



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA

**“DISEÑO DE ESTACIÓN DE DESVÍO DE CORREAS
TRANSPORTADORAS DE 84 PULGADAS DE ANCHO
CON ÁNGULO VARIABLE ENTRE 0 Y 60 GRADOS
PARA CONTITECH CHILE S.A.”**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO**

PROF. GUÍA: DR. ING. GONZALO SALINAS

YANIS RAMÍREZ LAGOS

**CURICÓ - CHILE
2020**

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular stamps and signatures are present. The left stamp is blue and reads "UNIVERSIDAD DE TALCA DIRECCIÓN SISTEMA DE BIBLIOTECAS" with a signature over it. The right stamp is grey and reads "UNIVERSIDAD DE TALCA SISTEMA DE BIBLIOTECAS CAMPUS CURICO" with a signature over it.

Curicó, 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me permito destacar al Doctor Ingeniero, Don Gonzalo Salinas, quien desde que llegué a la Universidad de Talca, fue uno de los pocos profesores por quien me sentí acogida luego de mi traslado de Universidad. Confió en mis capacidades y más que un docente, es un gran educador y guía en mi desarrollo profesional.

También, me parece oportuno agradecer la oportunidad que Don Ernesto Riquelme, Gerente de Smart Services de Contitech Chile S.A., me otorgó para desarrollar este Proyecto en el Departamento de Ingeniería de la Empresa. Conté con su apoyo y con sus vastos conocimientos de Ingeniería Mecánica.

Finalmente, quiero agradecer al Ingeniero Civil Mecánico Felipe Valdés, quien, siendo exalumno honorífico de la Universidad de Talca, realizó las gestiones para realizar mi Práctica Profesional y posterior desarrollo de Memoria de Título.

A mis Padres y hermana, que son mi núcleo familiar y han estado presente en toda la trayectoria de mi desarrollo como persona y profesional. A ellos, que me apoyaron cuando mi salud no fue favorable. También, en honor a mi hermano, que nos dejó hace más de 10 años, pero su presencia sigue acompañándome a diario.

RESUMEN

La presente Memoria de Título toma lugar dentro del Departamento de Ingeniería Aplicada de la Empresa Contitech Chile S.A. para la realización de un Proyecto de un sistema que contribuya en la instalación de correas transportadoras en el rubro minero. Se desea que sea una alternativa innovadora, que se adapte a la disposición del lugar de montaje de la correa y que pueda variarse la posición para diferentes ángulos con respecto al sistema a diseñar.

La alternativa de solución al problema planteado por este proyecto requiere de un diseño de Sistema Desviador de correas con ciertas condiciones de construcción establecidas por la Empresa. Su nombre hace referencia a que se usará para cambiar la dirección de la cinta transportadora que se instala variando un ángulo hasta 60°.

Para lograr este objetivo, se analizarán métodos de instalación usados en la actualidad, se analizarán geometrías y se realizarán procesos iterativos para obtener un resultado satisfactorio. El diseño se realizará en base a una correa de 40 Ton y ancho de 84 pulgadas.

Se analizarán costos de fabricación para ver qué tan costoso puede ser su fabricación versus los beneficios que pueda traer.

Finalmente, se anexan los planos de fabricación e ilustraciones del diseño 3D.

Palabras clave:

Correas transportadoras · Minería · Diseño Mecánico

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN	2
1.2. Contitech Chile S.A.....	2
1.2.1. Principales Productos y Servicios realizados	2
1.2.2. Departamento Ingeniería de Aplicaciones.....	3
1.2.3. Motivación.....	3
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.1. Conceptos Introdutorios.....	4
1.3.2. Antecedentes.....	5
1.3.3. Problemática	5
1.4. SOLUCIÓN PROPUESTA	6
1.5. OBJETIVOS	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos	6
1.6. ALCANCES PROYECTO	7
1.7. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS	7
1.8. RESULTADOS ESPERADOS.....	7
1.9. Organización de la Memoria Escrita.....	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Transporte de material a granel.....	10
2.2. Componentes básicos de una correa transportadora	11
2.2.1. Forma de Trabajo de una correa transportadora	12
2.3. Correas.....	14
2.3.1. Carcasa	15
2.3.2. Correa de tela textil	15
2.3.3. Correas de cable de acero	16
2.3.4. Consideraciones de diseño.....	17
2.3.5. Características de los materiales de cobertura y áreas de aplicación.....	19
2.3.6. Espesor de la cubierta de la correa.....	19
2.2.7 Ancho de correa	20
2.2.8 Factor de seguridad	20

2.2.9	Vida útil de la correa	21
2.2.10	Almacenamiento de la correa.....	21
2.4.	Rodillos.....	21
2.3.1	Funciones del rodillo	22
2.5.	Fundamentos Generales de Diseño para Sistemas Transportadores	22
2.5.1.	Potencia requerida y resistencias al movimiento en estado de funcionamiento continuo	23
2.5.2.	Resistencias al Movimiento.....	23
2.5.3.	Tensiones de la correa	24
2.6.	Instalación de la correa.....	25
2.7.	Revisión del Estado del Arte de métodos actuales de instalación de correas transportadoras	30
2.7.1.	Sistemas de rotación de bandas	33
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA DESVIADOR		34
3.1.	DISEÑO SOLICITADO Y SUS RESTRICCIONES	35
3.2.	Análisis Geométrico	35
3.3.	Sistema preliminar	38
3.4.	Polín Superior	39
3.5.	Diseño Rodillos Laterales.....	40
3.6.	Sistema guiado correa	43
3.6.1.	Selección de ruedas	43
3.6.2.	Selección de Eje de rueda giratoria.....	44
3.6.3.	Selección de Rodamientos.....	46
3.6.4.	Solución de Sellado.....	47
3.7.	Diseño Estructura Base.....	50
3.8.	Cálculo Unión Abulonada	51
3.9.	Diseño Elevador polín superior	51
3.10.	Cálculo dimensión Cilindro Hidráulico	52
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS MATERIALES Y COSTOS		54
4.1.	Materiales Base Sistema.....	55
4.2.	PARTES DEL ELEVADOR DE LA CORREA	56
4.3.	PARTES RUEDAS ALINEADORAS.....	57

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	58
5.1. Financiamiento.....	59
5.2. Beneficios	59
5.3. Modelo 3D	59
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	31
Bibliografía	63
APENDICE A. MEMORIA DE CÁLCULO.....	64
APÉNDICE B.....	77
APÉNDICE C.....	78
APÉNDICE D	79
APÉNDICE E:.....	80
APÉNDICE F.....	81
APÉNDICE G	82
APÉNDICE H	83
APÉNDICE I.....	84
APÉNDICE J.....	85
APÉNDICE K	86
APÉNDICE L.....	87
APÉDICE M.....	88
APÉNDICE N	89
APÉNDICE O	90
APÉNDICE P.....	91
ANEXO 1	94
ANEXO 2.....	95
ANEXO 3.....	96
ANEXO 4.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Transporte de material por correas trasportadoras	10
Figura 2.2: Componentes Mecánicos de una Correa Transportadora Típica	13
Figura 2.3: Sección transversal de la correa (en ángulo recto a la longitud de la correa) ...	14
Figura 2.4: Correa de tela textil de múltiples capas	16
Figura 2.5: Sección transversal correa cable de acero.....	17
Figura 2.6: Canalización incorrecta y correcta de la correa	17
Figura 2.7: Flexión de la correa	18
Figura 2.8: Rodillos, marco y sistema de rodillos.....	21
Figura 2.9: La ubicación y designación de la polea motriz y de frenado, así como las tensiones de la correa desde FT1 hasta FT4 de un sistema transportador con dispositivos de transmisión y de frenado en la cabeza y cola del sistema.	25
Figura 2.10: Carrete con correa a instalar.....	26
Figura 2.11: Montaje correa.....	27
Figura 2.12: Para evitar que el rodillo de la correa se desborde en la descarga, a menudo se necesita un dispositivo de frenado.	28
Figura 2.13 El boceto muestra el diseño de la pila de correas dobladas, con un carrete contenedor y soporte de descarga en el extremo izquierdo.	29
Figura 2.14: BHP Billiton. Belle Banne Conveyor Products.	31
Figura 2.15: Instalación Correa Contitech Continental.	32
Figura 2.16: Benzi Transportes.....	32
Figura 2.17 Sistema de rotación de Continental	33
Figura 2.18 Montaje en el sistema de rotación Continental	33
Figura 3.1: Líneas paralelas que representar una correa de cualquier dimensión.....	36
Figura 3.2: Líneas paralelas dobladas	36
Figura 3.3: Triángulo formado al doblar las rectas	37
Figura 3.4: Geometría elevación rodillo principal	37
Figura 3.5 Geometría frontal del sistema preliminar.	38
Figura 3.6 Vista lateral de un Sistema preliminar con un polín superior y rodillos laterales inferiores.....	39

Figura 3.7 Tensiones T ejercidas por la correa en el polín superior.	40
Figura 3.8 Cálculo de la longitud de correa.....	40
Figura 3.9 Visualización formación $\frac{1}{4}$ circunferencia en rodillos laterales	41
Figura 3.10 Tensiones de las ruedas aplicadas en los puntos A y C en rojo y rueda central en azul en el punto B.	42
Figura 3.11 Rueda de Poliamida, rodamiento de bolas.	43
Figura 3.12 Esquema de rueda giratoria. Fb, fuerza de rodamiento; W, carga; b, dimensiones.....	44
Figura 3.13 Dimensiones rodamientos	46
Figura 3.14 Sello Radial del eje	48
Figura 3.15 Sello radial al eje hacia afuera.....	49
Figura 3.16 Croquis preliminar de la estructura base del sistema	50
Figura 3.17 Geometría Cálculo Unión abulonada.....	51
Figura 3.18 Elevador Polín Superior.....	52
Figura 3.19 Fuerzas aplicadas sobre el sistema elevador. Siendo P, la fuerza necesaria que requiere para operar el cilindro hidráulico.....	52
Figura 4.4.1 Listado materiales utilizados base del sistema elevador.....	55
Figura 4.2 Listado materiales utilizados en el elevador.....	56
Figura 4.3 Listado materiales utilizados ruedas alineadoras	57
Figura 5.1 Diseño Final Sistema Desviador	60
Figura 0.1: Variación altura rodillo cambiando ángulo de inclinación β	64
Figura 0.2 Dimensiones rodamientos	73
Figura 0.3 Fuerzas aplicadas sobre el sistema elevador. Siendo P, la fuerza necesaria que requiere para operar el cilindro hidráulico.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Costos estructura base.....	56
Tabla 4.2 Costos estructura elevadora.....	57
Tabla 4.3 Costos ruedas alineadoras	57
Tabla 0.1: Valores de h variando el ángulo	64

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

En la Industria de la minería el proceso de carga y transporte de mineral se realiza a través de correas transportadoras de larga extensión. Uno de los grandes proveedores en Chile de correas transportadoras de caucho para la minería es Contitech Chile S.A.

1.2. Contitech Chile S.A.

Continental A.G. es una Empresa fundada en Alemania, Hanóver y que desde 1871 viene desarrollando productos de caucho. Hoy tiene su sede principal en Hannover y más de 160.000 trabajadores en todo el mundo. Sus distintas divisiones son líderes en la fabricación de productos para la industria automotriz y de transporte. En 1923 Continental produce por primera vez correas de transmisión continua.

El holding ContiTech, dentro del cual se encuentra el consorcio Conveyor Belt Group, destinado a la fabricación de correas transportadoras de todo tipo y para todas las industrias, está presente en 73 ciudades, y tiene representación en 150 países. Además, cuenta con más de 25.800 trabajadores a nivel mundial.

La ubicación de la planta en Chile se encuentra en camino Lo Ruiz 4470, Comuna de Renca, Santiago de Chile.

Desde inicios del año de 2014, es el único proveedor del mercado chileno que produce íntegramente a nivel nacional correas transportadoras de cable de acero. Produciendo 185 km lineales de correas transportadoras al año.

1.2.1. Principales Productos y Servicios realizados

Correas Transportadoras

- Correas transportadoras con carcasa textil.
- Correas transportadoras con carcasa de cable de acero.

Servicios

- Servicios de instalación
- Servicios de reparación y mantención

Capítulo 1. Introducción

- Servicios de monitoreo

1.2.2. Departamento Ingeniería de Aplicaciones

Este departamento presta Servicios Inteligentes, que son un grupo de instrumentos de alta tecnología que permiten realizar controles sobre las operaciones de las correas transportadoras, diagnosticando sus fallas de manera más rápida y certera, evitando así paradas no programadas y el aumento de costos por acciones correctivas. Además de permitir aumentos sustanciales en la vida útil de correas y accesorios.

Se realiza también el servicio de: “Ingeniería Aplicada”, donde se ofrecen soluciones a problemáticas, como, por ejemplo, en montaje y mantención de correas; diseñando equipos complementarios a los sistemas transportadores como: enrolladores, izadores y recientemente desviadores.

1.2.3. Motivación

Actualmente, el cambio de una correa transportadora, debido al reemplazo que se requiera de esta, porque cumplió su vida útil o por falla de la correa es una gran e importante labor para la minería. Esto porque se necesitan muchos trabajadores para sacar la correa vieja e instalar la nueva, sumado también a que a veces se cuenta con poco espacio disponible para realizar la instalación. Surge por esto el deseo de realizar una estación en donde se ingrese la correa nueva desde un carrete, donde está contenido el rollo de cinta, para disponerla en el sistema transportador. Muchas veces la entrada al sistema transportador no está en un ángulo fijo, sino que su trayectoria tiene un ángulo de inclinación que varía para cada caso de instalación.

En la actualidad, se cuenta en el mercado, sólo con un sistema de salida de correa con ángulo de 90° y la mayoría del tiempo se utiliza en minería estructuras que dañan la correa, puesto que se fuerza mucho la cinta para lograr la instalación. La intención es realizar el cambio de la correa en forma segura, sin desviaciones operativas y en el mínimo plazo posible.

“Calificada como la de mayor envergadura dentro de las planificadas para este año por la compañía, Minera Centinela realizó la mantención programada de su planta concentradora y muelle de embarque, con la participación de 1.700 trabajadores de distintas empresas colaboradoras.”¹

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Conceptos Introductorios

- **Correas transportadoras textiles:** Las propiedades más destacables de las correas transportadoras con carcasa textil de ContiTech Chile, son su gran adaptabilidad y flexibilidad para numerosas aplicaciones. Fuera de satisfacer las condiciones mecánicas y dimensionales del producto, se pueden formular las calidades de cubierta para diferentes grados de resistencia a la abrasión, a los ácidos o aceites. Las formulaciones se ciñen, estrictamente a la normativa internacional de ContiTech. Todo ello bajo un control estricto de calidad en laboratorios propios. Además, cuenta con ingenieros especializados para realizar cálculos y definir el diseño de las correas, ofreciendo a los clientes soporte tecnológico.
- **Correas transportadoras de cable de acero:** Las correas transportadoras con carcasa de cable de acero de ContiTech Chile, las únicas fabricadas en el país, son producidas con la más avanzada tecnología alemana, la que permite ofrecer la mejor calidad del mercado. La capacidad de la planta permite fabricar correas con cables de acero con resistencias hasta 4500 N/mm (ST 4500) y en anchos hasta 72” (1.810 mm).
- **Ingeniería de Montaje de Correas:** Mediante este servicio, los clientes obtienen el procedimiento completo para el cambio o la instalación de una correa transportadora, combinando la experiencia operacional y conceptual con la experiencia ingenieril. Entre los contenidos que abarca, se encuentran:
 - Re-cálculo de las especificaciones técnicas de la correa.
 - Listado de equipos y herramientas necesarias.
 - Secuencia detallada de la operación con planos para cada paso.

¹ Fuente: Minería Chilena. Mch.cl

Capítulo 1. Introducción

- Instrucciones de seguridad.
- Cronograma de trabajo.

1.3.2. Antecedentes

- Actual infraestructura supera los 8.000 m² de superficie donde destacan la planta de producción, laboratorios de control de calidad y laboratorio de desarrollos, como también la fábrica de mezclas. Todo lo anterior permite producir más de 185.000 m lineales de cinta al año y alcanzar los mayores anchos en la fabricación de correas transportadoras de carcasa textil y de cable de acero ofrecidos en el mercado chileno.
- Desde inicios del año 2014, es el único proveedor del mercado que produce, íntegramente a nivel nacional, correas transportadoras de cable de acero.
- Más de 40 años de experiencia como una empresa prestadora de servicios industriales con foco en la minería.
- Más de 450 profesionales especializados, organizados en turnos, respaldan 24 horas al día durante los 7 días de la semana la productividad de los clientes.
- El departamento de Servicios está encargado de cambiar de 5 a 10 correas al mes por faena. [1]

1.3.3. Problemática

Un cambio de correa transportadora en una faena minera requiere de una zona de gran espacio para maniobrar el montaje. En algunas faenas, no existe esta extensión disponible para realizar un cambio óptimo, debido a lo reducido del sitio de operación. También, es de gran importancia que la correa no se atore ni se dañe en la instalación.

Actualmente, se utilizan poleas, fierros y estructuras en donde las correas se dañan. Sumado a instalaciones específicas para cada montaje mal hechas, son riesgosas y la confiabilidad baja porque no funcionan.

Capítulo 1. Introducción

Generalmente, la cinta se despliega en forma perpendicular al sistema de transporte, pero el ángulo que forma el ingreso de la correa con el ángulo de salida requerido es variable, ya que depende de cada caso en particular de montaje.

Para esto, se requiere optimizar el cambio de una correa transportadora en terreno para reducir tiempos y espacio utilizado. El proyecto de optimización a cargo de la Empresa Contitech, requiere un equipo desviador de correas con ángulo variable que no existe actualmente en el mercado. Como objetivo principal es mejorar la confiabilidad y seguridad en el cambio.

1.4. SOLUCIÓN PROPUESTA

Dadas las condiciones en que actualmente se realiza una instalación de correa transportadora y considerando los requerimientos de la propuesta de la Empresa, se diseñará una estación de desvío donde ingresará la cinta para posteriormente cambiar su trayectoria al ángulo deseado y se evaluará técnicamente su funcionalidad y construcción.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar una estación de desvío de correas transportadoras de ancho 84” para Contitech Chile S.A. con ángulo variable entre 0 y 60°.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Estudiar condiciones actuales de montaje en Faenas
- Buscar información para desarrollo de marco teórico.
- Estudiar la geometría de trayectoria de la correa en los rodillos
- Confeccionar la memoria de cálculo del desviador
- Diseñar un modelo 3D de la estructura del desviador

1.6. ALCANCES PROYECTO

El proyecto no abarca la fabricación de la estructura del desviador, sino que sólo la generación de un posible diseño 3D para Contitech Chile S.A.

1.7. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

La metodología utilizada para resolver el problema constará de las siguientes etapas:

1. Bosquejo de geometría:
Se dibuja la geometría que describe la trayectoria de la correa. Se analizan posiciones para ángulos variables entre 0 y 90°.
2. Variación del ángulo de elevación rodillo principal:
Búsqueda de solución a la problemática para variar el ángulo de 0 a 45°, para 3 posiciones de estudio: 15, 30 y 45°.
3. Creación de modelo en base a geometrías preliminares mediante software de dibujo:
Se crea un modelo utilizando, en este caso Autodesk Inventor Professional 2018 debido al conocimiento previo de éste.
4. Comprobación de resultados:
En caso de un resultado no satisfactorio, se fue modificando la geometría de la estructura base hasta encontrar un modelo adecuado.

1.8. RESULTADOS ESPERADOS

La elaboración del trabajo de titulación se basará en el diseño de la geometría de un desviador de correa transportadora. Este debe cumplir con las condiciones estructurales suficientes para que la estructura soporte los esfuerzos que generará el peso de la correa.

Capítulo 1. Introducción

Además, debe cumplir con requisitos de diseño para el óptimo desplazamiento de la correa por el desviador para evitar daños en esta.

1.9. Organización de la Memoria Escrita

1. Capítulo 1. Introducción: En este Capítulo se destalla las motivaciones que llevaron a abarcar la realización del Proyecto, la solución propuesta, metodología de trabajo y objetivos.
2. Capítulo 2. Marco teórico: Se detallan los fundamentos teóricos en que se basará el Proyecto.
3. Capítulo 3. Desarrollo
 - a) Dibujo y análisis de geometría
 - b) Memoria de Cálculo.
 - c) Selección de materiales.
4. Diseño de estación de desvío de Correa Transportadora: Se desarrolla la solución propuesta en diferentes puntos a tratar.
 - a) Diseños 3D.
5. Capítulo 4. Análisis de resultados
6. Capítulo 5. Conclusiones.
7. Bibliografía.
8. Anexos.
 - a) Planos de fabricación.
 - b) Catálogos

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Transporte de material a granel

Los tratamientos de los materiales usan las tecnologías para hacer avanzar el proceso con un mínimo de alteraciones en la capacidad y el flujo. Estas tecnologías son las siguientes:

- Carga y Descarga
- Almacenamiento
- Alimentación
- Transporte

Los transportadores de correa han alcanzado una posición dominante en la transportación de materiales a granel debido a las ventajas inherentes como su economía, seguridad de operación, confiabilidad, versatilidad, y prácticamente un ilimitado rango de capacidades. Por añadidura, estos transportadores son adecuados para la ejecución de numerosos procesos que tienen dentro de sus funciones el manejo de flujo de material a granel. Recientemente, su conformidad a los requerimientos ambientales ha constituido un mayor incentivo para su selección por encima de otros medios de transporte.

Las exigencias de baja labor y baja energía son fundamentales con los transportadores de correa cuando se compara con otros medios de transporte.

El tamaño del material que puede ser transportado es limitado solamente por el ancho de la cinta. Los materiales pueden estar en el rango desde muy finos, como polvos químicos hasta los más grandes terrones, como mineral de hierro, piedra, carbón o troncos de pulpa de madera. Ver figura 2.1.

