la carcasa o de la correa. La primera es la tensión máxima de trabajo o resistencia de la correa. Esta es la tensión más alta que se produce en cualquier parte de la cinta en el sistema transportador en condiciones normales de funcionamiento. Esta es la medida de resistencia utilizada para determinar la correa adecuada para el sistema.

La segunda medida es la resistencia final a la tracción de la banda. Es el punto en el que la banda se romperá y fallará debido a una tensión excesiva. La diferencia entre la tensión máxima de trabajo y la resistencia última a la tracción de la correa suele denominarse factor de servicio. Para una correa de alta calidad, este factor de servicio es de 10 a 1. Esto significa que si la tensión máxima de trabajo es de 200 PIW (libras por pulgada de anchura), la resistencia última a la tracción sería de 2.000 PIW. Normalmente, el fabricante clasifica la carcasa en términos de "tensión máxima de funcionamiento recomendada" admisible.

Figura 2.5 Diferentes tipos de entrelazado para fajas



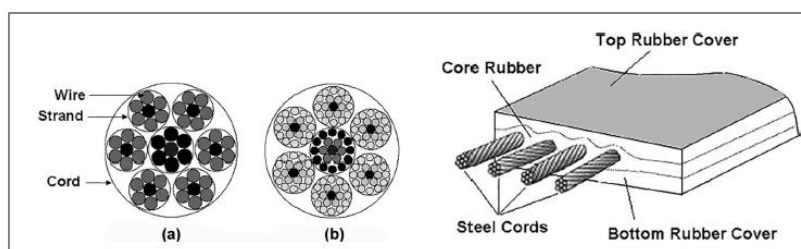
Nota. Tomado de “Fenner Dunlop Engineered Conveyor Solutions”.

2.2.3 Tipos de faja

Las cintas transportadoras pueden clasificarse principalmente en dos tipos en función de la carcasa utilizada como:

- Cintas de tejido/textil, formadas por capas de tejido, impregnadas de caucho y protegidas por una cubierta de caucho, en ambos lados y bordes. El tejido de pato proporciona la resistencia necesaria para soportar la tensión creada al transportar la carga, mientras que la cubierta de caucho protege la carcasa de tejido.
- Cinturones de cordón de acero, fabricados con una capa de cordones de acero paralelos completamente embebidos en caucho. Soportan tensiones mucho mayores y tienen una vida útil considerablemente más larga.

Figura 2.6 Sección transversal de una faja de cable de acero





Nota. Tomado de “The Belt Conveyor – A concise basic course” CRC Press. (2021)

2.2.4 Cubierta superior e inferior de la faja

Mediante la incorporación de una capa de caucho en la parte superior e inferior de la carcasa, ésta queda protegida contra el impacto del material, el desgaste, la abrasión y los efectos ambientales debidos a la humedad, la luz solar, el ozono, los productos químicos, el calor, el frío y los productos derivados del petróleo, etc., de modo que no se debilita y prolonga su vida útil. La capa de caucho del lado portador del material se conoce como cubierta superior. La capa de caucho en el lado inferior (lado no portante o lado de rodadura) se conoce como cubierta inferior. Los recubrimientos superior e inferior de la cinta transportadora proporcionan muy poca o ninguna resistencia estructural a la cinta. La cubierta suele ser el componente de menor coste de la banda. Las principales finalidades de las cubiertas superior e inferior son las siguientes:

- 1) Proteger la carcasa de daños por impacto Cuando el material cae sobre la banda, al estar cargado, sus bordes afilados tienden a cortar/desbastar la banda. La cubierta superior protege la carcasa soportando dichas fuerzas de impacto.
- 2) Para proteger la carcasa del desgaste
 - ❖ Después de que el material toca la cinta, cuando está cargado, roza con la cinta durante un corto periodo de tiempo hasta que la velocidad del material coincide con la velocidad de la cinta. La cubierta soporta esta acción abrasiva.
 - ❖ Hay un pequeño movimiento de vaivén del material cuando la cinta pasa sobre los rodillos durante su funcionamiento. La cubierta superior soporta el desgaste debido a este movimiento del material.
 - ❖ Hay un ligero pero continuo efecto de desgaste en la cinta cuando se mueve sobre los rodillos, tanto en el lado de transporte como en el de retorno. Este efecto es absorbido por la cubierta inferior durante la marcha de transporte y por la cubierta superior durante la marcha de retorno.
 - ❖ El efecto de desgaste también se produce debido a la contaminación del material, atascamiento y desalineación de los rodillos.