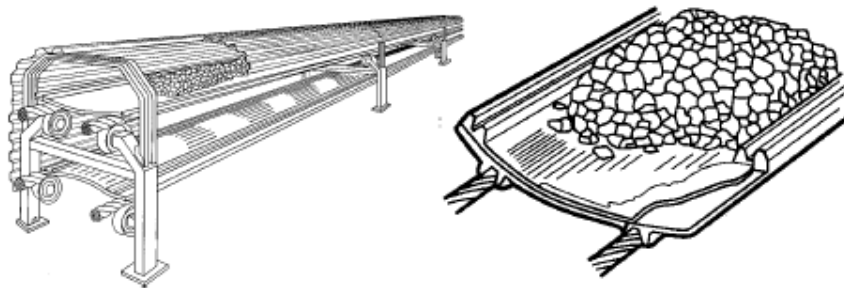


Figura 2.1 Transporte de material por correas transportadoras

Capítulo 2 Marco Teórico

Ya que las correas de goma son altamente resistentes a la corrosión y la abrasión, los costos de mantenimiento son comparativamente más bajos cuando se manejan materiales altamente corrosivos.

Las correas transportadoras se seleccionan a partir de 4 parámetros clave:

- Tonelaje
- Calibre del material
- Inclinación
- Distancia

El transporte con largas capacidades sobre largas distancias significa que los sistemas convencionales de transporte quedan desplazados. Una alternativa a los camiones son los sistemas de transporte correas de cable, los cuales son competitivos a partir de los 500m hacia arriba, aceptando capacidades desde 500 hasta 5000 Ton/h. [2]

2.2. Componentes básicos de una correa transportadora

Una Correa Transportadora corresponde a un arreglo de componentes mecánicos y estructurales que tienen como función transportar material a granel (en su mayoría), desde un lugar a otro, generalmente en forma continua.

Los componentes básicos de una correa transportadora pueden, en términos generales, desglosarse de la manera siguiente:

- Cinta, correa o banda: Es el elemento transportador propiamente dicho, el que carga con el material (recibiéndolo, y descargándolo).
- Los bastidores: Son los elementos que contienen los rodillos sobre los cuales descansa la cinta.
- Las poleas: Elementos rotativos que soportan y mueven la cinta.

Capítulo 2 Marco Teórico

- Sistema de accionamiento: Comunica la potencia necesaria para mover la cinta con su carga; consta de motor, reductor, acoples y polea impulsora o motriz, además de otros elementos.
- La estructura: Soporta y mantiene la alineación de los bastidores y las poleas; también soporta el sistema de transmisión.

2.2.1. Forma de Trabajo de una correa transportadora

El extremo trasero de una cinta transportadora se conoce como extremo de cola y su extremo delantero se conoce como cabecera. El material se alimenta a una cinta transportadora al final de la cola. El material alimentado sobre la cinta transportadora descansa sobre su recorrido superior y viaja hacia adelante con la cinta. El material al llegar a la polea del cabezal cae automáticamente debido a la gravedad y la velocidad de descarga, mientras gira alrededor de la polea del cabezal. Así, el material se transporta desde el extremo de la cola hasta el extremo de la cabeza de manera continua.

El punto donde se coloca el material sobre la cinta se conoce como punto de alimentación o punto de carga. El transportador puede tener más de un punto de alimentación o punto de alimentación en movimiento.

El punto donde el material se descarga de la correa se conoce como punto de descarga. Generalmente, este punto es la cabecera del transportador.

Cabe considerar que, dependiendo de las necesidades de transporte, se deben elaborar diversas combinaciones, en cuanto a las rutas o caminos de las cintas transportadoras, de acuerdo con las necesidades de transporte, entre el punto de origen de este y llegada de éste. De este modo, se tienen caminos horizontales, verticales, inclinados y curvas. En el caso de un camino inclinado, la pendiente de inclinación estará limitada por las características del material a ser transportado.

El arreglo de una correa transportadora consta de los siguientes elementos básicos, los que se presentan en la figura 2.1:

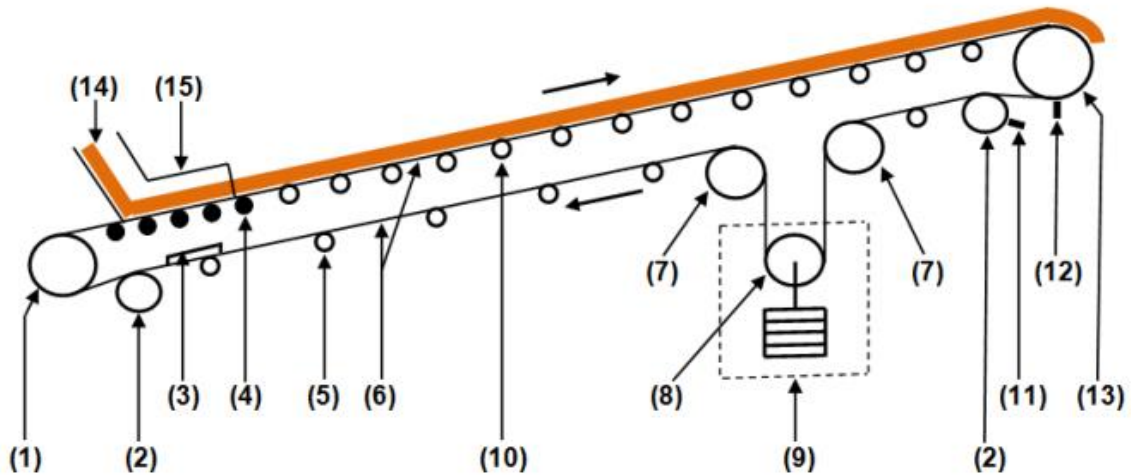


Figura 2.2: Componentes Mecánicos de una Correa Transportadora Típica

- (1) Tambor de reenvío o polea de cola
- (2) Tambor de inflexión o Polea chata (al final de la cabeza y al final de la cola)
- (3) Limpiador de correa interno (raspador de correa interno en V)
- (4) Estación de impacto (rodillos de impacto)
- (5) Estación de retorno (rodillos de retorno)
- (6) Cinturón (bucle continuo de transporte y retorno)
- (7) Tambores de desvío o Poleas dobladas
- (8) Tambor de tensión por contrapeso
- (9) Unidad de contrapeso
- (10) Transporte de ruedas locas (rodillos de transporte)
- (11) Limpiador de polea (raspador de polea)
- (12) Limpiador de correa externo (raspador de correa externo)
- (13) Tambor motriz o Polea del cabezal (normalmente se trata de una polea de descarga y también una polea motriz)
- (14) Canal de alimentación de material
- (15) Faldón

Es importante tener en cuenta que la función de la cinta transportadora es, simplemente, transportar el material que se coloca sobre ella en el punto de alimentación. Si la cantidad de material entrante es menor a su máxima capacidad de transporte, la cinta funciona con una carga parcial. Sin embargo, si la cantidad de material entrante es excesiva, provocará derrames e incluso diversas averías. Por lo tanto, la cantidad de material que se alimenta al transportador no debe exceder la capacidad de diseño.

2.3. Correas

La cinta transportadora es el elemento más visible del sistema transportador. A menudo la correa es el artículo más costoso en un transportador. Por lo tanto, la selección de la cinta transportadora debe ser hecha cuidadosamente y debe ser capaz de realizar las siguientes tareas:

- Transportar la carga.
- Absorber la energía de impacto en el punto de carga.
- Resistir la temperatura y los efectos químicos (calor, aceite, acidez, etc.).
- Cumplir con los requisitos de seguridad (resistente al fuego, antiestático, etc.).

Como se ilustra en la figura 2.2, la cinta transportadora se compone, principalmente, de una cubierta superior, una carcasa y una cubierta inferior.

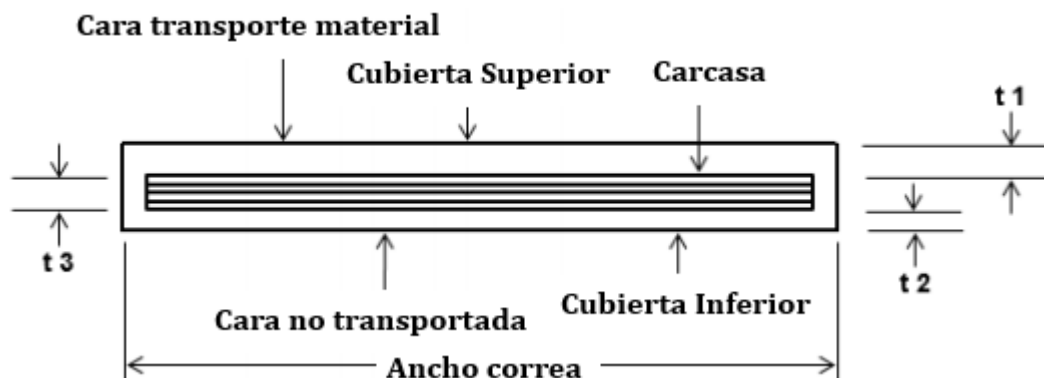


Figura 2.3: Sección transversal de la correa (en ángulo recto a la longitud de la correa)

A continuación, se señalan la identificación de los componentes de una cinta transportadora en términos de la figura 2.2:

- Espesor de la cubierta superior (lado / superficie de transporte) = t_1
- Espesor de la cubierta inferior (no transportadora / lado de funcionamiento / superficie de la polea) = t_2
- Espesor de la carcasa = t_3
- Espesor total de la correa = $t = t_1 + t_2 + t_3$

El espesor de la carcasa de la correa es la distancia entre los puntos más altos de la capa superior de tela y los puntos más bajos de la capa inferior de tela.

2.3.1. Carcasa

La carcasa es el componente más visible de la cinta transportadora, y su función es:

- Proporcionar la resistencia a la tracción necesaria para mover la correa cargada.
- Absorber el impacto del material de impacto que se carga en la cinta transportadora.
- Proporcionar rigidez longitudinal y transversal a la correa para soportar el material a medida que la correa se mueve sobre ruedas locas espaciadas.
- Proporcionar la resistencia adecuada para sostener el sujetador.

La mayor parte de la carcasa de las cintas transportadoras, está compuesta de una o más capas de un textil tejido. Esta tela es una estructura plana, la que se produce por el entrelazado de hilos, fibras o filamentos. Sin embargo, para aplicaciones de alta tensión, se utilizan carcasas de cable de acero de una sola capa

2.3.2. Correa de tela textil

Las correas de telas textiles son las correas más utilizadas para transportadores y elevadores. Como su nombre indica, estos cinturones tienen una carcasa hecha de tela textil.

En los cinturones de tela textil, la carcasa está compuesta de una sola capa especial o más capas. La capa se forma tejiendo (generalmente en ángulo recto) de hilos de urdimbre (hilos),

Capítulo 2 Marco Teórico

que corren a lo largo, e hilos de trama (relleno), que corren en cruz. La resistencia a la tracción de las urdimbres es mayor porque se requiere lo mismo para soportar la tensión principal que ocurre en la correa.

Generalmente, están disponibles resistencias de tela que van desde los 63 [N/mm] hasta 630 [N/mm].

Una carcasa típica de varias capas puede consistir en entre dos y seis capas en la resistencia a la tracción requerida.

La figura 2.3 muestra una correa de tela textil de múltiples capas convencional (sin características de construcción). En este tipo de correas, las capas se superponen y se combinan para formar la carcasa de la resistencia requerida.

El método de empalme por pasos es aplicable para empalmar (unir) bandas múltiples con más de dos capas [3]

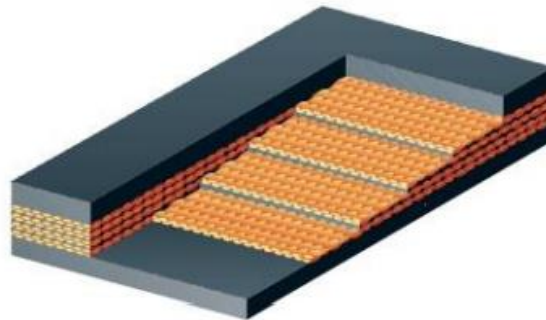


Figura 2.4: Correa de tela textil de múltiples capas

2.3.3. Correas de cable de acero

Los alambres de acero (digamos siete o un número adecuado) se entrelazan para formar un hilo. Luego, los hilos se tuercen para formar el cordón. Posteriormente, dichos cables se utilizan para hacer una correa de cable de acero. Los cables de acero también están galvanizados para protección contra la corrosión durante la larga vida útil de una correa

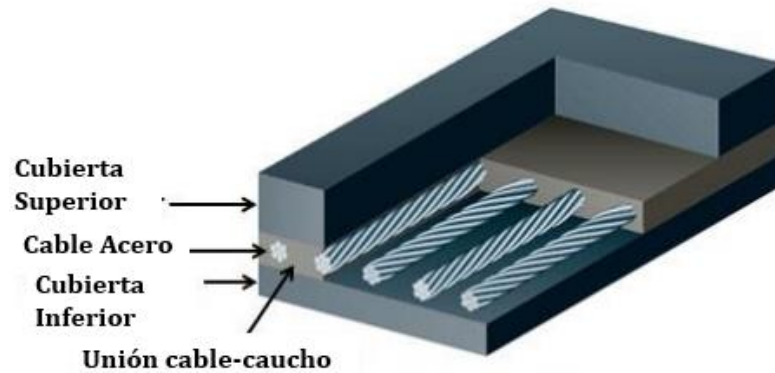


Figura 2.5: Sección transversal correa cable de acero.

Las correas de cable de acero tienen una resistencia a la rotura muy alta de hasta 8 [kN/mm] en comparación de los 2 [kN/mm] para las correas de tela textil. Por lo tanto, las correas de cable de acero son necesarios cuando tienen que soportar tensiones muy altas, más allá del rango de las telas textiles. Las correas transportadoras de longitudes muy largas o con una gran diferencia de nivel entre la cabeza y el extremo de la cola tendrán un requisito de tensión muy alto.

Dado que las correas de cable de acero tienen un estiramiento muy bajo en comparación con las correas de tela textil, el movimiento requerido de la polea de recogida para absorber el estiramiento de la correa durante la operación es muy bajo. [4]

2.3.4. Consideraciones de diseño

La resistencia a la tracción no es la única consideración necesaria en el diseño de una carcasa de cinta transportadora. La flexibilidad transversal o la rigidez de la correa es otra consideración importante.

Es importante que la correa atraviese correctamente. La cinta transportadora vacía debe hacer contacto suficiente con el rodillo central para poder seguir correctamente.

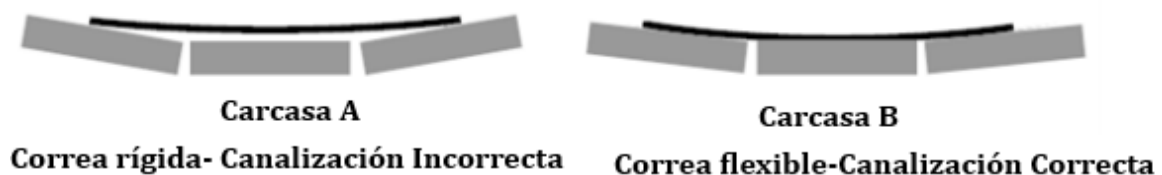


Figura 2.6: Canalización incorrecta y correcta de la correa

Capítulo 2 Marco Teórico

Como se muestra en la figura 2.5, la correa en el caso A es demasiado rígida para entrar en contacto con los rodillos centrales y, por lo tanto, vagará de lado a lado con la posibilidad de causar daños considerables en los bordes de la correa y la estructura. La correa en el caso B muestra suficiente contacto con el rodillo central. Como regla general, la capacidad de carga de la correa es adecuada si un mínimo del 35 al 40% del ancho de la correa está en contacto con las ruedas locas, incluso cuando está vacío. En esta condición, también debe tocar el rodillo central.

En vista de lo anterior, debe verificarse una correa para ver el número máximo de capas más allá de la cual se reduce la flexibilidad transversal y se afecta la eficiencia del canal. La flexibilidad transversal varía con el ancho de la correa y el ángulo del canal. Para mayor flexibilidad, generalmente, se selecciona una correa con un tejido más resistente y un menor número de capas. El grado de dificultad se incrementa también con el aumento del ancho de la correa. La verificación puede llevarse a cabo a partir de las tablas de recomendaciones de fabricantes, las que recomiendan el número máximo de capas para asegurar una canalización adecuada o un ancho mínimo para diversas construcciones.

Esta consideración de diseño se conoce como diseño de capas máximas o, en otras palabras, el número máximo de capas más allá de las cuales la capacidad de resolución no será adecuada.



Figura 2.7: Flexión de la correa

La mayoría de las cintas transportadoras funcionan sobre ruedas locas problemáticas. El ángulo de depresión de estos rodillos generalmente varía de 20° a 45° y más.

Capítulo 2 Marco Teórico

Como se muestra en la figura anterior, este ángulo de canal afecta a la correa creando una línea a lo largo de la cual la correa se flexiona constantemente. Cuanto mayor es el ángulo del canal, mayor es la acción de flexión. Cuando la correa está completamente cargada, la porción de la carga (X) directamente sobre el espacio de unión libre hace que la correa se flexione a un radio más corto. Cuanto más pesada sea la carga, menor será el radio a través del cual debe flexionarse la correa. Las fuerzas también tratarán de empujar la correa hacia abajo en el espacio de la unión libre. Ver figura 2.6.

2.3.5. Características de los materiales de cobertura y áreas de aplicación

En esta sección se presentan los materiales utilizados en una correa transportadora, los cuales pueden ser los siguientes:

Caucho natural (NR): Debido a sus propiedades, el caucho natural es un buen material básico para las gomas de la cubierta de la correa.

Caucho Sintético (SBR): Este material es un producto de polimerización sintética que consiste en estireno y butadieno cuyas características son similares a las del caucho natural. Su resistencia a la tracción y al corte son adecuadas para este tipo de trabajo. Las resistencias a la abrasión, al calor y al ozono son mejores que el caucho natural.

Existen, además, otros tipos de cobertura los cuales pueden ser realizados por la adición de otros ingredientes compuestos para lograr mayores requisitos de estándares y regulaciones.

2.3.6. Espesor de la cubierta de la correa

La cubierta superior y la cubierta inferior protegen a la carcasa contra el debilitamiento natural durante la vida útil de la cinta. La cubierta superior es más gruesa en comparación con la cubierta inferior debido a la tensión operativa y el desgaste es mayor en la cubierta superior.

Como regla general, el 80% del desgaste de la superficie de la cinta transportadora se produce en la cubierta superior de la cinta con aproximadamente 20% de desgaste en la cubierta inferior, según la literatura técnica consultada.

Capítulo 2 Marco Teórico

Se recomienda que la diferencia de espesor entre la cubierta superior y el de la cubierta inferior no debe exceder una proporción de más de 3 a 1. Si la diferencia en el espesor entre las cubiertas es considerable, la contracción natural del caucho después de ser vulcanizado, puede conducir a tensiones nocivas en la correa.

2.2.7 Ancho de correa

Es necesario cierto ancho mínimo de la correa en relación con el tamaño del material transportado. Si el ancho de la correa no es adecuado, afectará la vida útil de la correa y la rueda loca. También puede provocar atascos en el punto de carga.

Se recomienda que el tamaño máximo del bulto para varios anchos de correa sea el que se indica a continuación.

- Para un recargo de 20°, con 10 por ciento de grumos y 90% de finos, el tamaño máximo de bulto recomendado es un tercio del ancho de la correa ($b / 3$).
- Con todos los grumos y sin finos, el tamaño de bulto máximo recomendado es un quinto del ancho del cinturón ($b / 5$).
- Para un recargo de 30 °, con trozos de 10 por ciento y finos de 90 por ciento, el tamaño máximo de trozo recomendado es un sexto del ancho del cinturón ($b / 6$).
- Con todos los grumos y sin finos, el tamaño de bulto máximo recomendado es una décima parte del ancho del cinturón ($b / 10$).

2.2.8 Factor de seguridad

Tradicionalmente, la industria de transportadores ha utilizado factores de seguridad de alrededor de 10: 1 para las correas de tela y alrededor de 6 a 7: 1 para correas de cable de acero. Sin embargo, los factores más altos y más bajos son comunes. Esto es destinado a cubrir no solo las pérdidas de resistencia no evaluables en el empalme, sino que también el aumento de las tensiones de la correa que pueden ocurrir al arrancar y parar el sistema.

2.2.9 Vida útil de la correa

En general, si se opera y mantiene adecuadamente, el reemplazo de la correa en promedio es cada cinco años para aplicaciones de roca dura y hasta 15 años para aplicaciones no abrasivas.

2.2.10 Almacenamiento de la correa

Si los cinturones se van a almacenar durante largos períodos o en climas extremos, se recomienda cierta protección contra la luz solar directa y temperaturas extremas. Idealmente, las correas deben almacenarse en interiores, con un rango de temperaturas entre 0°C a 25°C. Si no es posible el almacenamiento adecuado, los cinturones deben al menos cubrirse con polietileno negro y sujetarse adecuadamente contra daños causados por el viento.

2.4. Rodillos

Una cinta transportadora necesita soportes entre la polea de cabeza y la polea de cola, que se encuentran bastante separadas. Como la correa está en movimiento, estos soportes tienen que estar en forma de rodillos para evitar el deslizamiento de la correa sobre los soportes. Por lo tanto, los rodillos, llamados rodillos intermedios, son necesarios para las cintas transportadoras.

Debido a que el movimiento de la correa imparte movimiento giratorio a los rodillos a la velocidad periférica correspondiente, se mueve sobre los rodillos de soporte sin deslizarse.



Figura 2.8: Rodillos, marco y sistema de rodillos.

2.3.1 Funciones del rodillo

Los rodillos tienen como funciones las siguientes:

- Para soportar la correa junto con el material en la carrera de transporte con una resistencia mínima al movimiento de la correa.
- Para soportar la correa en el recorrido de retorno con mínima resistencia al movimiento de la correa.
- Para formar el perfil del canal de la correa para acomodar el material en el recorrido de transporte.
- La correa de transporte cambia su forma de plano a canal en la polea de cola y de canal a plano en la polea de cabeza. Los rodillos intermedios de transición cambian gradualmente el perfil de la correa en estos lugares con una tensión mínima para la correa.
- La alineación de la correa en la mayor longitud del transportador es mantenida por los rodillos como resultado de la acción de alineación y por el agarre por fricción con los rodillos, una vez que la correa se coloca en posición.

2.5. Fundamentos Generales de Diseño para Sistemas Transportadores

Los fundamentos generales de diseño de acuerdo con la norma DIN 22101, se presentan a continuación para determinar las resistencias al movimiento y los requerimientos de potencia para procesos de propulsión y de frenado, así como las tensiones de la correa de un sistema transportador. La curva de tensión de la correa en diferentes condiciones de funcionamiento se determina por medio de un cálculo secuencial, a partir de la suma parcial de las resistencias motrices pertinentes a lo largo del sistema transportador.

2.5.1. Potencia requerida y resistencias al movimiento en estado de funcionamiento continuo

Potencia Requerida Para superar las resistencias al movimiento en un sistema transportador, la potencia (mecánica) requerida está determinada por a partir de la ecuación 2.1

$$P_W = F_W \times v \quad 2.1$$

Dónde:

PW	Potencia total como resultado de las condiciones de carga en estado de funcionamiento continuo de potencia necesaria en la periferia de la polea motriz.
FW	Resistencia total al movimiento en el recorrido de la cubierta superior y de retorno en estado de funcionamiento continuo.
v	Velocidad de la correa

Para condiciones de carga desfavorables en un sistema transportador con secciones ascendentes y descendentes y con una carga nominal distribuida en forma desigual, es muy posible que las resistencias de movimiento FW definidas se excedan notablemente, lo que se traduce en la siguiente relación :

$$|F_{wmax}| \geq |F_W| \quad 2.2$$

$$|P_{wmax}| \geq |P_W| \quad 2.3$$

2.5.2. Resistencias al Movimiento

Con la correa avanzando en un estado de funcionamiento continuo, las resistencias al movimiento surgen de fuerzas de masa, peso y fricción, según el manual Phoenix [5] se establece la ecuación 2.2.

$$F_W = F_H + F_N + F_{ST} + F_S \quad 2.4$$

Dónde:

F_W	Resistencia total al movimiento
F_H	Resistencias primarias totales, las que actúan en el recorrido de la cubierta superior y de retorno, a lo largo de todo el trayecto de la correa
F_N	Resistencias secundarias totales, las que son limitadas localmente a la cabeza y cola del sistema
F_{ST}	Resistencias de las gradientes totales, que son causadas por las diferencias de altura entre la alimentación y descarga de material
F_S	Resistencias especiales totales, que suceden en momentos determinados, en el recorrido de la cubierta superior y de retorno (se consideran por separado)

2.5.3. Tensiones de la correa

La tensión de la correa de un sistema transportador es de un valor que varía a lo largo de la trayectoria de la correa y se rige, en general, por los siguientes factores:

- Longitud y trayectoria local del sistema
- Número y disposición de las poleas motrices de frenado.
- Características de los equipos de transmisión y frenado.
- Tipo y ubicación del dispositivo tensor de la correa.
- Estado de funcionamiento y de carga del sistema.

Además, existen tensiones mínimas de la correa requeridas que:

- Aseguran el agarre por fricción en las poleas motrices y de frenado.
- Limita la curva de la correa entre los polines, con el propósito de mantener la correa centrada en la trayectoria en forma correcta. La figura 2.2, muestra un esquema de un sistema de transporte por correa.

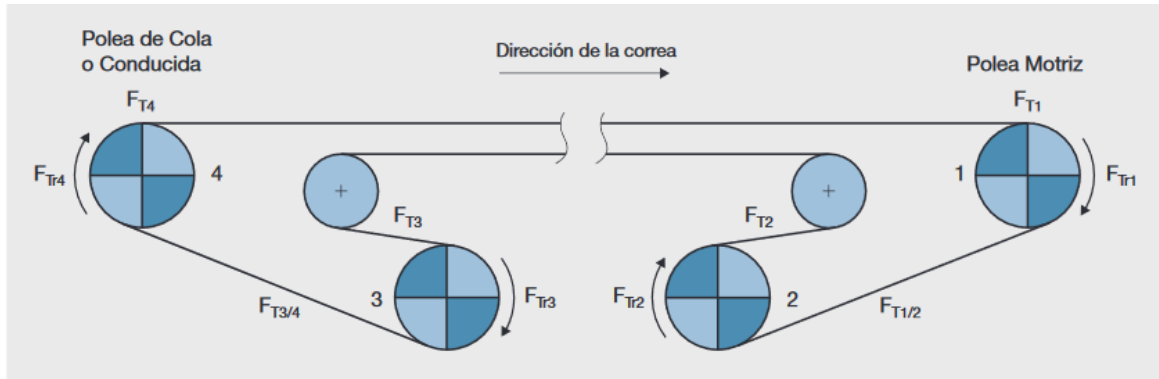


Figura 2.9: La ubicación y designación de la polea motriz y de frenado, así como las tensiones de la correa desde $FT1$ hasta $FT4$ de un sistema transportador con dispositivos de transmisión y de frenado en la cabeza y cola del sistema.

La determinación de las tensiones de la correa, por principio, se inicia con un cálculo secuencial que comienza desde un punto específico del sistema. Luego, las tensiones de la correa que se calcularon se revisarán o modificarán respectivamente con respecto al agarre por fricción en las poleas durante la transmisión y frenado y a la curva de la correa. Además, las tensiones de la correa se modifican de acuerdo con el dispositivo de tensión de ésta y a la ubicación que se seleccionó para la tensión.

En el caso de sistemas transportadores que entregan movimiento al sistema de la cabeza y cola, es de suma importancia una sistematización exacta de la ubicación y designación de las poleas motrices y de frenado y de las tensiones locales de la correa. Por lo tanto, estos parámetros se deben definir claramente. Para un caso dado, es teóricamente posible, que un sistema transportador se componga de dos poleas: una motriz y una de frenado, al inicio y al término de la correa. las designaciones para la Fig. 2.8 se deben ingresar como corresponden. [6].

2.6. Instalación de la correa.

La cinta transportadora se empaqueta habitualmente en carretes cilíndricos, o se enrolla en un núcleo con el lado de la cubierta de transporte hacia afuera. Si es necesario rodar, debe

Capítulo 2 Marco Teórico

ocurrir en una dirección tal que el extremo del rollo en la envoltura exterior se desplace en la dirección desde la cual se enrolla.

Los carretes o rollos nunca deben dejarse caer desde un vagón de carga, camión u otro medio de transporte, ya que su peso hará romper el embalaje y puede dañar la correa.

Los carretes o rollos siempre deben enrollarse o deben tomarse medidas para levantarlos. Para elevarlos, se debe colocar una barra de elevación cuadrada del tamaño correcto a través del orificio en el centro del núcleo.

Se debe utilizar una barra separadora para evitar que las cadenas o eslingas dañen los bordes de la cinta transportadora. Se deben usar eslingas o cadenas del tamaño correcto para el peso del rollo (Fig. 2.9).

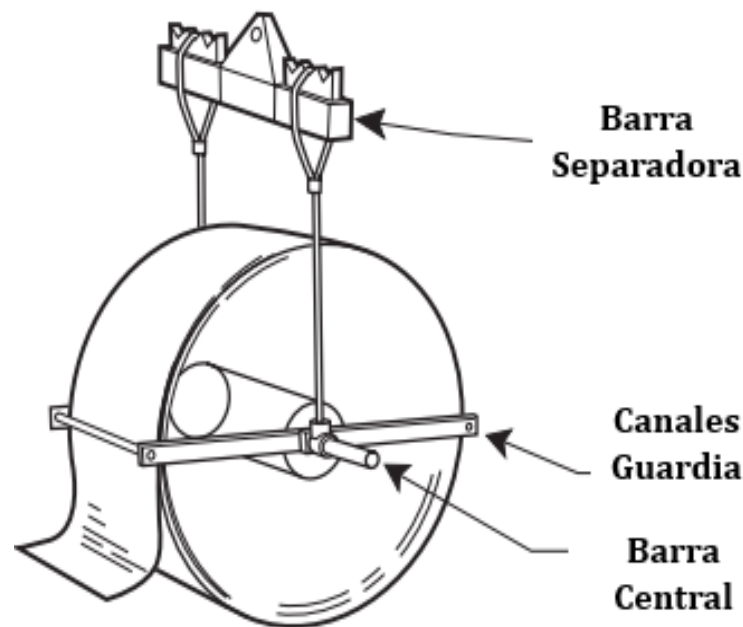


Figura 2.10: Carrete con correa a instalar

Se debe considerar la posición relativa de las cubiertas o superficies superiores e inferiores de la banda al colocar el rollo para enhebrar. Una vez que el rollo de cinta ha sido transportado al punto de instalación, debe montarse en un eje adecuado para desenrollarlo y enhebrarlo en el transportador.

Capítulo 2 Marco Teórico

Las cintas transportadoras normalmente se enrollan en la fábrica con el lado de transporte hacia afuera. En consecuencia, al montar el rollo, la correa debe salir de la parte superior del rollo si se tira hacia la artesa o la rueda guía, pero desde la parte inferior del rollo si se tira hacia las ruedas de retorno. Al tirar de la cinta hacia el transportador, el rollo girará en dirección opuesta a la indicada por las flechas en la caja. La figura 2.10 ilustra un método adecuado de montaje, así como también la salida de la parte superior del rollo para tirar de las ruedas locas del canal.

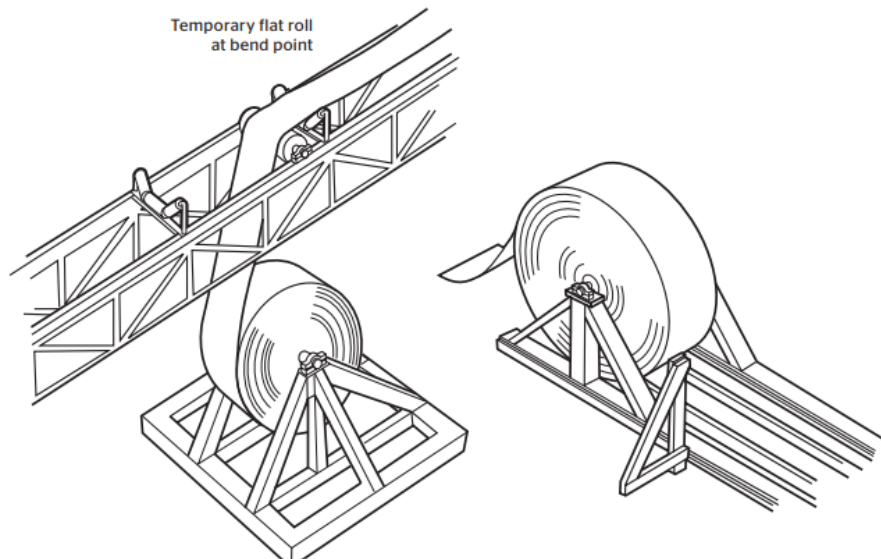


Figura 2.11: Montaje correa.

Nota: Rollo plano temporal en el punto de curvatura, ya que el rollo se tira hacia las ruedas locas de la artesa.

Otro método para manipular el rollo, donde falta espacio para el montaje en un eje horizontal, es montar en una plataforma giratoria con un eje vertical. La correa debe girar 90 grados cuando sale del plato giratorio. Este método a veces se usa bajo tierra, con la plataforma giratoria montada sobre ruedas o patines para transportar el rollo de la correa como está de costado, así como para desenrollarlo en la ubicación final.

Capítulo 2 Marco Teórico

Si la correa es para reemplazo, el nuevo rollo se puede configurar como se indicó anteriormente.

La correa vieja se sujeta y se corta, y la correa nueva se empalma en el extremo delantero de la correa vieja usando aproximadamente la mitad del número habitual de sujetadores tipo placa. El extremo posterior del cinturón viejo está enganchado a un camión, tractor, locomotora de mina u otros medios para proporcionar tracción.

El motor de accionamiento del transportador se utiliza para tirar de la correa nueva mientras el dispositivo de remolque arrastra la correa vieja y al mismo tiempo proporciona suficiente tensión lateral floja para la polea de accionamiento del transportador. En todos los casos, se debe tener cuidado para asegurar que el lado de transporte del transportador se coloque hacia arriba si se tira hacia la parte superior, o hacia abajo si se tira hacia la parte de retorno.

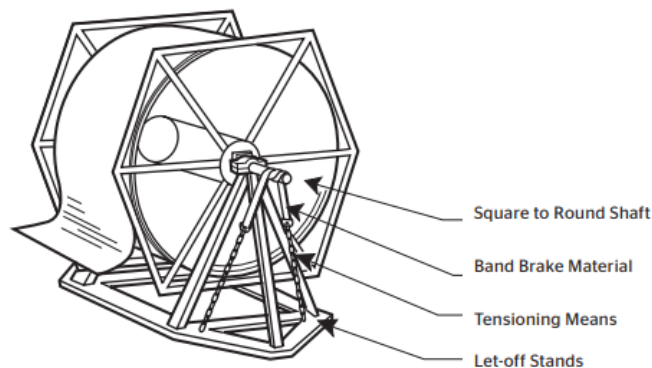


Figura 2.12: Para evitar que el rodillo de la correa se desborde en la descarga, a menudo se necesita un dispositivo de frenado.

Los materiales comúnmente utilizados para estas maniobras incluyen tambores vacíos; tubería de plástico de pared pesada y tubería de alcantarilla corrugada. El diámetro exterior de cualquiera de estos debe ser tan grande o más grande que el diámetro del tambor de soporte central del carrete de la correa.

La figura 2.12. muestra el diseño de un extremo de una pila de correas con sus presillas de cinta enrolladas. La longitud de la pila dependerá de la disponibilidad de espacio y de la

Capítulo 2 Marco Teórico

cantidad de cinta que se almacenará. Debido a la alta fricción de caucho con caucho, se requiere un medio que permita tirar de la correa hacia la pila.

El método de tracción depende de la disponibilidad y la elección del equipo: grúas, Se han utilizado cabrestantes y equipos móviles pesados exitosamente.

La mejor práctica dicta que los rodillos de la banda se unan en el orden de fabricación. Es decir, el comienzo del último rollo de cinta debe estar conectado al final del penúltimo rollo; el comienzo del penúltimo rollo debe estar conectado al final del penúltimo rollo; y así.



Figura 2.13 El boceto muestra el diseño de la pila de correas dobladas, con un carrete contenedor y soporte de descarga en el extremo izquierdo.

Al tirar de la cinta sobre el transportador, el extremo de la nueva cinta debe estar conectado a un cable de tracción que se ha tendido a lo largo de la trayectoria de la cinta o a la cinta existente que se va a quitar. La conexión de la correa nueva al cable de tracción o a la correa vieja se realiza normalmente mediante un conjunto de placa de tracción de alta resistencia que se atornilla al extremo de la correa. Estas placas de tracción son fabricadas a medida por la empresa o el equipo de empalme. Para transportadores largos donde hay una correa existente en el sistema, se usa con frecuencia un empalme temporal para conectar la nueva correa a la vieja.

Si la banda no se está colocando en el transportador de manera recta (es decir, en línea con las ruedas de transporte o retorno), se debe tener cuidado para asegurarse de que la banda no roce contra la estructura del transportador u otros objetos. Por lo general, los rodillos guía personalizados se instalan para la instalación y luego se retiran una vez finalizada la

instalación. Algunas instalaciones fabrican e instalan sistemas de rodillos guías permanentes que reducen el tiempo de preparación para futuros cambios de banda.

Una vez que se ha colocado la correa en su posición para el empalme final, es necesario tensarla y sujetarla a ambos lados de la estación de empalme. Debido a que las correas de cable de acero tienen un factor de estiramiento muy bajo, el tensado debe ser tal que la polea tensora esté en el 75% de la posición de recorrido completo una vez que se complete el empalme. Esto permite que la correa se adapte a las variaciones de carga y puesta en marcha y aún tenga suficiente correa en el tensor para permitir un empalme adicional en caso de daño de la correa. [7]

Si la correa gastada de un sistema transportador debe ser reemplazada por una nueva, el método más fácil es a menudo unir la correa nueva a la correa cortada vieja para que cuando enrolle la correa vieja, la nueva ingrese automáticamente al sistema..[8]

2.7. Revisión del Estado del Arte de métodos actuales de instalación de correas transportadoras

La nueva forma de cambiar las correas: dos bobinadoras de cintas transportadoras se colocan en el suelo, a 90° del sistema transportador y en línea con los bastidores giratorios. Los bastidores giratorios están montados en soportes atornillados al sistema transportador.

Ubicada a 92 kilómetros al noroeste de Newman, el Área C es una de las siete minas de mineral de hierro Pilbara de BHP Billiton.

Los cinturones se cambian en los tres cinturones primarios principales de la mina (ROM) del sitio cada 2.5 a 3 años y en cinturones de multas "regulares" a intervalos de seis meses a un año.

Las correas primarias tienen 600 metros de longitud y son más gruesas que las correas finas de funcionamiento más rápido.

Capítulo 2 Marco Teórico

Cambiar una correa en uno de los transportadores ROM de 600 metros es un desafío, ya que la correa pesa 60 toneladas y el acceso es imposible en la cola del transportador. El antiguo método de cambio no era seguro.

“Solíamos tener dos flotadores grandes, como grandes remolques, un camión Mack con un flotador grande y largo en la parte trasera. Solíamos colocar los enrolladores de correa en la parte posterior de esos y revertirlos debajo del sistema de transporte, porque no teníamos acceso en la cola, ya que es la ROM”, dijo Chris. “Así que tienes un rollo de 60 toneladas por tonelada girando con un operador en la bobinadora en la parte posterior del flotador. Lo he operado yo mismo y no es realmente un buen sentimiento”. Chris se inspiró para un método de cambio más seguro de la práctica empleada en el transportador terrestre de 14 km del Área C. Al igual que otras tierras, utilizaba marcos giratorios. Estos dispositivos incorporan rodillos grandes. Con un ángulo de 45 grados, permiten que la correa se doble sobre el rodillo y cambien la dirección de la correa a 90 grados, u otros ángulos, si se desea. “Desde allí contratamos a un contratista, Belle Banne, para que nos ayudara a fabricar un marco que pueda atornillarse a estos marcos giratorios”, dijo Chris. “Lo probamos en uno de nuestros cinturones ROM a principios de año y se entregó de inmediato. (Figura 2.12)



Figura 2.14: BHP Billiton. Belle Banne Conveyor Products.

Capítulo 2 Marco Teórico

Entre otros referentes de instalación de correas, se encuentran aquellos en que Ingeniería de Servicios utiliza métodos no estandarizados para realizar montajes. Estos se pueden apreciar en las figuras 2.13 y 2.14.



Figura 2.15.: Instalación Correa Contitech Continental.



Figura 2.16.: Benzi Transportes

2.7.1. Sistemas de rotación de bandas

Se utiliza individualmente o en serie para dirigir y controlar la entrada y salida de la cinta en los sistemas de transporte. La figura 2.15 muestra el sistema de instalación ocupado el 2015 por la Empresa Continental división Contitech. La figura 2.16 muestra el guiado de la correa utilizado para maniobrar la instalación.



Figura 2.17 Sistema de rotación de Continental



Figura 2.18 Montaje en el sistema de rotación Continental

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA DESVIADOR

3.1. DISEÑO SOLICITADO Y SUS RESTRICCIONES

Las condiciones de instalación consisten primero, en el desenrollamiento desde el carrete contenedor de la correa a instalar, luego el ingreso al sistema desviador y posteriormente al salir de este se produce un doblado de la correa con ángulo variable para que se adapte a la ubicación del lugar final donde la correa opera.

Contitech Chile S.A. entrega las siguientes restricciones de construcción del sistema desviador y las características de la correa a instalar.

- Tensión máxima de la correa a instalar T
- Diámetro cilindro superior D
- Diámetros cilindros laterales d
- Ancho máximo correa L
- Ángulo de operación de salida del sistema desviador
- Largo Rodillo principal l

$$T = 40 \text{ Ton}$$

$$D = 800 \text{ mm}$$

$$d = 600 \text{ mm}$$

$$L = 84''$$

$$\beta = 0^\circ - 60^\circ$$

$$l = 2400 \text{ mm}$$

3.2. Análisis Geométrico

El primer paso para comenzar con el diseño del desviador, consiste en el análisis del doblado de una correa, de cualquier tipo de correa y de cualquier dimensión. Esto, debido a que se necesita conocer las restricciones que debe cumplir el sistema para lograr el ángulo requerido de instalación.

Es por esto, que, utilizando dos líneas paralelas, A y B respectivamente; se emplearán para visualizar una correa de cualquier dimensión. La mitad derecha del eje central que une ambas

Capítulo 3 Diseño del Sistema Desviador

rectas paralelas será girada con un ángulo de inclinación designado como β . Posteriormente, haciendo este giro se obtiene un triángulo ABC.

A continuación, se muestra en la figura 3.1 la trayectoria de la correa estirada y luego doblada, como se muestra en la figura 3.2.

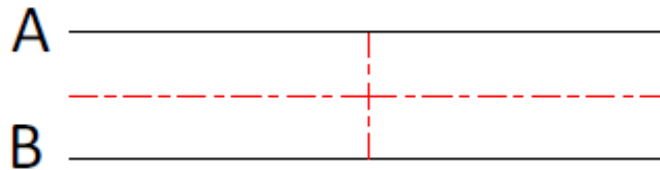


Figura 3.1: Líneas paralelas que representan una correa de cualquier dimensión.