- 3) Proporcionar una superficie de fricción para el accionamiento de la correa.
- 4) Proteger la correa contra los factores especiales de deterioro que puedan estar presentes en el entorno de funcionamiento.

2.2.5 Factores para considerar en el diseño de fajas

Índice de tensión

La tensión nominal de una cinta es el esfuerzo máximo de trabajo seguro recomendado que debe aplicarse a la cinta. Las cintas transportadoras se diseñan para soportar las tensiones de funcionamiento y se clasifican en consecuencia. Estos valores están estandarizados y los fabricantes de correas tabulan y suministran las tensiones máximas de funcionamiento para las distintas correas.

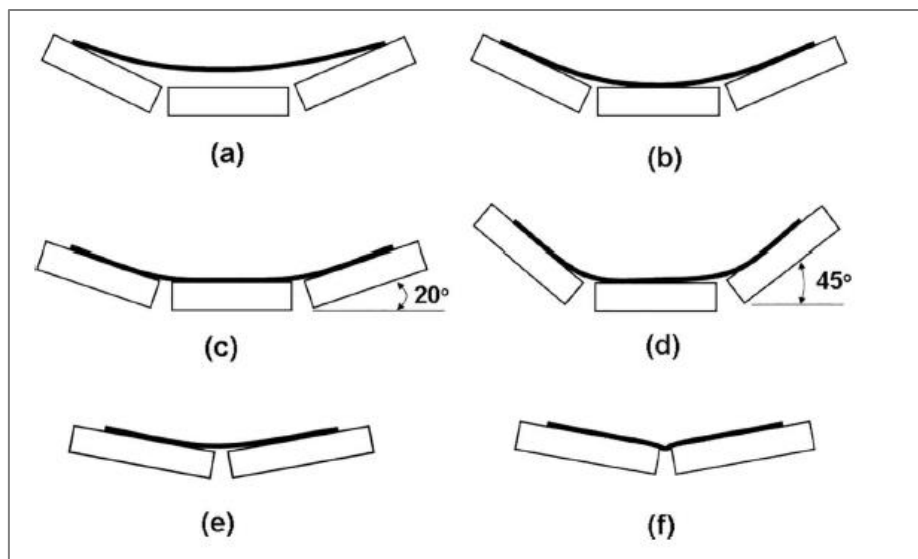
Soporte de carga

La cinta transportadora debe soportar toda la carga del material alimentado cuando se extiende entre dos juegos de rodillos. Los fabricantes de correas suministran tablas que reflejan las correas recomendadas para los distintos tipos y grados de material transportado por la correa.

Capacidad de deslizamiento

Las correas son de artesa para permitir que el transportador lleve más material. La capacidad de la banda transportadora para deslizarse correctamente sobre los rodillos de transporte se denomina capacidad de deslizamiento. La cinta transportadora no debe ser demasiado rígida ni demasiado fina. La flexibilidad o rigidez transversal de la banda es importante para que ésta se deslice correctamente. La banda transportadora vacía debe hacer suficiente contacto con el rodillo central para que se deslice correctamente.

Figura 2.7 Análisis de la capacidad de deslizamiento



Nota. (a) Cinta rígida, depresión inadecuada; (b) cinta flexible, depresión adecuada; (c) ángulo de depresión de los rodillos 20°; (d) ángulo de depresión de los rodillos 45°; (e) diseño de la cinta no afectado por el peso de la carga; y (f) diseño de la cinta afectado por el peso de la carga. Tomado de: “The Belt Conveyor – A concise basic course” CRC Press. (2021)

Calidad y grosor de los recubrimientos de las bandas

Los recubrimientos de las bandas deben ser del material adecuado y tener el grosor suficiente para adaptarse a la aplicación. Los fabricantes de bandas suministran tablas que reflejan el grosor mínimo sugerido para las cubiertas superiores, basadas en un factor de frecuencia de exposición al impacto, así como en las características de los materiales transportados. Las cubiertas inferiores no suelen estar sometidas a condiciones de carga y, en general, puede aplicarse el grosor mínimo de cubierta recomendado por el fabricante.