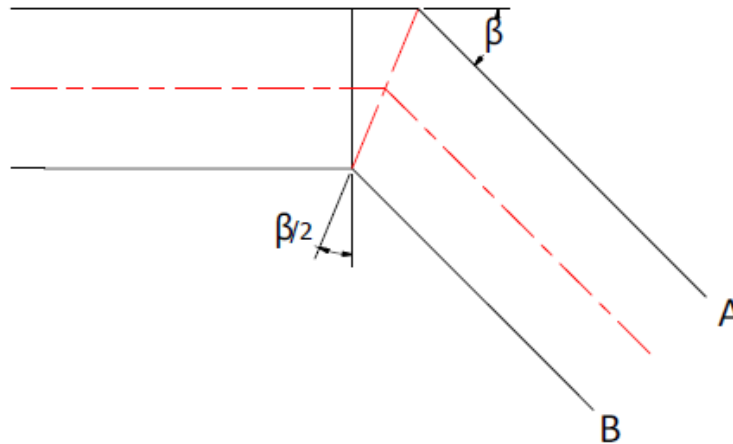


Figura 3.2: Líneas paralelas dobladas

Este corresponde al desarrollo de las geometrías de la correa con respecto a la variación del ángulo de salida considerado.

El ángulo β corresponde al ángulo de la posición de salida en la instalación de la correa.

Según la figura 3.3, se aprecia que se formaría un triángulo ficticio, donde el segmento BC sería la altura de elevación h , que requeriría el rodillo principal para evitar el plegado de la correa a fin de que ésta salga estirada.

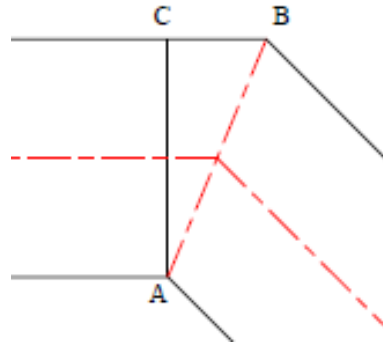


Figura 3.3: Triángulo formado al doblar las rectas

Posteriormente, se realiza la elevación del rodillo principal, a partir de los valores obtenidos del análisis geométrico basado en el respectivo triángulo ya mencionado.

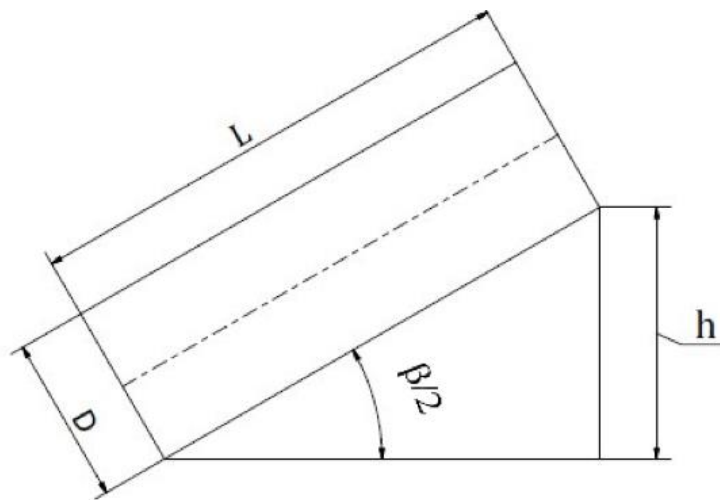


Figura 3.4: Geometría elevación rodillo principal

Considerando las siguientes medidas:

- D: El diámetro de los rodillos
- L: Ancho máximo de correa a instalar
- h: Altura elevación rodillo principal
- $\beta/2$: Ángulo elevación rodillo

Despejando h , se obtiene la siguiente ecuación:

$$h = L \times \sin \beta \quad 3.1$$

3.3. Sistema preliminar

Según la experiencia de las instalaciones actuales, se utilizan sistemas de guiado para la correa basados en cilindros o polines de gran tamaño para que puedan resistir el peso de una correa. Es por esto que se parte de un polín superior por donde pasará la correa por encima que se quiere instalar y unos rodillos laterales que sirven para el guiado de la correa y que pasan por debajo de estos.

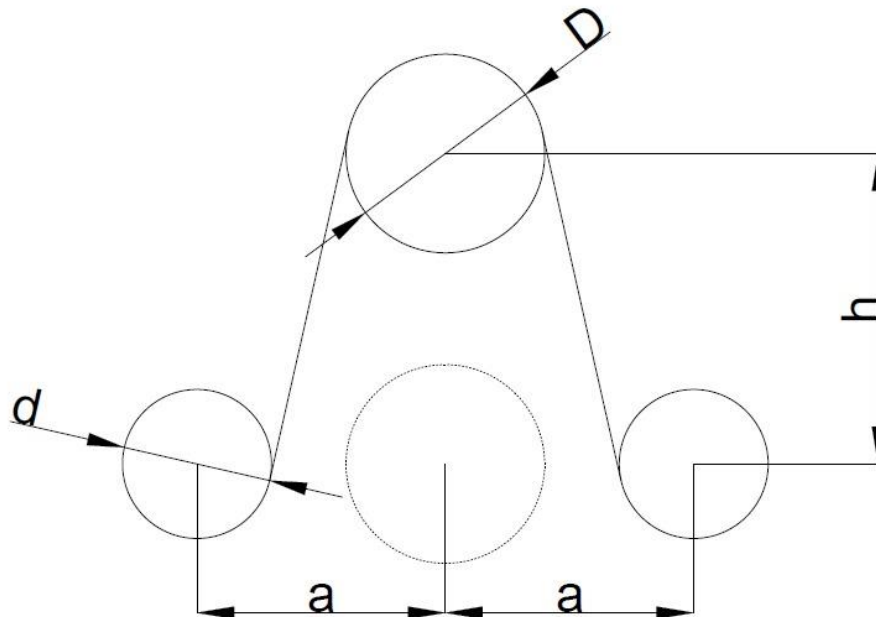


Figura 3.5 Geometría frontal del sistema preliminar.

La figura 3.6. muestra el sistema mencionado consistente en un polín superior que servirá de soporte principal por donde pasará la correa y los rodillos inferiores a cada lado que sirven de guiado y apoyo. Ver Apéndices A.

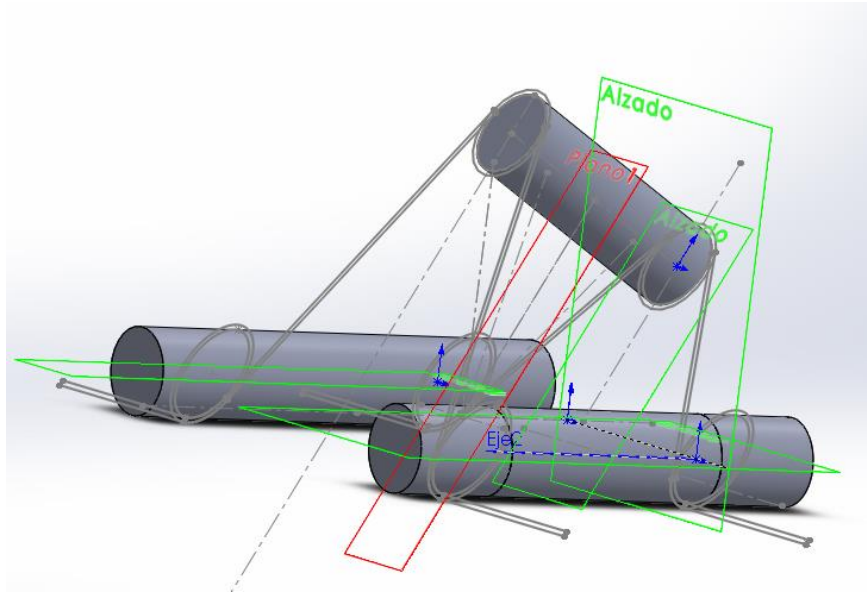


Figura 3.6 Vista lateral de un Sistema preliminar con un polín superior y rodillos laterales inferiores.

3.4. Polín Superior

La empresa Contitech Chile S.A. suministró el plano y las imágenes en el software Inventor y AutoCAD del Polín Superior, por lo que esta pieza no se sometió a ninguna modificación. El plano en términos de imagen está presentado en el Apéndice B, el cual no está detallado para resguardar la información de la Empresa. Este cuenta con la Restricción que no puede ser alterado y las dimensiones se deben adaptar a esta pieza, con el objetivo de evitar la construcción de esta pieza, para reducir tiempos y costos.

Además, las tensiones T de 20 Ton ejercidas por la correa en el polín superior se visualizan en la figura 3.7.

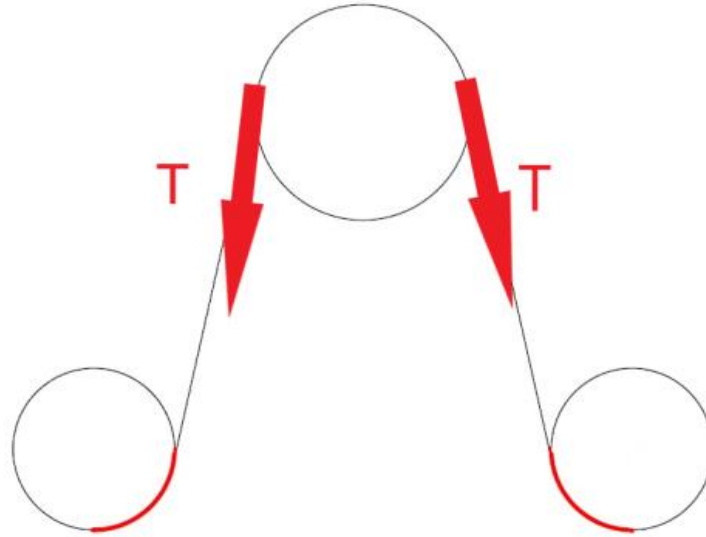


Figura 3.7 Tensiones T ejercidas por la correa en el polín superior.

3.5. Diseño Rodillos Laterales

Un aspecto necesario para el uso de las transmisiones por correa es el del cálculo de la longitud de la correa en función de los diámetros de la polea motriz y arrastrada. [9] Se utilizará este método para visualizar el contacto de la correa que pasa por el rodillo inferior lateral. Para ello usando el esquema de la figura siguiente se tiene:

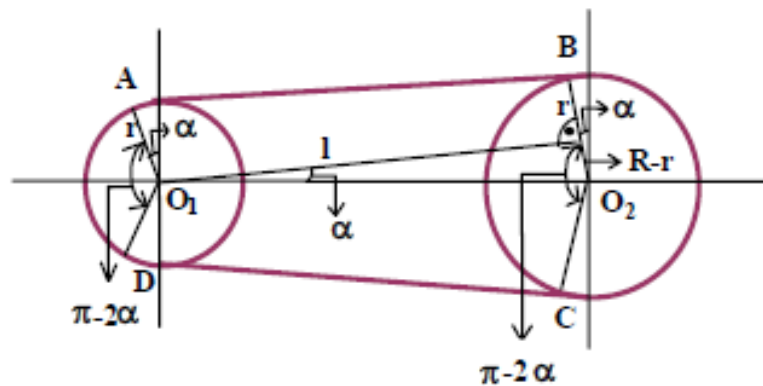


Figura 3.8 Cálculo de la longitud de correa

Con esto se obtiene el largo de la correa equivalente a la ecuación 3.2.

$$L = \pi(R + r) + 2 \alpha (R - r) + 2l \quad 3.2$$

Además, considerando que la correa ingresa y sale del desviador en un plano horizontal se obtiene una superficie de contacto visualizado en la figura 3.8 destacado en rojo.

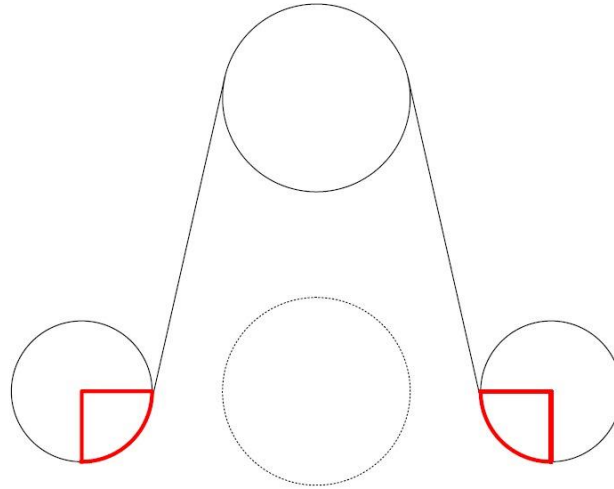


Figura 3.9 Visualización formación 1/4 circunferencia en rodillos laterales

Es por esto que se considera la fracción de tamaño de correa que topará por debajo del rodillo lateral, el cual corresponde aproximadamente a 1/4 de circunferencia.

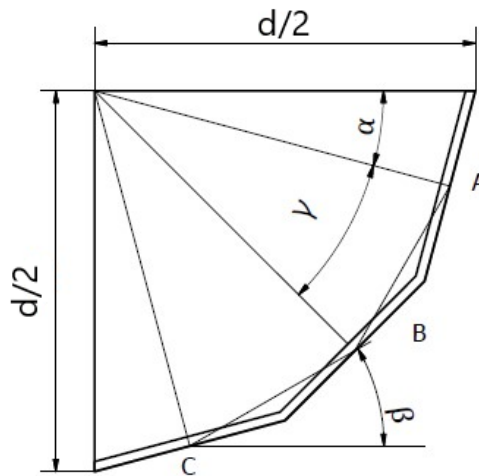


Figura 3.6. Geometría rodillos laterales

Siendo las relaciones de ángulos las siguientes:

$$\gamma = \frac{90 - 2\alpha}{2}$$

Para definir las fuerzas aplicadas en cada rueda, se utiliza el ángulo β , que será independiente de los ángulos α y γ . El diagrama de fuerzas de las tensiones aplicadas en cada punto corresponde a la figura 3.9.

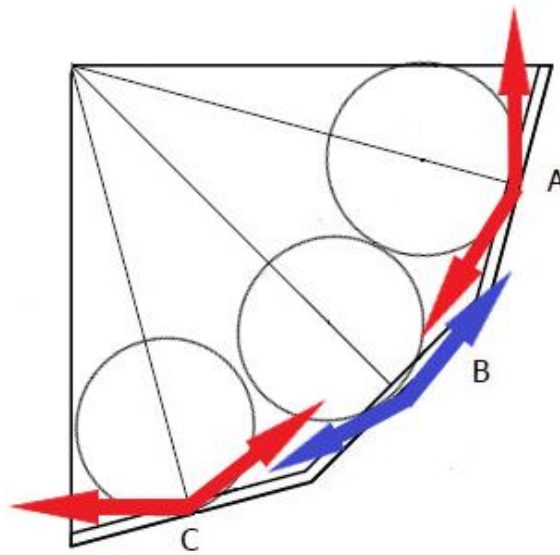


Figura 3.10 Tensiones de las ruedas aplicadas en los puntos A y C en rojo y rueda central en azul en el punto B.

Las tensiones de la fila de tres ruedas aplicadas en los puntos A, B y C para los ejes X e Y respectivamente, corresponden a las siguientes:

$$Ax = T \sin \beta$$

$$Ay = T - T \cos \beta$$

$$Bx = T \cos \beta - T \sin \beta$$

$$By = T \cos \beta - T \sin \beta$$

$$Cx = T - T \cos \beta$$

$$Cy = T \sin \beta$$

Los cálculos quedarán establecidos en el Apéndice 1 en donde se fija una tensión de 20 Ton realizada por la correa en reposo. Considerando la fuerza de gravedad g como 10 N aproximadamente. La fuerza de 103.528 N que debe resistir cada uno de los 3 ejes será distribuido en 10 ruedas a través de un perfil a lo largo de la estructura.

Este peso será también distribuido en un par de ruedas, por tanto, cada rueda deberá resistir 518 kg como mínimo.

3.6. Sistema guiado correa

Para esto, se consideran ruedas giratorias que van a alinear y guiar la correa, para favorecer su desplazamiento y evitar daños. Se seleccionarán ruedas que resistan la tensión de la correa.

3.6.1. Selección de ruedas

Se utiliza el proveedor Rodani, en donde se busca una rueda que resista las condiciones de carga establecidas.

Analizando las opciones del proveedor, se encuentra una rueda de Poliamida, que resiste el peso de los 518 kg.



Figura 3.11 Rueda de Poliamida, rodamiento de bolas.

Capítulo 3 Diseño del Sistema Desviador

Es por esto, que, según las especificaciones, la mejor rueda que satisface esta condición es una de 150 mm de diámetro y resiste 1.100 kg.

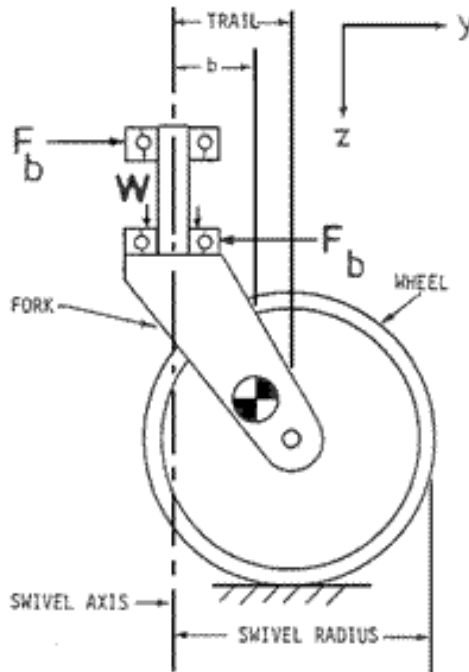


Figura 3.12 Esquema de rueda giratoria. F_b , fuerza de rodamiento; W , carga; b , dimensiones.²

3.6.2. Selección de Eje de rueda giratoria

Para esto, se analizan las fuerzas por ser más simple en términos de una rueda, con un par de rodamientos que estarán efectuando una fuerza en el eje a seleccionar. Se realiza el diagrama de cuerpo libre, analizando el eje fijo como viga.

² Fuente: <https://www.rehab.research.va.gov/jour/00/37/3/kauzlarlich.htm>

Capítulo 3 Diseño del Sistema Desviador

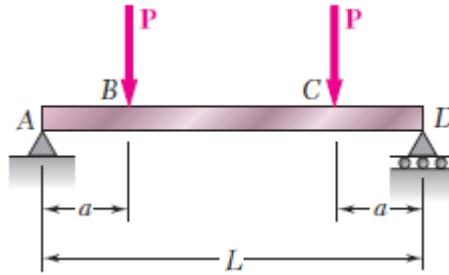


Figura 3.10. Diagrama de fuerzas en el eje.

Siendo P la carga de cada rodamiento en el eje, L la distancia del eje y “a” la distancia de los apoyos a cada rodamiento.

La suma de todas las fuerzas y todos los momentos actuando en el sistema en equilibrio es cero:

$$\sum F = 0 \quad y \quad \sum M = 0$$

El diseño de una viga se controla, por lo general, mediante el máximo valor absoluto $|M|_{\text{máx}}$ del momento flector que ocurrirá en la viga. El esfuerzo normal máximo en la viga se encuentra en la superficie de ésta en la sección crítica donde ocurre $|M|_{\text{máx}}$.

Se escribe:

$$\sigma_m = \frac{|M|_{\text{máx}} c}{I} \quad \sigma_m = \frac{|M|_{\text{máx}}}{S}$$

Un diseño seguro requiere que, donde es el esfuerzo permisible para el material utilizado. Sustituir en la ecuación y despejar S resulta en el mínimo valor permisible del módulo de sección para la viga que se diseña:

$$S_{\text{mín}} = \frac{|M|_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{perm}}}$$

Se adjunta en la memoria de cálculo los detalles del procedimiento, considerando una barra de Acero SAE 1020 obteniendo un $M_{\text{máx}}$ de $130N \cdot m$

Capítulo 3 Diseño del Sistema Desviador

Se calcula el valor de S_{min} del módulo de sección de la viga obteniendo $6,5 \times 10^{-7} m^3$.

Reemplazando y despejando, se obtiene que el diámetro de eje mínimo necesitado para resistir la carga es 9 mm.

3.6.3. Selección de Rodamientos

Para el sistema giratorio de ruedas, es necesario seleccionar un par de rodamientos en cada rueda. Según Catálogo SKF General, Sección de rodamientos rígidos de bolas, se considera la sección de “Rodamientos rígidos de una hilera de bolas con placas de protección”.

Los Rodamientos rígidos de una hilera con placas de protección vienen lubricados de fábrica con una grasa de base lítica que tiene buenas propiedades antioxidantes y que permite usar los rodamientos a temperaturas de funcionamiento comprendidas entre -30 y $+110^{\circ}C$.

Los rodamientos están lubricados de por vida y no necesitan mantenimiento. Estos rodamientos no se deben calentar antes del montaje ni se deben lavar por ningún motivo. El contenido de grasa es el adecuado para el tamaño del rodamiento y normalmente ocupa entre un 25 y 35° del espacio libre del rodamiento.

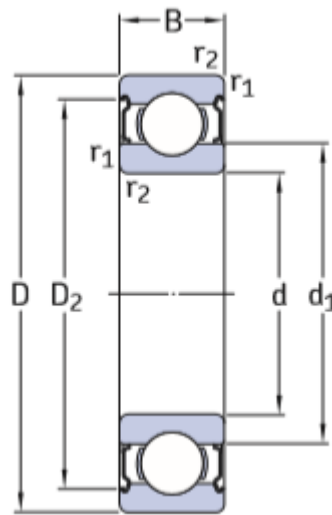


Figura 3.13 Dimensiones rodamientos

Selección de rodamiento 6204-2Z

2Z: 2 placas de protección

Capítulo 3 Diseño del Sistema Desviador

Serie: 62
D: 47 mm
B: 14 mm
Co: 6.550 N

3.6.4. Solución de Sellado

Todos los sistemas de rodamientos incluyen un eje, rodamientos, soporte(s), lubricante, componentes relacionados y sellos. Los sellos son fundamentales para garantizar la limpieza del lubricante y la vida útil de los rodamientos.

En lo que respecta a los sellos para rodamientos de rodillos, se hace una distinción entre los que se integran en el rodamiento y los que se colocan fuera de este. Los rodamientos que están protegidos con sellos o placas de protección, por lo general, se usan en sistemas de rodamientos donde la disposición eficaz de los sellos externos no es una opción práctica por cuestiones de costos o de espacio, o bien donde resulta adecuado usar sellos o placas de protección en función de las condiciones de funcionamiento.

El objetivo de los sellos es evitar la pérdida de lubricante y la entrada de contaminantes en un entorno controlado. Para ser eficaz, un sello debe presentar las siguientes características principales:

- ser lo suficientemente flexible como para compensar cualquier irregularidad en la superficie;
- ser lo suficientemente fuerte como para soportar las presiones durante el funcionamiento;
- ser capaz de soportar un amplio rango de temperaturas de funcionamiento;
- ser resistente a los productos químicos comunes;
- operar con los mínimos valores posibles de fricción, calor por fricción y desgaste.

Los sellos que están en contacto con superficies deslizantes se denominan sellos dinámicos y se utilizan para sellar tabiques entre componentes mecánicos que se mueven circunferencial o linealmente en relación con otros. Los sellos dinámicos están diseñados para evitar la pérdida de lubricante y la entrada de contaminantes, para separar los diferentes medios y para

Capítulo 3 Diseño del Sistema Desviador

soportar las presiones diferenciales. El sello más común es el sello radial del eje (Figura 3.14), que está en contacto con componentes fijos y giratorios.

Los sellos radiales del eje no rozantes forman un intersticio estrecho entre el labio del sello fijo y el componente giratorio. El intersticio puede disponerse de forma axial, radial o combinada.

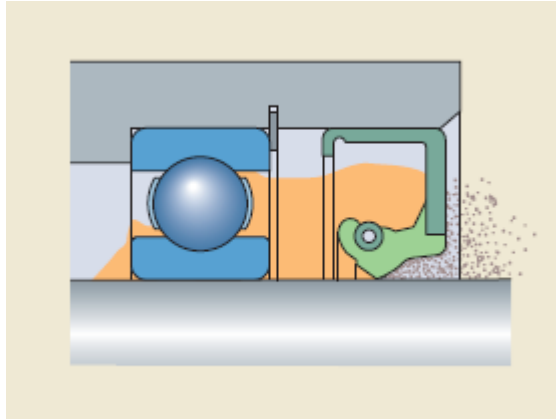


Figura 3.14 Sello Radial del eje

El sello SKF WAVE (d), un sello radial del eje con muelle diseñado para aplicaciones lubricadas con aceite, se incorpora a uno de los lados del rodamiento. [10]

Los sellos para rodamientos SKF, por lo general, están fabricados de un compuesto elastomérico que se vulcaniza en un aro de refuerzo de chapa de acero. Según la serie, el tamaño y los requisitos de la aplicación, los sellos se fabrican normalmente de los siguientes materiales:

- caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR);
- caucho de acrilonitrilo-butadieno hidrogenado (HNBR);
- caucho fluorado (FKM);
- poliuretano (PUR).

Sellos radiales del eje

Capítulo 3 Diseño del Sistema Desviador

Los sellos radiales del eje son sellos de contacto que se usan principalmente en aplicaciones lubricadas con aceite. Estos componentes, que vienen listos para su montaje, por lo general, constan de un refuerzo o una carcasa de metal, un cuerpo de caucho sintético, un labio del sello y un muelle toroidal. El labio del sello se encuentra contra el eje, presionado por el muelle toroidal. Según el material del sello y el medio que se debe retener o excluir, se pueden utilizar sellos radiales del eje a temperaturas comprendidas entre -60 y $+190$ °C (-75 a 375 °F).

La superficie de contacto del sello, que es la parte del eje que está en contacto con el labio del sello, es de vital importancia para la eficacia del sellado. La dureza de la superficie de contacto deberá ser de, al menos, 55 HRC a una profundidad de 0,3 mm como mínimo. La rugosidad superficial debe cumplir con la norma ISO 4288 y estar dentro de los siguientes límites: $R_a = 0,2$ a $0,8$ μm . En aplicaciones con bajas velocidades, una buena lubricación y un nivel de contaminación mínimo, se puede aceptar una menor dureza. Para evitar el efecto de bombeo inducido por las marcas helicoidales de rectificado, SKF recomienda usar el rectificado en profundidad para las superficies de contacto.

Si el objetivo principal es evitar la entrada de contaminantes, el labio debe orientarse hacia afuera, en dirección contraria al rodamiento. Figura 3.15. [11]

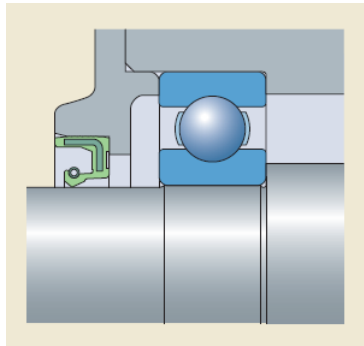


Figura 3.15 Sello radial al eje hacia afuera

3.7. Diseño Estructura Base

El sistema de los rodillos laterales y el polín superior, debe ser soportado por una estructura base de acero que servirá para distribuir toda la carga en una superficie mayor y para dar estabilidad a la estructura. Esta base será posicionada en el lugar de trabajo y puede ser apernada a otras estructuras existentes para obtener mayor firmeza y aumentar la seguridad del trabajo.

Esta base se confeccionó de acuerdo a las medidas del polín superior de 800 mm de ancho y 3700 mm de largo. Los 1200mm de distancia del polín superior a los rodillos laterales se estimó mediante el tamaño de ocupación de los rodillos laterales. La figura 3.16 muestra el esqueleto donde irán las vigas de acero. Se seleccionaron vigas de 400 mm de acero del proveedor Cintac, debido a las dimensiones que ocupan los rodillos laterales. Las propiedades se pueden ver en el Anexo 2.

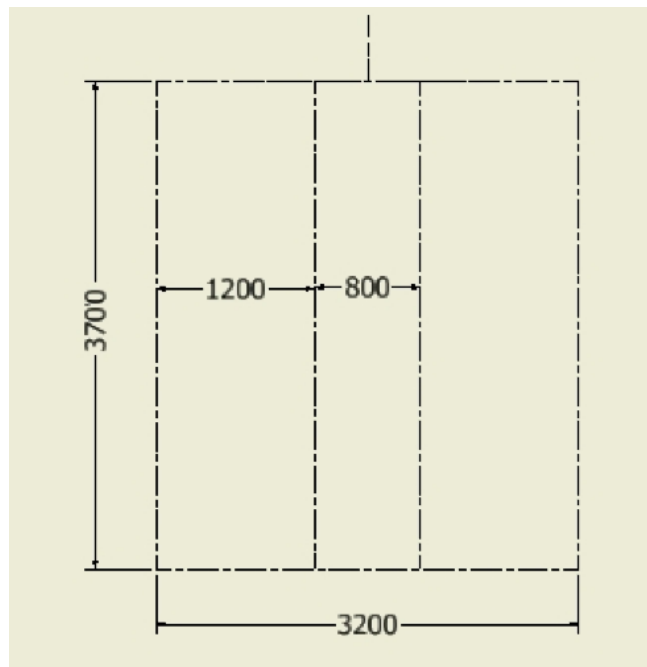


Figura 3.16 Croquis preliminar de la estructura base del sistema

3.8. Cálculo Unión Abulonada

Se seleccionó este método, ya que permite el libre giro relativo en las piezas. La geometría debe cumplir con ciertas condiciones para que pueda transmitir el esfuerzo necesario. Estos elementos mecánicos constituyen en la práctica articulaciones en las que se requiere libertad de giro y están formadas por un pasador que atraviesa las chapas agujereadas dispuestas en los elementos a unir. La figura 3.17 muestra la geometría que se explica en el apéndice A.

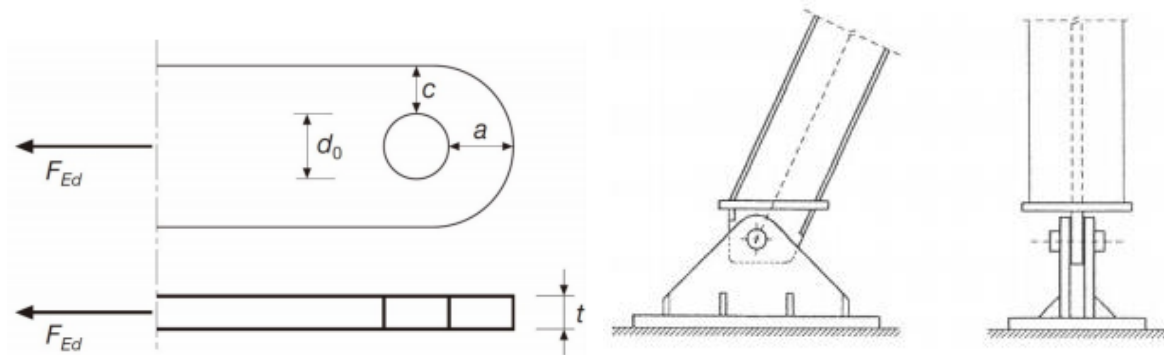


Figura 3.17 Geometría Cálculo Unión abulonada³

Reemplazando la información, se obtiene que un diámetro de pasador de 80 mm cumple los requerimientos.

3.9. Diseño Elevador polín superior

Esta estructura fue adaptada a las dimensiones del polín superior. Primero se debió formar una estructura de agarre del polín a través de sus extremos y luego a este se debió crear una estructura, la cual desde su posición de reposo a la máxima inclinación no debía interferir ni toparse con ninguna otra parte de la estructura, es por esto que se buscó que su forma no fuera tan recta. Lo mencionado se ilustra en la figura 3.18.

³ Construmática.com. Portal de Arquitectura, ingeniería y construcción.

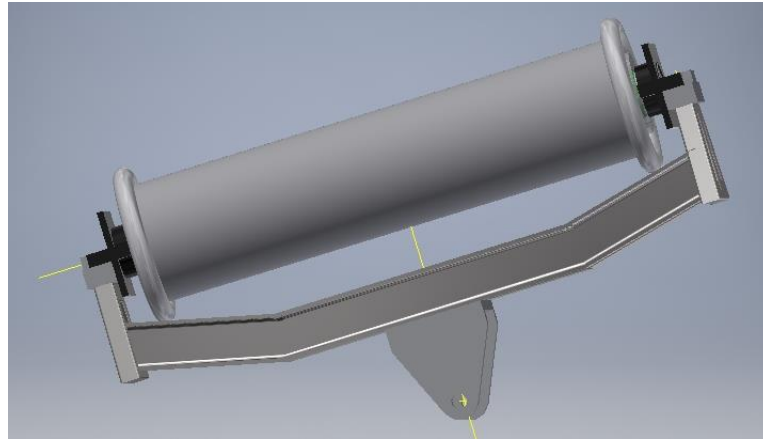


Figura 3.18 Elevador Polín Superior

3.10. Cálculo dimensión Cilindro Hidráulico

Se requiere un mecanismo que pueda inclinar el sistema, es por esto que se opta por un cilindro hidráulico, el cual irá posicionado en la parte superior de la estructura base. Se analiza entonces las fuerzas en la inclinación máxima del sistema, como condición de máximo esfuerzo requerida por el cilindro y en donde el vástago estará más estirado. En la figura 3.19 se ilustra lo mencionado, siendo T la fuerza de toda correa ejercida sobre el sistema, W el peso de la estructura a elevar y P , la fuerza requerida por el cilindro para poder elevar la estructura.

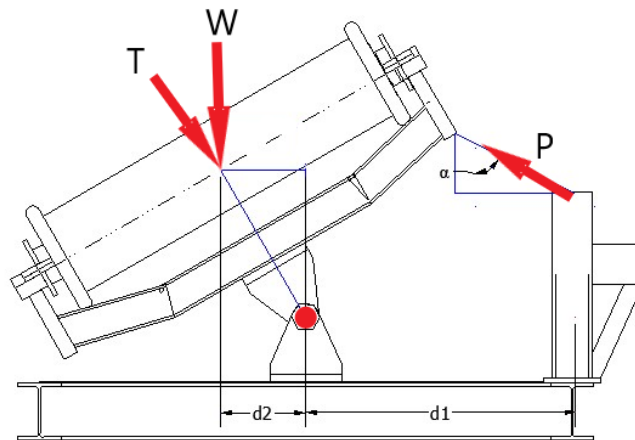


Figura 3.19 Fuerzas aplicadas sobre el sistema elevador. Siendo P , la fuerza necesaria que requiere para operar el cilindro hidráulico.

Realizando la sumatoria de momentos en el punto Rojo, se obtiene lo siguiente ecuación 3.3:

$$\sum M = 0$$

$$\sum M = P \cos \alpha \times d1 - W \times d2 \quad 3.3$$

Reemplazando los valores se obtiene que la fuerza P necesaria para levantar el sistema es de 1854 kN.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS MATERIALES Y COSTOS

4.1. Materiales Base Sistema

Se debe considerar que, para la estimación de costos, será de forma estimativa según el mercado, pero puede variar al cambiar de proveedores. La mano de obra no está considerada en los costos, como tampoco materiales que no tengan gran relevancia en el costo total, como, por ejemplo, la compra de pernos, sujeciones, etc, las cuales no están reflejadas en este análisis.

A continuación, en la figura 4.1 se muestra la lista de materiales que se utilizarán en la construcción de la base del sistema elevador.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	base2	
2	7400,000 mm	EURONORM 53-62 - HE 400 A-3700	Viga en I laminada en caliente
3	6400,000 mm	EURONORM 53-62 - HE 400 A-3200	Viga en I laminada en caliente
4	7400,000 mm	DIN 59 410 - 400x400x16-3700	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
5	2565,440 mm	DIN 59 410 - 280x280x10-1282,72	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
6	966,334 mm	DIN 59 410 - 220x120x8-966,334	Tubos de acero rectangulares moldeados en caliente
7	918,389 mm	DIN 59 410 - 220x120x8-918,389	Tubos de acero rectangulares moldeados en caliente
8	320,000 mm	DIN 59 410 - 280x280x10-320	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
9	360,000 mm	DIN 59 410 - 280x280x10-360	Hot formed square steel tubes
10	795,992 mm	DIN 59 410 - 220x120x8-795,992	Hot formed rectangular steel tubes
11	1	placa base	
12	2	placa lateral base	

Figura 4.4.1 Listado materiales utilizados base del sistema elevador

Posteriormente, se hace una estimación a grandes rasgos del costo aproximado de la compra de la cantidad de vigas. Ver tabla 4.1.

Tabla 4.1 Costos estructura base

Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Viga HEB 400 mm	12 m	2	972.900	1.945.800
Tubos Acero cuadrado 400 mm	3 m	3	180.000	540.000
Tubos Acero cuadrado 280 mm	3m	2	109.350	218.700
Turbo rectangular 220x120 mm	3 m	1	90.000	90.000
				\$
				2.794.500

4.2. PARTES DEL ELEVADOR DE LA CORREA

En la figura 4.2 se muestra la lista de materiales que se utilizarán en la construcción del elevador del polín superior.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
2	3152,000 mm	EURONORM 53-62 - HE 240 B-1576	Viga en I laminada en caliente
3	1556,596 mm	EURONORM 53-62 - HE 240 B-778,298	Viga en I laminada en caliente
4	1556,212 mm	EURONORM 53-62 - HE 240 B-778,106	Viga en I laminada en caliente
5	3200,000 mm	DIN 59 410 - 100x100x5-1600	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
6	390,000 mm	DIN 59 410 - 100x100x5-390	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
7	400,000 mm	DIN 59 410 - 100x100x5-400	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
8	2	PLACA ANCLAJE	

Figura 4.2 Listado materiales utilizados en el elevador

Luego, se hace una estimación a grandes rasgos del costo aproximado de la compra de la cantidad de vigas. Ver tabla 4.2.

Capítulo 4 Análisis Materiales y Costos

Tabla 4.2 Costos estructura elevadora

Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Viga HE 240 mm	12 m	1	621.000	621.000
Tubos Acero cuadrado 100 mm	5 m	1	77.000	77.000
				\$
				698.000

Cabe mencionar que las vigas fueron cotizadas en kupfer.cl

4.3. PARTES RUEDAS ALINEADORAS.

Las ruedas de nylon fueron cotizadas en Rodani Chile, ver Anexo 4. En la figura 4.2 se muestra la lista de materiales que se utilizarán en la construcción las ruedas alineadoras.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	perno 35 mm	
2	2	rueda nylon	
3	4	NSK 7905A5	Rodamientos de bolas con contacto angular de alta precisión (serie estándar)
4	4	ANSI/B93.98M - 25x40x7-Tipo 3	Juntas de labio de eje rotatorio 3: montadas
5	1	base 2	
6	2	lado	
7	1	technyl	
8	1	DIN 917 - M22 - SW 34	Tuerca de final hexagonal

Figura 4.3 Listado materiales utilizados ruedas alineadoras

Tabla 4.3 Costos ruedas alineadoras

Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Ruedas Alineadoras	par	30	248.559	7.456.770

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Financiamiento

Partiendo por los costos mencionados anteriormente y debido al gran costo en la compra de ruedas completas según la cotización, se opta por la construcción de estas en la misma empresa o alguna maestranza.

Independiente de esto, se calcula el costo aproximado en la construcción de \$10.949.270 solo en materiales, excluyendo el cilindro hidráulico y el polín superior con el que ya se cuenta.

El financiamiento del proyecto tiene dos caminos. El primero es que el departamento de servicios de minería de Contitech Chile se haga cargo de su costo y que cobre un arriendo por uso a las compañías mineras. Es una forma de recuperar el costo asociado no inmediatamente. La segunda alternativa, es incluirlo en alguna licitación minera, esto considerando que su valor, aunque es considerable puede ser menospreciable comparado con los millones que se manejan en el mercado minero.

5.2. Beneficios

La principal ventaja en esta opción, es el ahorro de horas de trabajo en un cambio de correa actualmente, la cual puede durar un par de días, todo dependiendo de la complejidad de instalación, esto es de vital importancia, porque se reducen los tiempos por parada en donde cualquier detención por mantención genera pérdidas millonarias en minería.

5.3. Modelo 3D

Finalmente, el diseño 3D del sistema desviador queda ilustrado en la figura 5.1.

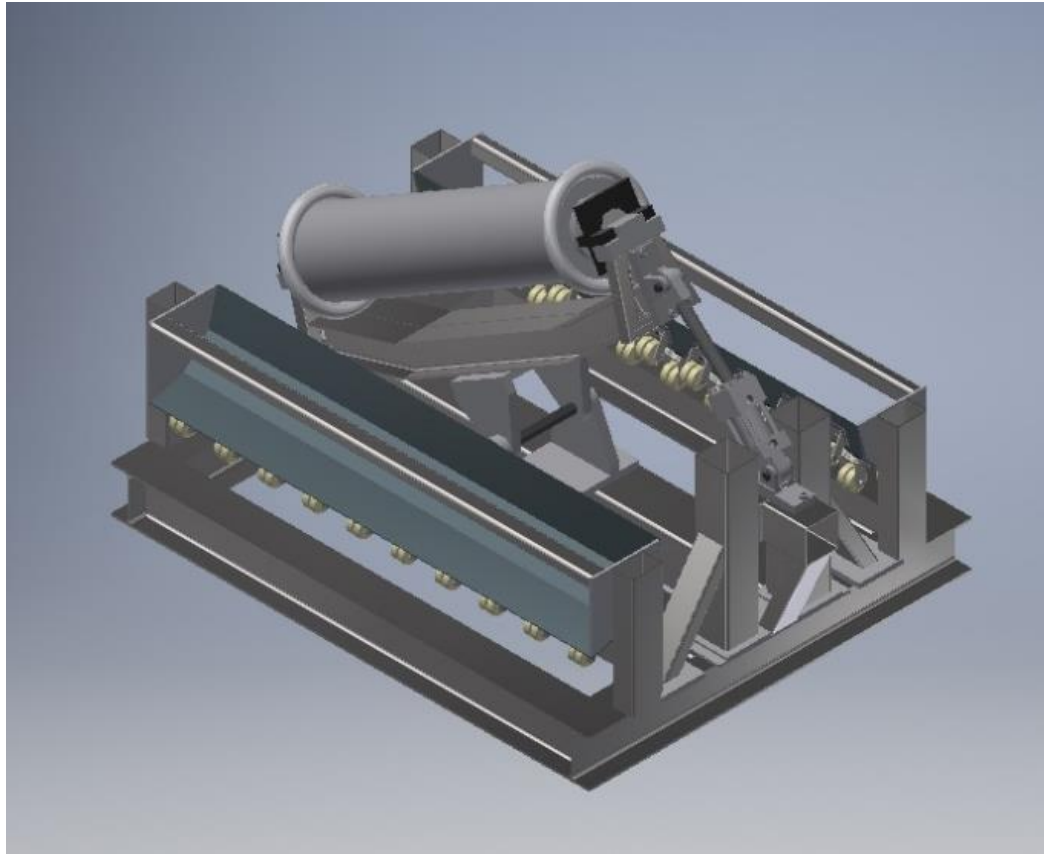


Figura 5.1 Diseño Final Sistema Desviador

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Capítulo 6 Conclusiones

La presente Memoria de Título cumple de forma satisfactoria el objetivo principal, que consistió en realizar el diseño de un sistema desviador de correas transportadoras de ancho 84 pulgadas para Contitech Chile S.A. Lo diseñado logra en teoría poder instalar una correa transportadora con este sistema desviador de 0 a 60° de operación.