2.2.6 Almacenamiento y manipulación de una faja

De todos los componentes del transportador de banda, la banda transportadora es el más vulnerable a los efectos medioambientales y otras fuerzas operativas. Sólo por esta razón, el ciclo de sustitución de la cinta es comparativamente más corto. El coste de la cinta representa entre el 25% y el 35% del coste total de la instalación. Esto pone de relieve la

necesidad de aplicar un estricto código de prácticas con respecto al almacenamiento y la manipulación de las bandas para mejorar su rendimiento.

Cuando se almacena una banda transportadora nueva, debería dejarse izada o en posición vertical, preferiblemente sobre una superficie seca. Bloquearla de forma segura para que no pueda rodar accidentalmente es una buena práctica. Para el almacenamiento es preferible un lugar seco y alejado de la luz solar directa, y deben evitarse las variaciones o temperaturas extremas. Lo ideal es almacenar las correas en interiores a una temperatura comprendida entre 0°C y 25°C. Las correas no deben almacenarse en lugares excesivamente húmedos ni en zonas donde se almacenen aceites, gasolina, pintura, etc.

Figura 2.8 Rollo de faja transportadora



Nota. Tomado de <https://www.helogistik.de/>

2.2.7 Empalme de correas

Los dos extremos de la cinta transportadora deben empalmarse (unirse) para formar una cinta continua sin fin. Cuando una cinta se daña o se desgasta, es necesario sustituirla. A medida que aumenta o disminuye la longitud del transportador, la cinta debe alargarse o acortarse y puede ser necesario añadir o quitar una o más piezas de la cinta. En estos casos también hay que unir los extremos de la cinta.

La durabilidad de una cinta transportadora depende en gran medida de los empalmes realizados en ella. En la mayoría de los casos, estos empalmes son más débiles que la propia banda y suelen ser la causa de las interrupciones de la cinta transportadora. La resistencia de un empalme depende de numerosos factores, entre ellos los siguientes

- La capa de empalme
- El método de empalme
- Los materiales utilizados para realizar el empalme
- La mano de obra
- El entorno en el que se realiza el empalme

A continuación, se indican tres métodos comunes de empalme de la correa:

- 1) Empalme mecánico en el que los extremos de la correa se unen mediante fijaciones mecánicas
- 2) Vulcanización en caliente donde los extremos de la correa se unen calentados y curados bajo presión con una prensa vulcanizadora
- 3) Vulcanización en frío, que utiliza un adhesivo

2.3 Operación, mantenimiento y seguridad

En el sistema de transporte por cinta, el funcionamiento, el mantenimiento y la seguridad están interrelacionados. Si no se adoptan todas las medidas de seguridad posibles y no se realiza un mantenimiento adecuado de todos los componentes de la cinta transportadora, el funcionamiento de ésta no podrá ser satisfactorio. Por lo tanto, es muy esencial

desarrollar un procedimiento operativo y ofrecer un programa de instrucción para todo el personal implicado en el funcionamiento, el mantenimiento y la seguridad de un sistema transportador de banda en el momento de la instalación y durante las pruebas de funcionamiento. Estos programas deben repetirse y los procedimientos deben revisarse a intervalos frecuentes para actualizar los conocimientos del personal formado.

2.3.1 Operación

Un sistema de transporte por fajas bien diseñado e instalado puede ser manejado por uno o dos operarios. Un operario puede supervisar el funcionamiento de la cinta transportadora con la ayuda de controles eléctricos, sensores y dispositivos de seguridad incorporados, circuito cerrado de TV y otros sistemas de señalización desde una zona remota. Uno o dos mecánicos con un supervisor, formados al efecto, pueden patrullar fácilmente el sistema a intervalos regulares para detectar el estado de algún componente que necesite atención. Dos de los factores más importantes para el buen funcionamiento de un transportador de banda son la tensión adecuada de la banda por parte del conjunto de recogida y la formación de la banda para que se desplace con seguridad dentro de los rodillos y retornos, a fin de evitar costosos tiempos de inactividad, daños en el borde de la banda y derrames de material.