En relación a los costos de fabricación, no está considerado en el costo total el polín superior, el cual será proporcionado por Contitech Chile S.A. y que puede aumentar considerablemente su valor si se desea vender. Tampoco está considerado el precio del cilindro hidráulico, solo se calculó la fuerza necesaria para levantar el sistema. Este puede ser proporcionado por alguno que también se encuentre en la Empresa. Los costos de fabricación quedaron excluidos.

La gran ventaja de este sistema es disminuir los cambios de correas transportadoras, en especial cuando la Empresa tiene registros que realiza entre 5 y 10 cambios por mes.

Si se aprueba su construcción, se lograría maximizar la disponibilidad de operación de las correas transportadoras en el rubro de minería, la disminución a largo plazo de costos asociados a las paradas de planta, por lo que su costo se vería justificado debido a esta gran ventaja.

Bibliografía

- [1] CONTINENTAL, Industry. Downloads Conveyor Belt Group. Servicios. 2019
<https://www.continentalindustry.com/engl/TopNavi/Company/ContiTechDivision/Location-Profiles/Chile>
- [2] CEMA. Transportadores de Banda para Materiales a Granel-7ma. Ed.- Versión en Español.
- [3] CONTITECH, Conveyor Belt Group, Heavyweight Conveyor Belt, Steel Cord Splice Manual, Canada, U.S.A, 2017
- [4] CBS, Conveyor Belt Group, Installing and Splicing Textile Conveyor Belts, Northeim, Deutschland, 2010
- [5] PHOENIX, Conveyor Belt Systems, Fundamentos de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix, Hamburgo, 2006
- [6] CEMA, Conveyor Equipment Manufacturers Association, Belt Conveyors for Bulk Materials, PDF Version, Fifth Edition, 2002
- [7] ContiTech Heavyweight Conveyor Belt Steel Cord Splice Manual.
- [8] Conveyor Belting Manual for Mechanical Engineers
- [9] DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS - V. M. Faires. 4ta Edición.
- [10] SKF, Grupo SKF 2015, Rodamientos SKF, 2015.
https://www.skf.com/binary/86-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf
- [11] RODAMONTT, Catálogo 2013 Retenes,
<http://www.rodamontt.cl/catalogo/Catalogo2013%20-%20Retenes.pdf>
- [9] ACENOR, Catálogo Productos de Acero Acenor.
<http://www.acenorchile.com/descargas/catalogo-acenor.pdf>

APENDICE A. MEMORIA DE CÁLCULO

Diseño de Geometría

Para esto, considerando los valores establecidos por el Departamento de Ingeniería de Contitech Chile S.A.:

- $D = 800 \text{ mm}$
- $L = 84''$

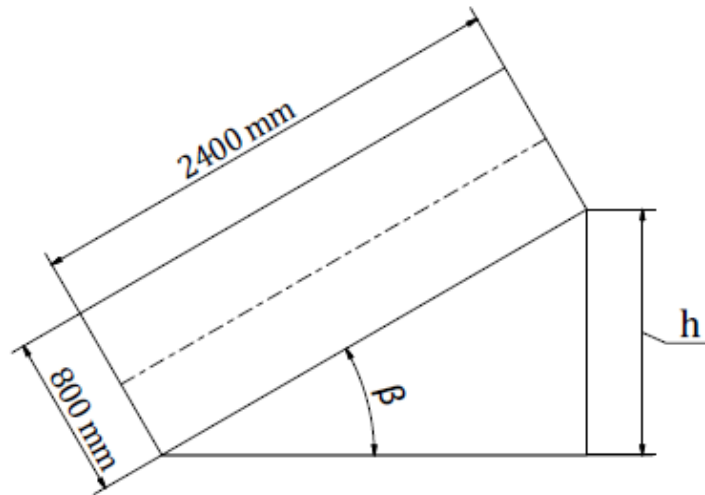


Figura 0.1: Variación altura rodillo cambiando ángulo de inclinación β .

Para un ángulo β variando entre 0 y 45° se obtienen los siguientes valores de h y α el ángulo de elevación del rodillo principal:

Tabla 6.1: Valores de h variando el ángulo

α	β	h [mm]
0°	0°	0
15°	7,5°	313
30°	15°	621
45°	22,5°	918
60°	30°	1200
90°	45°	1697

Diseño Rodillos Laterales

El peso de 103.528 N que debe resistir cada uno de los 3 ejes será distribuido en 10 ruedas a través de un perfil a lo largo de la estructura.

$$\frac{103.528 \text{ N}}{10} = 10.353 \text{ N}$$

Este peso será también distribuido en un par de ruedas, por tanto, cada rueda deberá resistir 518 Kg. como mínimo.

$$\frac{1.036 \text{ Kg}}{2} = 518 \text{ Kg}$$

Selección de ruedas

Se utiliza el proveedor Rodani, en donde se busca una rueda que resista las condiciones de carga establecidas.

Analizando las opciones del proveedor, se encuentra una rueda de Poliamida, que resiste el peso de los 518 Kg.



Figura 3.7. Rueda de Poliamida, rodamiento de bolas.

Es por esto, que, según las especificaciones, la mejor rueda que satisface esta condición es una de 150 mm de diámetro y resiste 1100 Kg.







CUADRO GENERAL DE COTAS Y CARGAS					
					
100	45	400	61	20	Bolas
125	45	700	61	20	Bolas
125	50	900	61	20	Bolas
150	50	900	61	20	Bolas
150	50	1100	61	20	Bolas
175	50	700	61	20	Bolas
200	50	1250	61	25	Bolas
250	60	1300	76	25	Bolas
250	50	1250	61	25	Bolas

Figura 3.8. Selección tipo dimensiones de rueda.

Las 20 ruedas, multiplicadas por los 1100 Kg de peso que resiste cada una, se obtiene lo siguiente:

$$1.100 \times 20 = 22.000 \text{ Kg}$$

Los 220.000 N en total por eje sobrepasan la tensión calculada de 103.528 N. por 116.472 N, lo que nos da la posibilidad de disminuir más adelante el diámetro de la rueda por términos de costos o espacio utilizado.

El factor de seguridad para las ruedas es:

$$\frac{220.000}{103.528} = 2,1$$

Considerando el cuarto de circunferencia dividida en 3 secciones de igual tamaño, luego cada segmento queda definido por 207,06 mm de ancho. La mitad de cada segmento es dividida por la mitad, en donde queda definido el eje de cada perfil que va a contener la línea de ruedas giratorias. Por geometría, quedan definidos los ángulos α y γ correspondientes a los siguientes:

Para un diámetro de rueda de 150 mm, seleccionado anteriormente y los ángulos α y γ los siguientes:

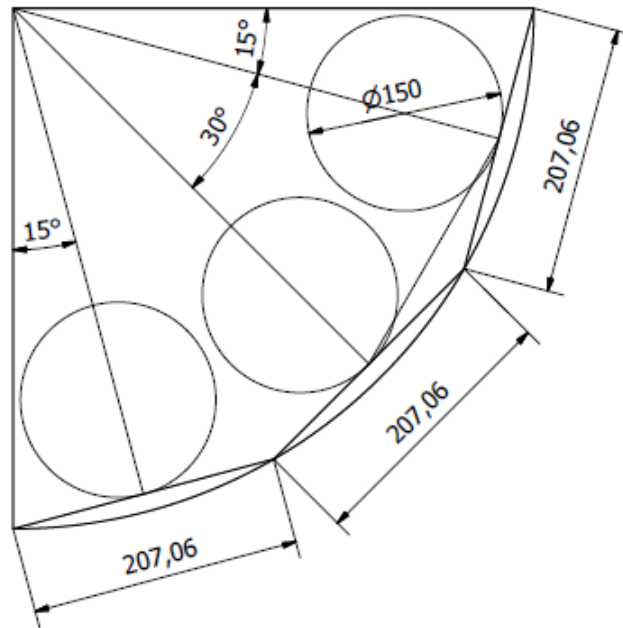


Figura 3.8. Geometría definida por las ruedas en el rodillo lateral

Para un diámetro de rueda de 150 mm, seleccionado anteriormente y los ángulos α y γ los siguientes:

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\gamma = 30^\circ$$

Selección de Eje de rueda giratoria

Para esto, se analizan las fuerzas por ser más simple en términos de una rueda, con un par de rodamientos que estarán efectuando una fuerza en el eje a seleccionar.

Se realiza el diagrama de cuerpo libre, analizando el eje fijo como viga.

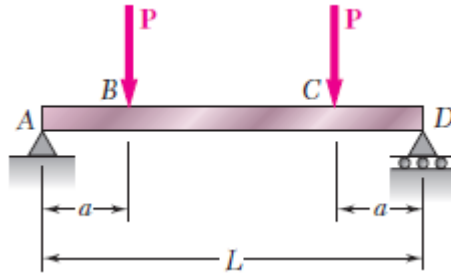


Figura 3.10. Diagrama de fuerzas en el eje.

Siendo P la carga de cada rodamiento en el eje, L la distancia del eje y “a” la distancia de los apoyos a cada rodamiento.

La suma de todas las fuerzas y todos los momentos actuando en el sistema en equilibrio es cero:

$$\sum F = 0 \quad y \quad \sum M = 0$$

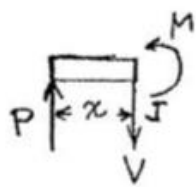
Se tiene las siguientes ecuaciones de Fuerza y momento en equilibrio:

$$\begin{aligned} +\curvearrowright M_D = 0: & -AL + P(L-a) + Pa = 0 \\ & A = P \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} +\curvearrowright M_A = 0: & DL - Pa - P(L-a) = 0 \\ & D = P \end{aligned}$$

$$\text{Check: } +\uparrow \sum F_y = P - P - P + P = 0$$

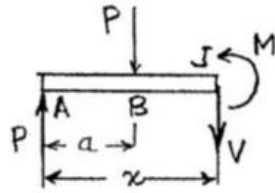
De A a B :



$$\begin{aligned} +\uparrow \sum F_y = 0: & P - V = 0 \\ & V = P \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} +\curvearrowright \sum M_J = 0: & -Px + M = 0 \\ & M = Px \end{aligned}$$

De B a C:



$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$P - P - V = 0$$

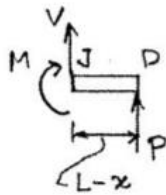
$$V = 0 \quad \blacktriangleleft$$

$$+\curvearrowright \Sigma M_J = 0$$

$$-Px + P(x-a) + M = 0$$

$$M = Pa \quad \blacktriangleleft$$

De C a D:



$$+\uparrow \Sigma F_y = 0: V + P = 0$$

$$V = -P$$

$$+\curvearrowright \Sigma M_J = 0: -M + P(L-x) = 0$$

$$M = P(L-x)$$

Diagramas de Corte y Momento en la viga:

Los diagramas de cortante y de momento flector se obtendrán determinando los valores de V y de M en puntos selectos de la viga.

Cuando una viga se somete únicamente a cargas concentradas, el cortante es constante entre las cargas y el momento flector varía linealmente entre las cargas. En tales situaciones, por lo tanto, es posible dibujar con facilidad los diagramas de cortante y de momento flector, una vez que los valores de V y de M se han obtenido en secciones seleccionadas justo a la izquierda y justo a la derecha de los puntos donde las cargas y las reacciones se aplican.

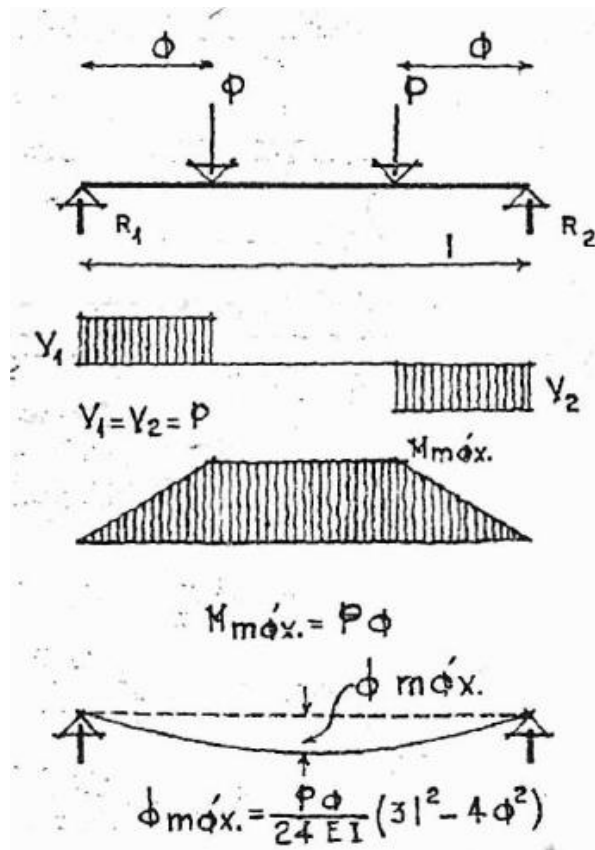
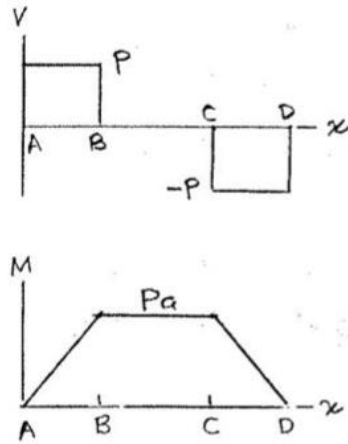


Figura 3.10. Diagrama de Cuerpo y Momento del eje.

El dise\u00f1o de una viga se controla, por lo general, mediante el m\u00e1ximo valor absoluto $|M|_{\text{m\u00e1x}}$ del momento flector que ocurrir\u00e1 en la viga. El esfuerzo normal m\u00e1ximo en la viga se encuentra en la superficie de \u00e9sta en la secci\u00f3n cr\u00edtica donde ocurre $|M|_{\text{m\u00e1x}}$.

Se escribe:

$$\sigma_m = \frac{|M|_{\text{máx}} c}{I} \quad \sigma_m = \frac{|M|_{\text{máx}}}{S}$$

Un diseño seguro requiere que, donde es el esfuerzo permisible para el material utilizado. Se sustituye en la ecuación y despejar S resulta en el mínimo valor permisible del módulo de sección para la viga que se diseña:

$$S_{\text{mín}} = \frac{|M|_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{perm}}}$$

(A continuación, se detallan los pasos para procedimiento de diseño:

1. Primero se determina el valor de θ_{perm} para el material, en este caso se utiliza acero, el cual se seleccionan sus propiedades por tabla.

Según Anexo 2, el esfuerzo permisible del Acero es el siguiente:

$$\theta_{\text{perm Acero}} = 200 \text{ Gpa}$$

2. Obteniendo el $M_{\text{máx}}$:

$$M_{\text{máx}} = P \times a$$

$$M_{\text{máx}} = 5180N \times 0,025m$$

$$M_{\text{máx}} = 130Nm$$

3. Se calcula el valor de S_{min} del módulo de sección de la viga.

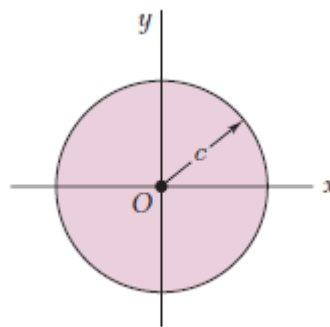
$$S_{\text{min}} = \frac{M_{\text{máx}}}{\theta_{\text{perm}}}$$

$$S_{min} = \frac{130 \text{ Nm}}{200.000.000 \text{ N/m}^2} = 6,5 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

4. Siendo:

$$S = \frac{I}{c}$$

5. Para la sección circular de la figura se tiene que el momento de inercia es:



$$I = \frac{1}{4} \pi c^4$$

6. Reemplazando y despejando S, se obtiene que el diámetro de eje mínimo necesitado para resistir la carga es de 19 mm.

$$S = \frac{\pi r^4}{4r} = 6,5 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$r = 9,4 \text{ mm}$$

Selección de Rodamientos

Para el sistema giratorio de ruedas, es necesario seleccionar un par de rodamientos en cada rueda.

Según Catálogo SKF General, Sección de rodamientos rígidos de bolas, se considera la sección de “Rodamientos rígidos de una hilera de bolas con placas de protección”.

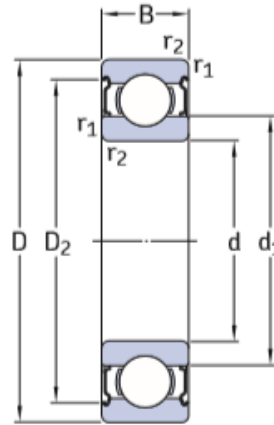


Figura 0.2 Dimensiones rodamientos

Según Catálogo General SKF, se selecciona un rodamiento, el peso solicitado de 5.180 N de cada rueda dividida en 2 rodamientos, esto da 2.600 N por cada rodamiento:

$$\frac{5180 \text{ N}}{2} = 2600 \text{ N}$$

Dimensiones principales	Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades nominales		Masa	Designaciones			
	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamientos tapados en ambos lados	un lado		
d D B	kN		kN	r. p. m.	kg	-				
mm	kN		kN	r. p. m.	kg	-				
20	47	14	12,7	6,55	0,28	35 000	19 000	0,11	E2.6204-2Z	-
cont.	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2Z	* 6204-Z
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2RSL	* 6204-RSL
	47	14	13,5	6,55	0,28	-	10 000	0,11	* 6204-2RSH	* 6204-RSH
	47	18	12,7	6,55	0,28	-	10 000	0,13	62204-2RS1	-

Figura 3.11. Fuente: Rodamientos SKF

Factor de seguridad:

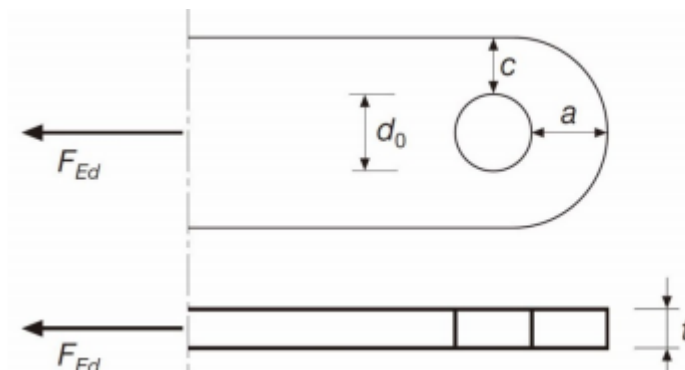
$$\frac{6550}{2600} = 2,5$$

Selección de rodamiento 6204-2Z

2Z:	2 placas de protección
Serie:	62
D:	47 mm
B:	14 mm
Co:	6.550 N

Cálculo geometría Unión abulonada

Para esto se parte de una geometría basada con el diámetro del agujero, que termina definiendo el propio diámetro del pasador.

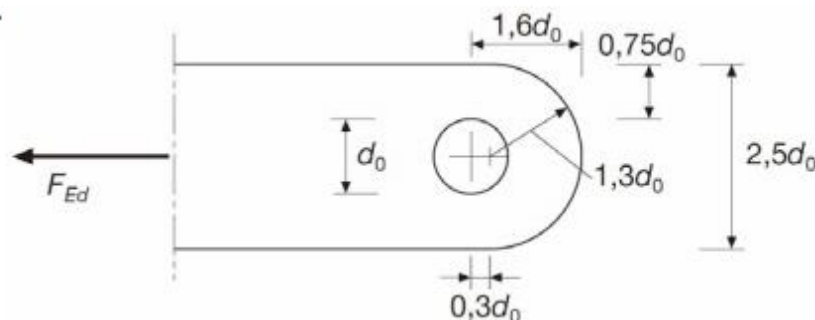


$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3}$$

Se tuvo que hacer un proceso iterativo donde se fue tanteando un valor d hasta que cumpla con esta condición $t \geq d/2,5$.

SI.



$$d_0 \leq 2,5 \cdot t$$

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}}$$

Se supuso que la articulación debe soportar una fuerza de 425 kN. Se utilizó un acero para el pasador y para las placas. Esto nos entrega un factor de seguridad de 3,1. El espesor t de la placa debe ser de mínimo 32 mm. a y c deben ser de mínimo 53 y 27 mm respectivamente.

En primer lugar, calculamos el diámetro del pasador para que soporte el esfuerzo a cortante. Con un diámetro de 19 mm el pasador soporta una acción de:

Cálculo Fuerza Requerida por el cilindro hidráulico

Se cuenta con la información entregada a continuación, siendo T la tensión total que ejerce la correa sobre el sistema y W es el peso del sistema propio de la estructura sobre el punto rojo donde se ubica el momento a analizar.

$$T = 40 \text{ Ton}$$

$$W = 25750 \text{ N}$$

$$d1 = 1865 \text{ mm}$$

$$d2 = 594 \text{ mm}$$

$$\alpha = 63,7^\circ$$

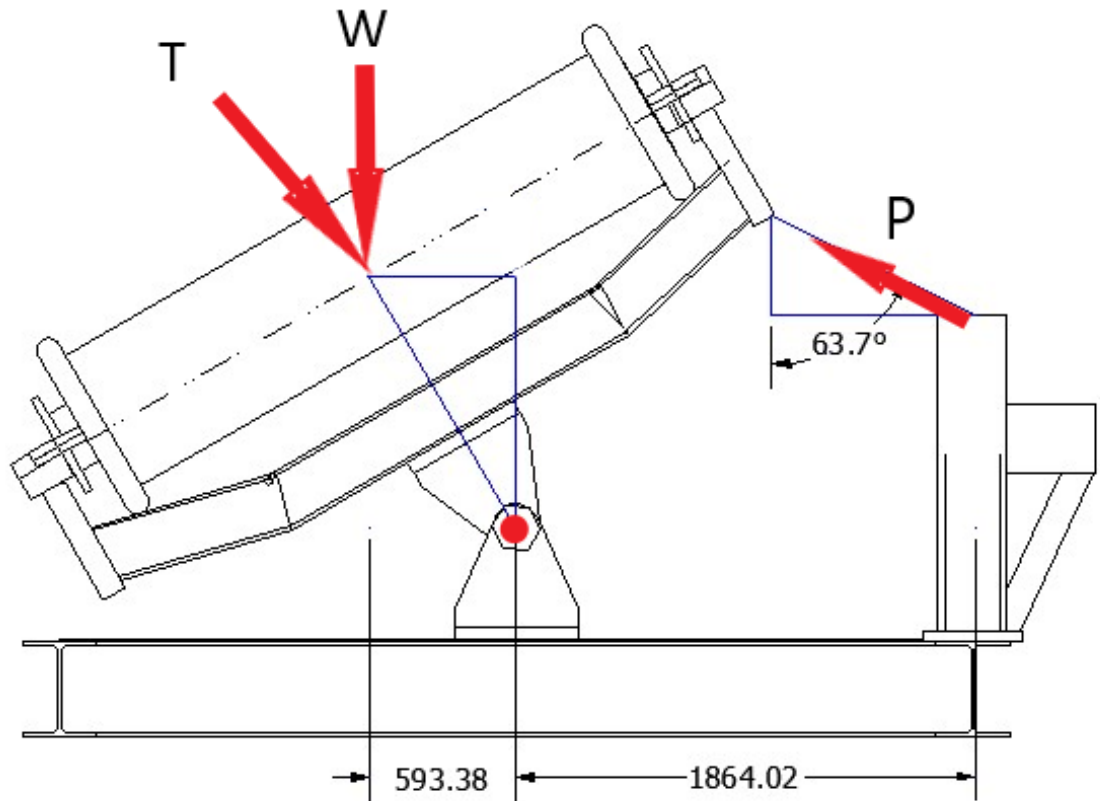


Figura 0.3 Fuerzas aplicadas sobre el sistema elevador. Siendo P , la fuerza necesaria que requiere para operar el cilindro hidráulico.

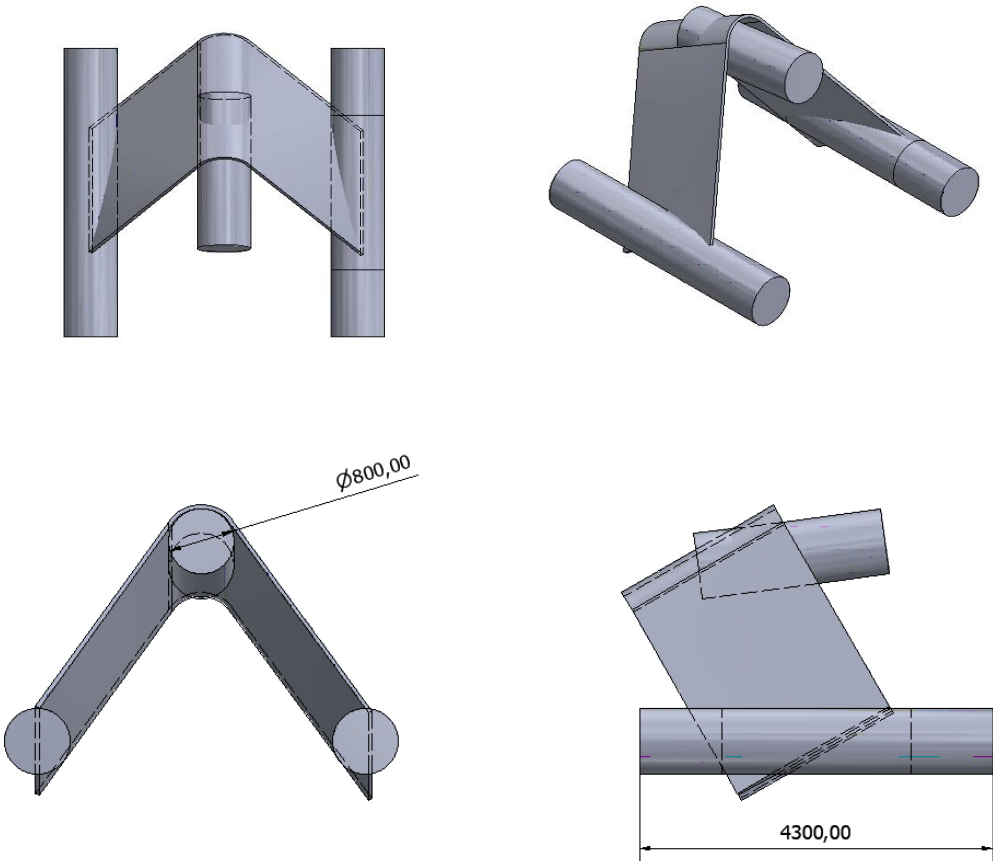
Realizando la sumatoria de momentos en el punto Rojo, se obtiene lo siguiente ecuación 3.3:

$$\sum M = 0$$

$$\sum M = P \cos \alpha \times d1 - W \times d2 \quad 0.1$$

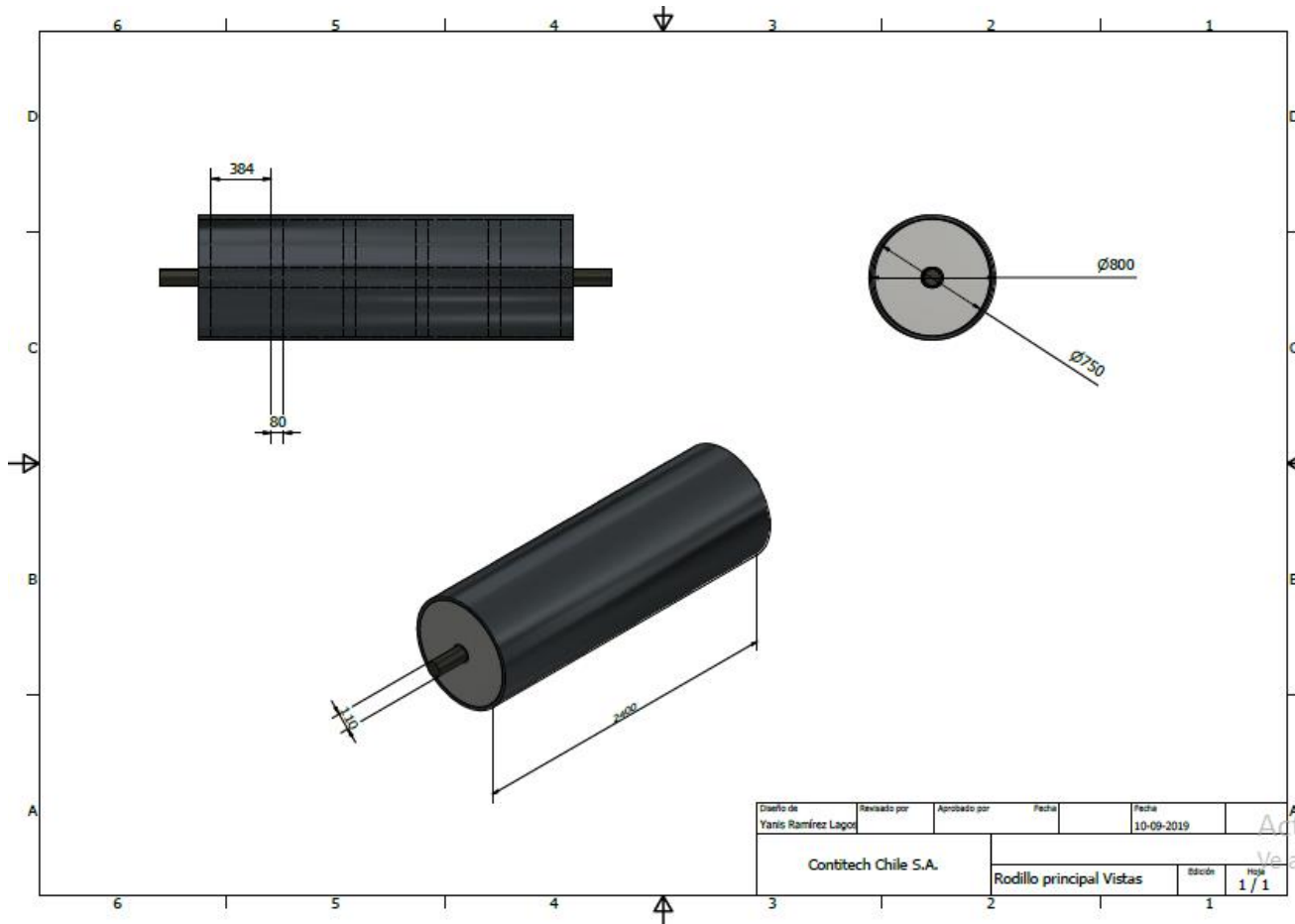
Reemplazando los valores se obtiene que la fuerza P necesaria para levantar el sistema es de 1854 kN.

APÉNDICE B



Diseño preliminar de polín superior y rodillos laterales

APÉNDICE C



Croquis Polín Superior

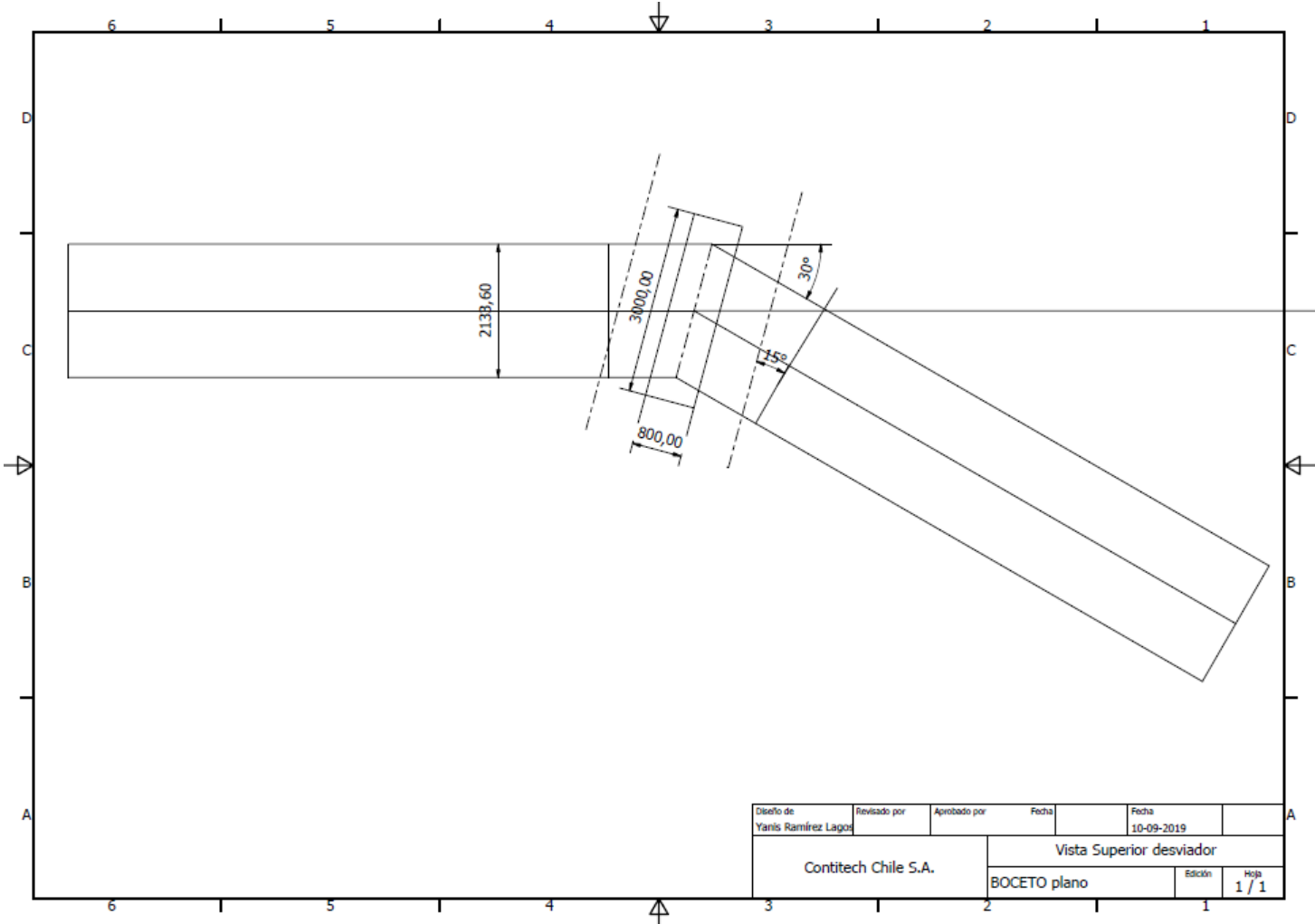
APÉNDICE D

	T		200.000		N					F Total
β	TAx [N]	TAy [N]	TA [N]	TBx [N]	TBy [N]	TB [N]	TCx [N]	TCy [N]	TC [N]	[N]
0	-	-	-	200.000	200.000	282.843	-	-	-	282.843
5	17.431	761	17.448	181.808	181.808	257.115	761	17.431	17.448	292.011
10	34.730	3.038	34.862	162.232	162.232	229.431	3.038	34.730	34.862	299.155
15	51.764	6.815	52.210	141.421	141.421	200.000	6.815	51.764	52.210	304.421
20	68.404	12.061	69.459	119.534	119.534	169.047	12.061	68.404	69.459	307.966
25	84.524	18.738	86.576	96.738	96.738	136.808	18.738	84.524	86.576	309.960
30	100.000	26.795	103.528	73.205	73.205	103.528	26.795	100.000	103.528	310.583
35	114.715	36.170	120.282	49.115	49.115	69.459	36.170	114.715	120.282	310.024
40	128.558	46.791	136.808	24.651	24.651	34.862	46.791	128.558	136.808	308.478
45	141.421	58.579	153.073	0	-0	0	58.579	141.421	153.073	306.147

Cálculos de tensiones divididas en 3 ejes A, B y C. La seleccionada es la más equitativa distribución de tensiones.

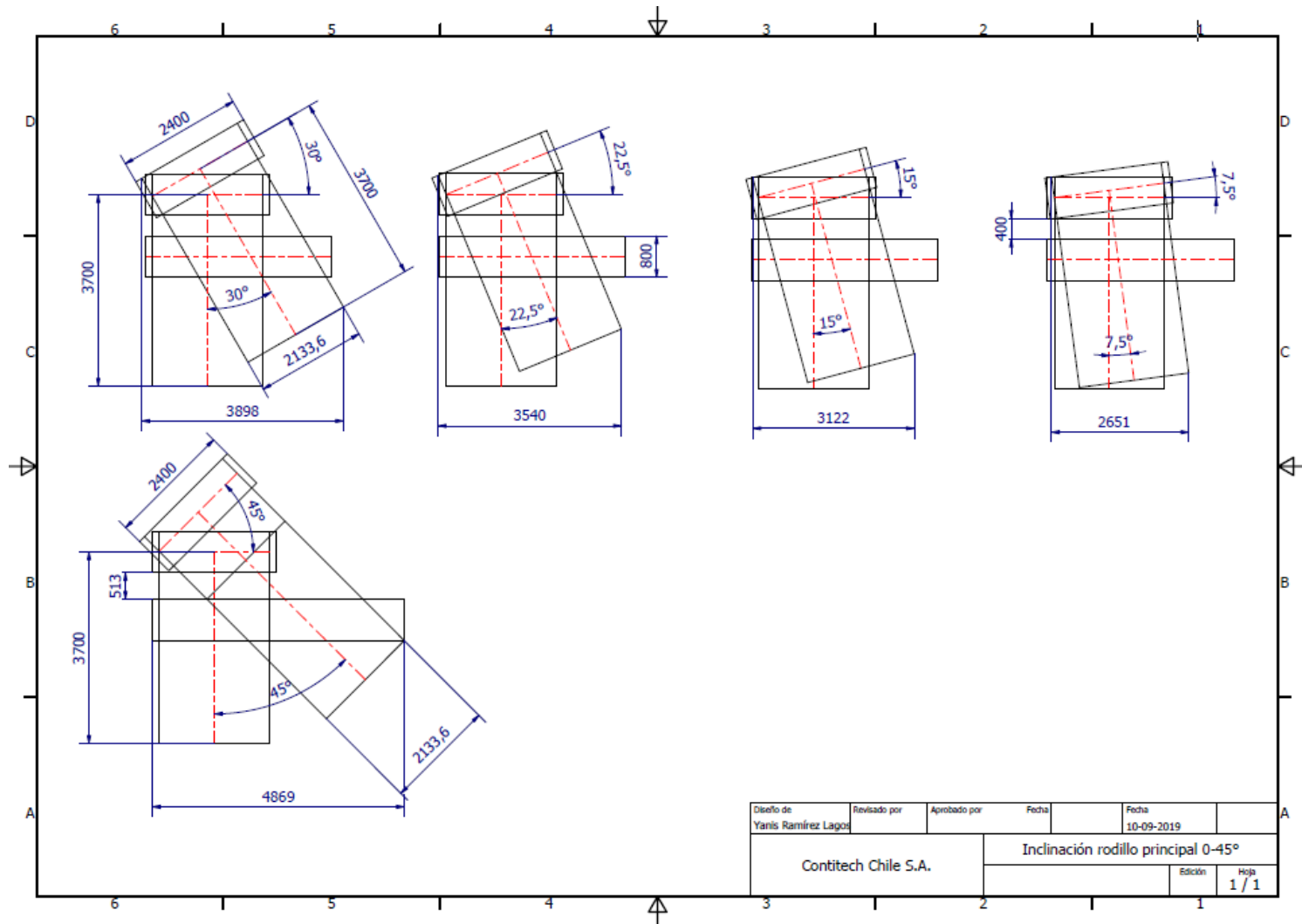
Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE E:



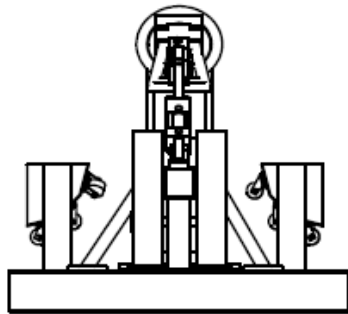
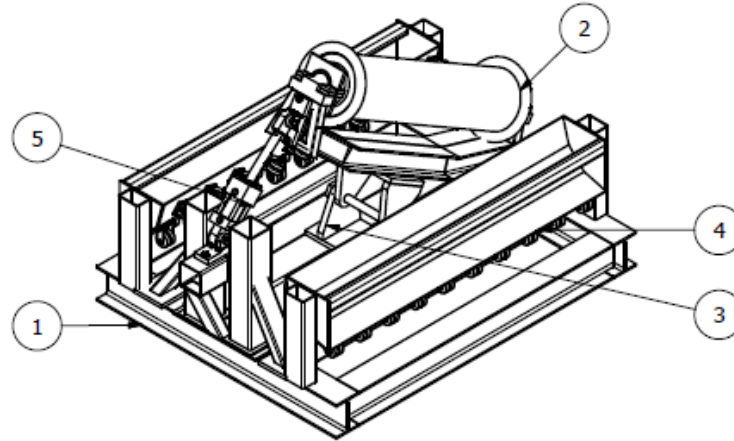
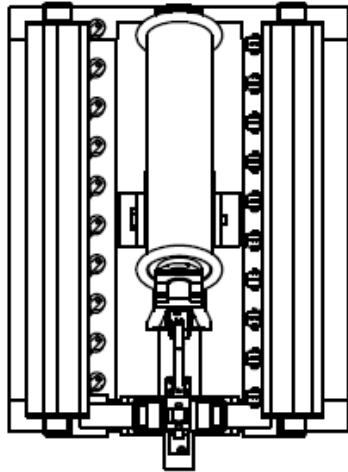
Trayectoria de correa con salida de 30°.

APÉNDICE F



Croquis Inclinaciones de rodillo principal variando de 0 a 45°.