2.3.2 Mantenimiento

El mantenimiento puede definirse como el conjunto de actividades realizadas en todas las máquinas del sistema transportador, para mantenerlas en condiciones óptimas de forma económica, para el buen funcionamiento de la cinta transportadora, para la consecución de los objetivos de la organización con respecto a los objetivos y para cumplir con las normas de medio ambiente y seguridad. El estado óptimo se refiere a que la maquinaria debe estar

en buenas condiciones para una utilización eficiente y eficaz de la misma para las funciones para las que ha sido diseñada e instalada.

El mantenimiento es parte integrante de las actividades de producción de una organización.

En pocas palabras, los cinco objetivos del mantenimiento sistemático de los transportadores de banda podrían resumirse brevemente como se detalla a continuación:

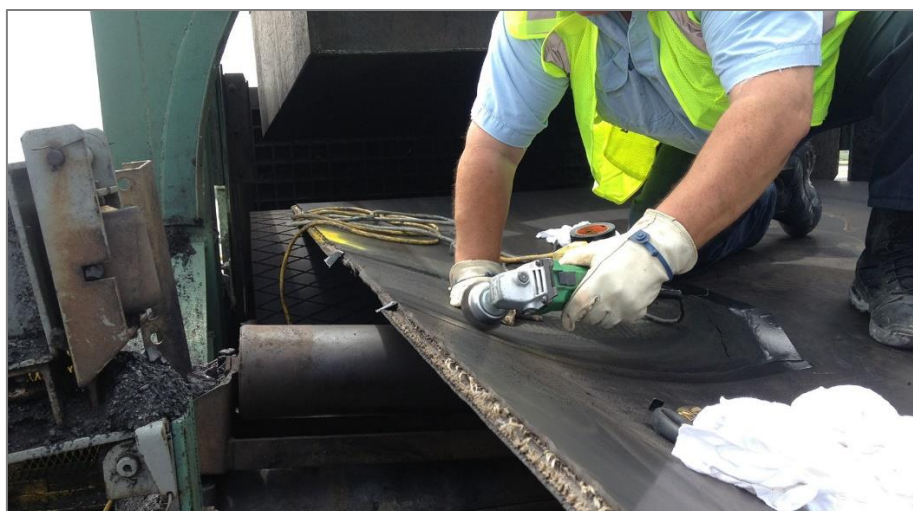
- 1) Mantener el sistema de cintas transportadoras funcionando con la máxima eficacia productiva, en consonancia con la calidad y la fiabilidad.
- 2) Reducir al mínimo los costes de transporte, procurando que no se produzcan tiempos de inactividad.
- 3) Reducir al mínimo la carga de trabajo real de mantenimiento.
- 4) Mejorar el rendimiento del sistema transportador durante su funcionamiento.
- 5) Garantizar la seguridad del equipo transportador y del personal mejorando las condiciones de trabajo y la eficacia del mantenimiento.

En resumen, la utilización óptima y eficaz de los recursos disponibles, a saber, 5 M - hombres (men), materiales, maquinaria, métodos, dinero (money)- y, por último, pero no por ello menos importante, el tiempo, es el fundamento básico de un sistema sólido.

A continuación, se exponen los tres tipos principales de prácticas de mantenimiento que se adoptan en un sistema transportador de banda.

- Mantenimiento de averías
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

Figura 2.9 Labores de mantenimiento en fajas transportadoras



Nota. Tomado de <https://www.sparksbelting.com/>

2.3.3 Seguridad

Las cintas transportadoras pueden ser una de las instalaciones más peligrosas de una mina o planta si no se cumplen estrictamente las normas de seguridad o si no se realiza un mantenimiento adecuado de las cintas. El sentido común es la clave para trabajar en cualquier equipo y debe utilizarse mientras se observa o se realiza el mantenimiento del equipo. La seguridad de los transportadores comienza con un diseño que evite los peligros previsibles.

La cuidadosa consideración de los aspectos de seguridad durante la fabricación y la instalación, y la aplicación de políticas adecuadas de funcionamiento y mantenimiento, contribuirán a promover un entorno de trabajo seguro en las instalaciones. Sin embargo, muchos accidentes relacionados con las cintas transportadoras se deben más al descuido, la negligencia o la ignorancia humanos que a deficiencias de diseño. Por lo tanto, el personal de operación y mantenimiento debe recibir una formación adecuada en materia de seguridad y sólo entonces debe estar debidamente autorizado para entrar y trabajar en



zonas peligrosas. No debe realizarse ningún trabajo en un transportador a menos que el equipo esté parado y bloqueado eléctricamente.

Una buena limpieza es un requisito previo para la seguridad. La zona del transportador, las vías de acceso y los pasillos deben mantenerse libres de derrames de material, equipos sobrantes, recortes de cintas y cualquier obstrucción innecesaria. Una buena iluminación, protección contra la intemperie y superficies antideslizantes para caminar son factores que contribuyen a la seguridad. Es una buena práctica instituir inspecciones visuales regulares por parte de ingenieros responsables para verificar el bienestar de la seguridad de la planta. Las protecciones son esenciales, sobre todo en rodillos, poleas, componentes de transmisión y ejes, para proteger al personal de posibles lesiones causadas por estos componentes. Además de proteger estos componentes, el etiquetado de la protección también ayuda al personal a identificar los peligros específicos asociados a la protección.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

La presente investigación será del tipo “Aplicada” dado que pretende resolver o plantear una solución a un problema en específico. Para nuestro caso, el problema que se pretende resolver es el aumento del tiempo de vida útil de fajas transportadoras.

3.2 Enfoque de la investigación

Dado que se pretende hacer uso de la recolección y análisis de datos para contestar preguntas de investigación, asimismo, como el probar hipótesis de estudio, este estudio será del tipo cuantitativo. El presente estudio será respaldado por el uso de estadística propia de los softwares de Simulación numérica.

3.3 Nivel de la investigación

Dado que se necesita conocer la relación entre la velocidad de impacto sobre el desgaste de las fajas transportadoras, el nivel de la presente investigación será del tipo “Correlacional”.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Investigación

Dado que la presente investigación se realizará de forma teórica, se llevará a cabo diferentes simulaciones que permitan conocer una solución óptima dentro del tiempo propuesto de investigación. La técnica de investigación será el ensayo de Prueba y Error. Asimismo, por la naturaleza iterativa de diseño, se consideran convenientes los siguientes instrumentos de investigación.

- ❖ Guías de recolección de datos referidos a simulación numérica.
- ❖ Elaboración de bitácoras de diseño
- ❖ Uso de software de Simulación numérica

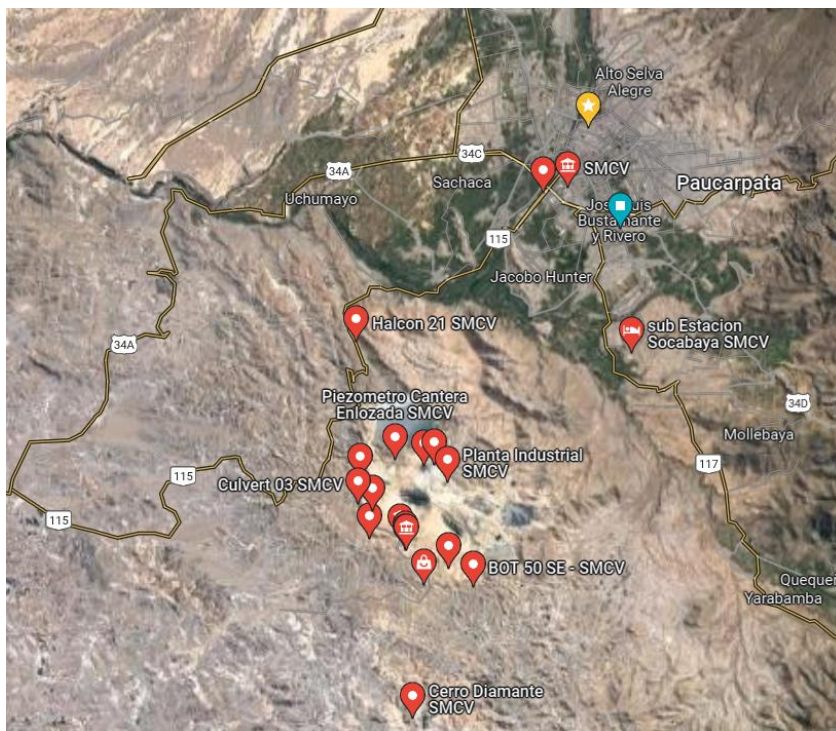
Se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- ❖ Se utilizará un software de diseño con licencia estudiantil (Ansys Inc.)
- ❖ Se hará uso de Especificaciones de diseño

3.5 Ubicación del área de estudio

La presente investigación se ha realizado tomando en cuenta modelos de chutes y feeders típicos de las Instalaciones de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

Figura 3.1 Ubicación del área de estudio

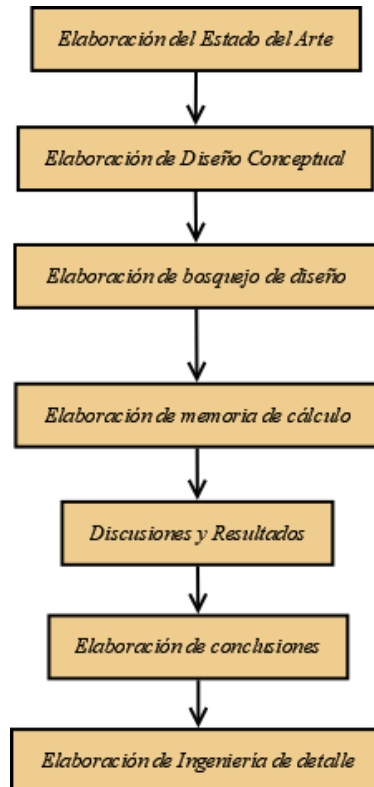


Nota. Tomado de “<https://www.google.com/maps/search/smcv>”

3.6 Procedimiento de desarrollo de la investigación

A continuación, se muestra el flujograma de la presente investigación:

Figura 3.2 Flujograma de la investigación



CAPITULO IV: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

4.1 Cronograma

Se ha propuesto el siguiente cronograma de actividades por parte del autor para realizar la presente investigación:

Tabla 4.1 Cronograma de actividades

	ACTIVIDADES	PRIMER MES				SEGUNDO MES				TERCER MES			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
1	PLAN DE TESIS	█											
1.1	Desarrollo del tema de tesis	█	█	█	█								
1.2	Elaboración Estado del Arte	█	█	█	█								
1.3	Elaboración del plan de tesis	█	█	█	█								
1.4	Aprobación del plan de tesis	█	█	█	█								
2	BORRADOR DE TESIS	█											
2.1	Elaboración de Marco teórico	█	█	█	█								
2.2	Evaluación de alternativas	█	█	█	█	█							
2.3	Elaboración del modelo de trabajo	█	█	█	█	█	█						
2.4	Redacción de memoria de cálculo	█	█	█	█	█	█	█					
2.5	Elaboración de Ingeniería de detalle	█	█	█	█	█	█	█	█				
2.6	Elaboración del borrador final	█	█	█	█	█	█	█	█	█			
2.7	Levantamiento de observaciones	█	█	█	█	█	█	█	█	█			
3.	SUSTENTACIÓN DE TESIS											█	█

4.2 Presupuesto

Durante el desarrollo de la presente investigación, se ha contemplado el siguiente presupuesto:

Tabla 4.2 Aportes no monetarios del proyecto de investigación

Rubro	Aporte no monetario
Equipos y bienes duraderos	<ul style="list-style-type: none">❖ Computadora y periféricos (2.6.32.31)❖ Artículos de oficina (2.3.15.12)
Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none">❖ Servicios del Tesista [250 horas] (2.5.51.32)
Materiales e insumos, asesorías y servicios, gastos operativos	<ul style="list-style-type: none">❖ Internet (2.3.22.23)❖ Servicios básicos (2.3.22.11)

Tabla 4.3 Aportes monetarios del proyecto de investigación

Rubro	Aporte monetario	Monto (Nuevos Soles)
Equipos y bienes duraderos	Adquisición de Licencias computacionales (2.6.32.95)	S/4800.00
Recursos humanos	Asesoramiento de tesis externo (2.3.27.1498)	S/ 100.00 /hora
	Servicio del tesista (2.5.51.32)	S/ 30 / día
Materiales e insumos, servicios, gastos operativos	Movilidad local (2.3.21.21)	S/ 500.00
	Golden Grapher (2.6.61.32)	S/ 0.00
	Rocky DEM (2.6.61.32)	S/ 0.00



	Ansys workbench (2.6.61.32)	S/ 0.00
	Impresiones (2.3.27.116)	S/ 100.00

4.3 Financiamiento

El financiamiento de la presente investigación será por parte del autor, declarando no tener conflictos de intereses que afecten los resultados de la investigación.

Tabla 4.4 Financiamiento de la investigación

Entidad financiadora	Monto	Porcentaje
Autofinanciado	10 000.00 Soles	100%



REFERENCIAS

- ❖ Belt Conveyors for Bulk Materials, Prepared by the Engineering Conference of the Conveyor Equipment Manufacturers Association, 7th Edition, Naples, Florida, USA, 15 April 2014.
- ❖ Belt Conveyor idler Installation Instructions & Troubleshooting, 2017, www.ppi-global.com
- ❖ Belt Conveyor Installation, Operation, Maintenance and Safety manual, Continental Belt Conveyor Systems, Canada, www.continentalconveyor.ca
- ❖ Belt Conveyor Installation and Operational Maintenance Manual, CEMA Document 2004, Orthman Conveying Systems, Lexington, www.orthman.com
- ❖ Belt Conveyor Troubleshooting guide, www.ckit.co.za Conveyor Belt Installation, Maintenance and troubleshooting guide, Continental ContiTech, Fairlawn, USA, www.continental-industry.com
- ❖ Conveyor Belt Manual, Fenner Dunlop, Conveyor Belting Americas, www.fennerdunlopamericas.com Conveyor Handbook, Fenner Dunlop, Conveyor Belting Australia, June 2009, www.fennerdunlop.com
- ❖ Instruction manual, 2000, Chatland Material Handling Solutions, Humboldt, www.chatland.com
- ❖ Jurandir Primo, PE: Belt Conveyors for Bulk Materials Practical Calculations www.PDHonline.org, 2012.
- ❖ Ramond.A.Kulwiec, Editor: Materials Handling Handbook, American Society of Mechanical Engineers.; International Material Management Society, Wiley & Sons, 1985.
- ❖ T.S. Kasturi, M.C. Ranga Rajan & T. Krishna Rajan: Conveyor Components, Operation, Maintenance, Failure Analysis, PR Business Services, No.49, K.B.Dhasan Road, Alwarpet, Madras, June 1994.
- ❖ T.S. Kasturi: Rollers for Material Handling Vol.I, PR Business Services, No.49, K.B.Dhasan Road, Alwarpet, Madras, October 1990.
- ❖ T.S. Kasturi: Conveyor Belt Cleaning Mechanism, Vol.I, PR Business Services, No.49, K.B.Dhasan Road, Alwarpet, Madras, July 1992.



- ❖ Z.R.P. Kolacz: Kevlar Aramid as a Reinforcing Fibre in Conveyor Belts, Bulk solids handling, Volume 3, Number 4, November 1983, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany.
- ❖ H.P. Lachmann: A Survey on Present-Day Conveyor Belt Technology, Bulk solids handling, Volume 4, Number 4, December 1984, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany.
- ❖ Don McGlinchey: Bulk Solids Handling: Equipment Selection and Operation, Blackwell Publishing Ltd, UK, 2008.
- ❖ Albert Rappen: Systematic cleaning of Belt Conveyors, Bulk solids handling, Volume 4, Number 1, March 1984, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany.
- ❖ Dietmar Schulze: Flow Properties of Powders and Bulk Solids, 2006–2011.
- ❖ Shah K.P: Construction and Maintenance of Belt Conveyors for Coal and Bulk Material Handling Plants, www.practicalmaintenance.net, April 2018.
- ❖ R. Todd Swinderman, Andrew D. Marti, Larry J. Goldbeck, Daniel Marshall, Mark G. Strebel: FOUNDATIONS, The Practical Resource for Cleaner, Safer, More Productive Dust & Material Control, Fourth Edition, Martin Engineering Company, Neponset, Illinois, USA, 2012.
- ❖ C.R. Woodcock & J.S. Mason: Bulk Solids Handling, An Introduction to the Practice and Technology, Leonard Hill Glasgow and London Published in the USA by Chapman and Hall, Newyork, 1987.