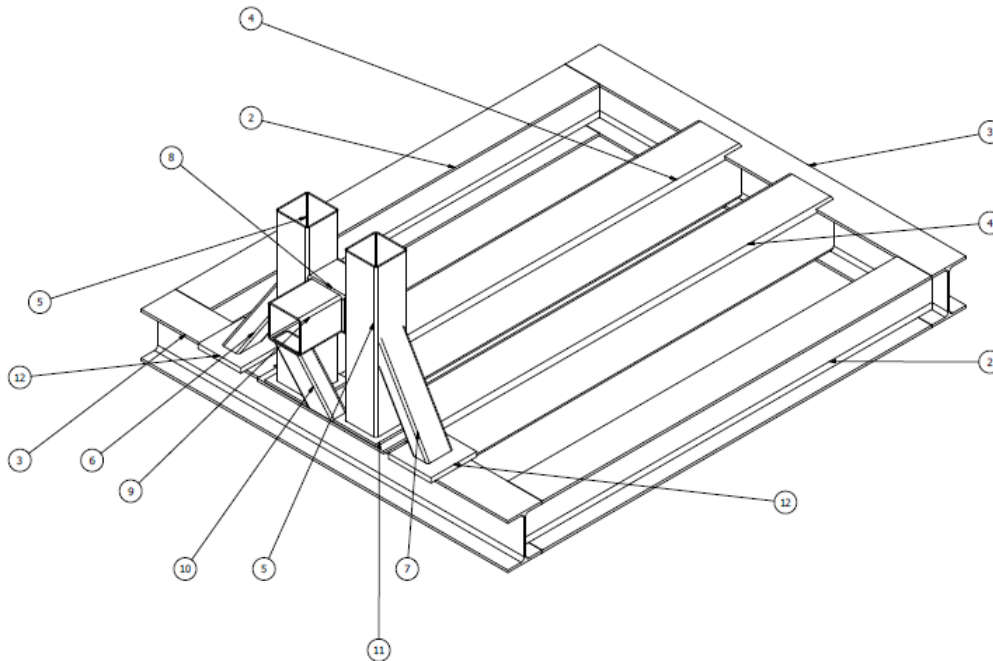
APÉNDICE H



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	BASE ESTRUCTURA
2	1	POLIN SUPERIOR ELEVADOR
3	1	UNIÓN ABULONADA PRINCIPAL
4	2	APOYOS LATERALES
5	1	CILINDRO HIDRÁULICO

Vistas Diseño Sistema Desviador

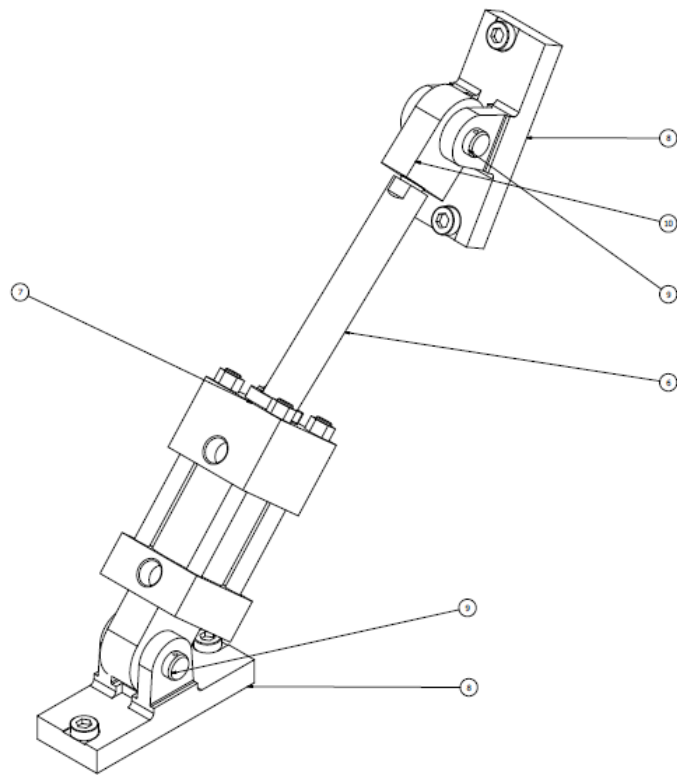
APÉNDICE I



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	base2	
2	7400,000 mm	EURONORM 53-62 - HE 400 A-3700	Viga en I laminada en caliente
3	6400,000 mm	EURONORM 53-62 - HE 400 A-3200	Viga en I laminada en caliente
4	7400,000 mm	DIN 59 410 - 400x400x16-3700	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
5	2565,440 mm	DIN 59 410 - 280x280x10-1282,72	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
6	966,334 mm	DIN 59 410 - 220x120x8-966,334	Tubos de acero rectangulares moldeados en caliente
7	918,389 mm	DIN 59 410 - 220x120x8-918,389	Tubos de acero rectangulares moldeados en caliente
8	320,000 mm	DIN 59 410 - 280x280x10-320	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
9	360,000 mm	DIN 59 410 - 280x280x10-360	Hot formed square steel tubes
10	795,992 mm	DIN 59 410 - 220x120x8-795,992	Hot formed rectangular steel tubes
11	1	placa base	
12	2	placa lateral base	

Base Estructura Sistema Desviador

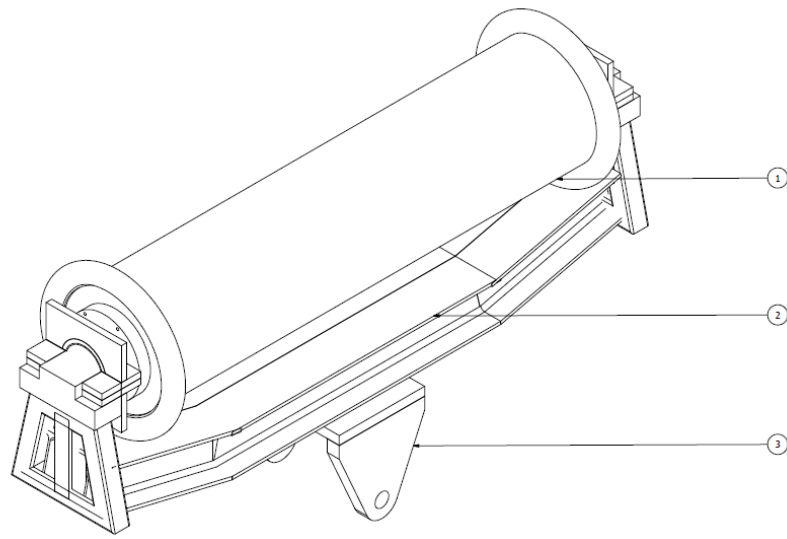
APÉNDICE J



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
6	1	vástago 84 mm	
7	1	cilindro grande	16 MPa
8	2	FIJACIÓN OSCILANTE HEMBRA	
9	2	ISO 2340 - B - 60 x 200	Clevis pins without head B
10	1	sujeción cilindro	

Cilindro Hidráulico

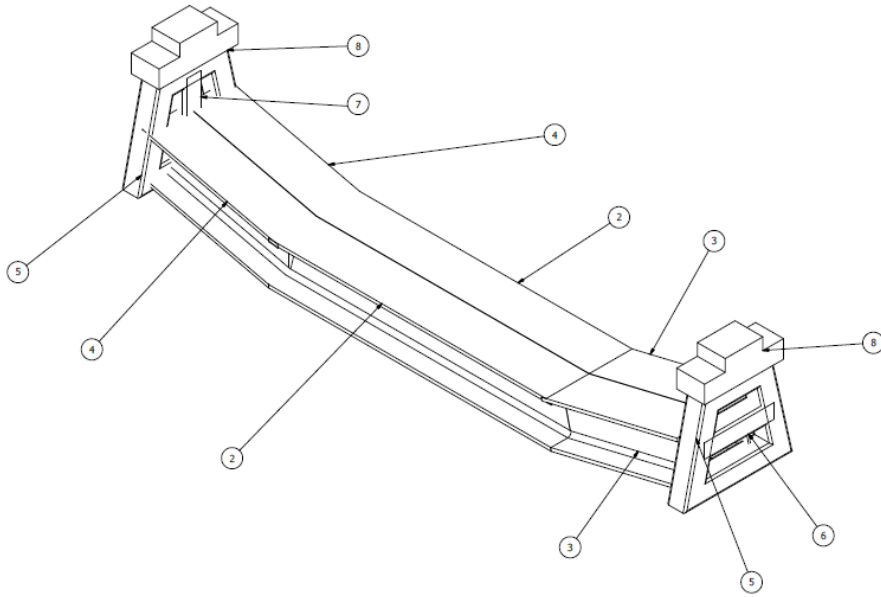
APÉNDICE K



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	ELEVADOR POLIN	
2	1	ELEVADOR 2	
3	1	UNIÓN ABULONADA GRANDE	

Polín Superior Elevador de Correa

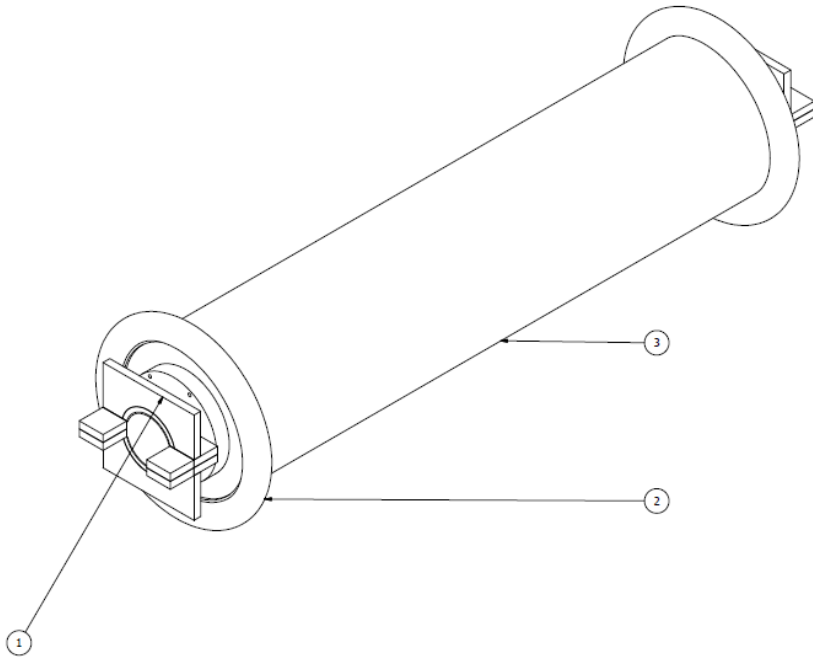
APÉNDICE L



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
2	3152,000 mm	EURONORM 53-62 - HE 240 B-1576	Viga en I laminada en caliente
3	1556,596 mm	EURONORM 53-62 - HE 240 B-778,298	Viga en I laminada en caliente
4	1556,212 mm	EURONORM 53-62 - HE 240 B-778,106	Viga en I laminada en caliente
5	3200,000 mm	DIN 59 410 - 100x100x5-1600	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
6	390,000 mm	DIN 59 410 - 100x100x5-390	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
7	400,000 mm	DIN 59 410 - 100x100x5-400	Tubos de acero cuadrados moldeados en caliente
8	2	PLACA ANCLAJE	

Estructura elevador polín superior

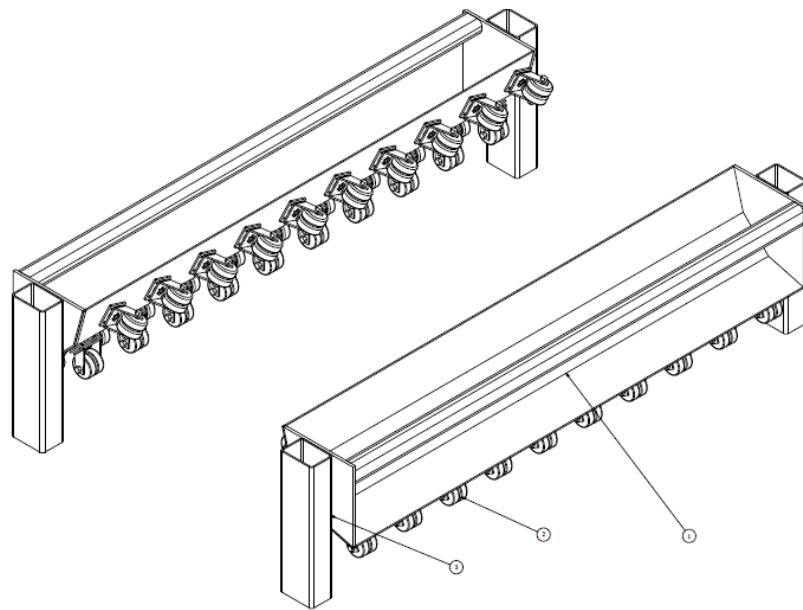
APÉDICE M



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	4	Cubre Polin	
2	2	Cañería Tope	
3	1	Polin Superior	Ver plano existente

Polín Superior

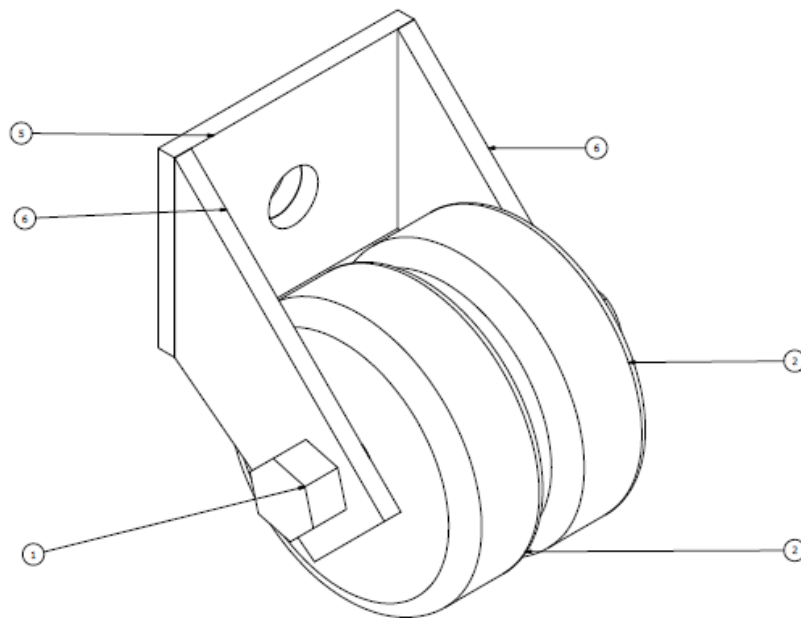
APÉNDICE N



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	RODILLOS LATERALES	
2	60	Rueda Giratoria con soporte	
3	4	Perfiles Apoyo	

Apoyos Laterales guidores de la correa transportadora

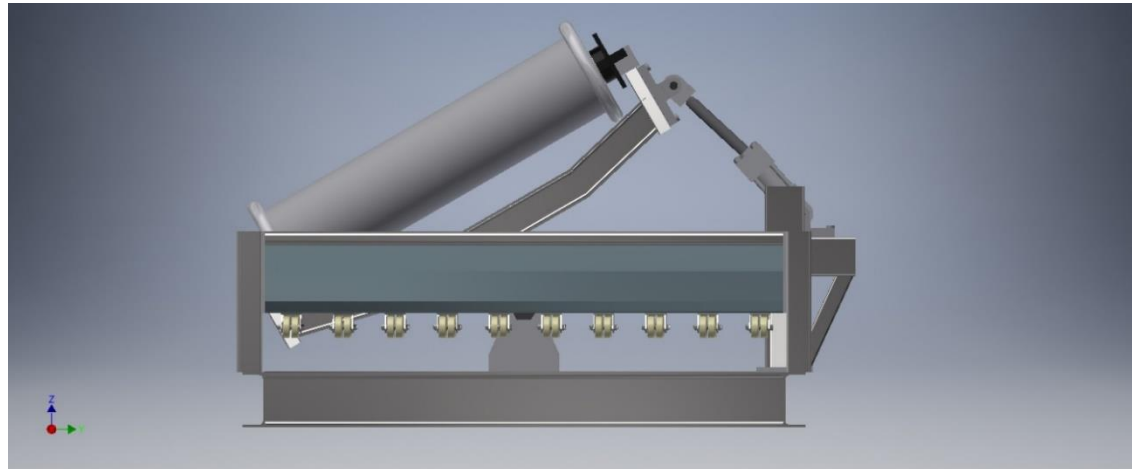
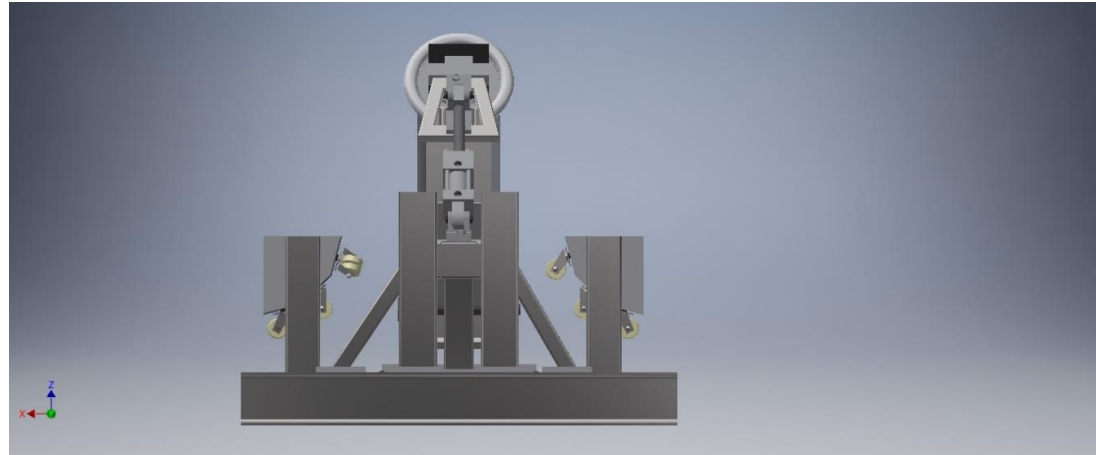
APÉNDICE O



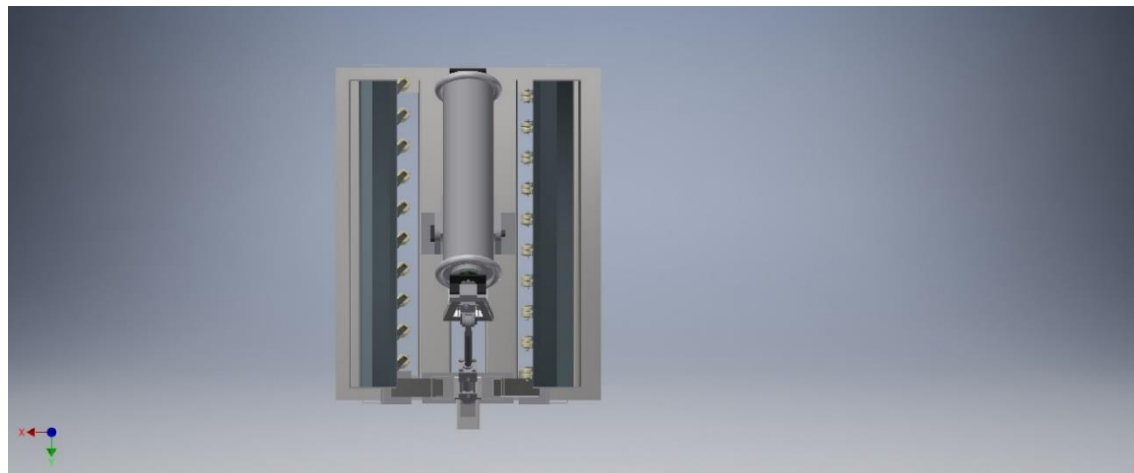
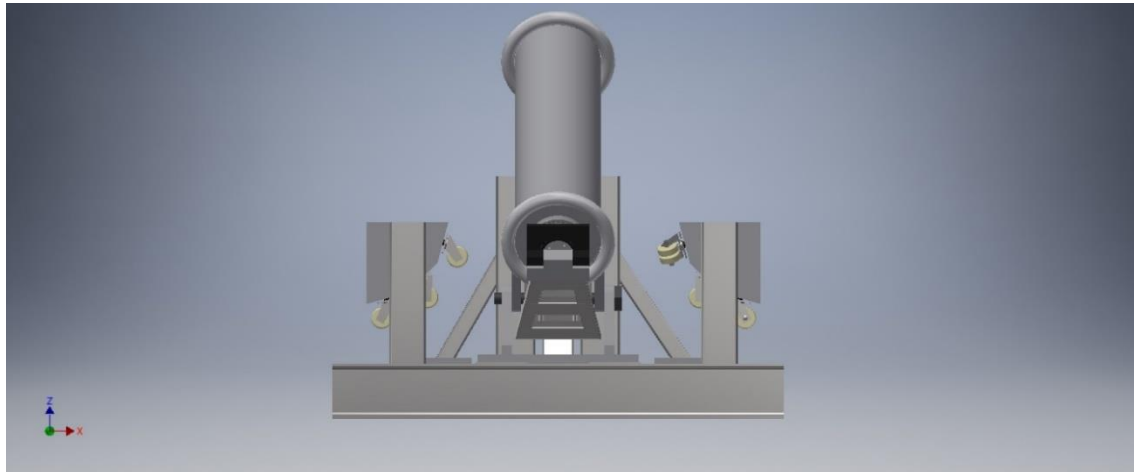
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	perno 35 mm	
2	2	rueda nylon	
3	4	NSK 7905A5	Rodamientos de bolas con contacto angular de alta precisión (serie estándar)
4	4	ANSI/B93.98M - 25x40x7-Tipo 3	Juntas de labio de eje rotatorio 3: montadas
5	1	base 2	
6	2	lado	
7	1	technyl	
8	1	DIN 917 - M22 - SW 34	Tuerca de final hexagonal

Ruedas giratorias alineadoras

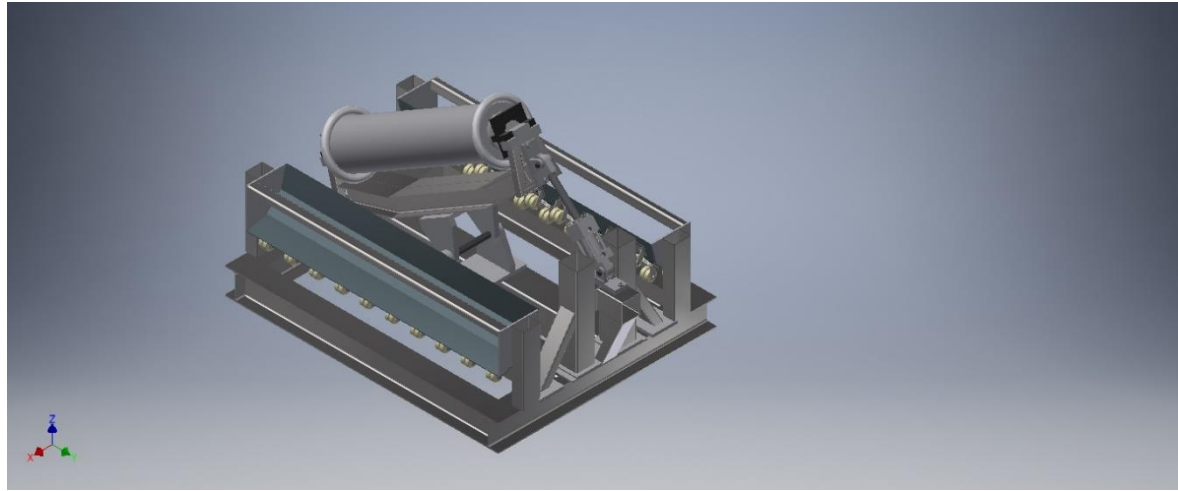
APÉNDICE P



Vistas Diseño 3D

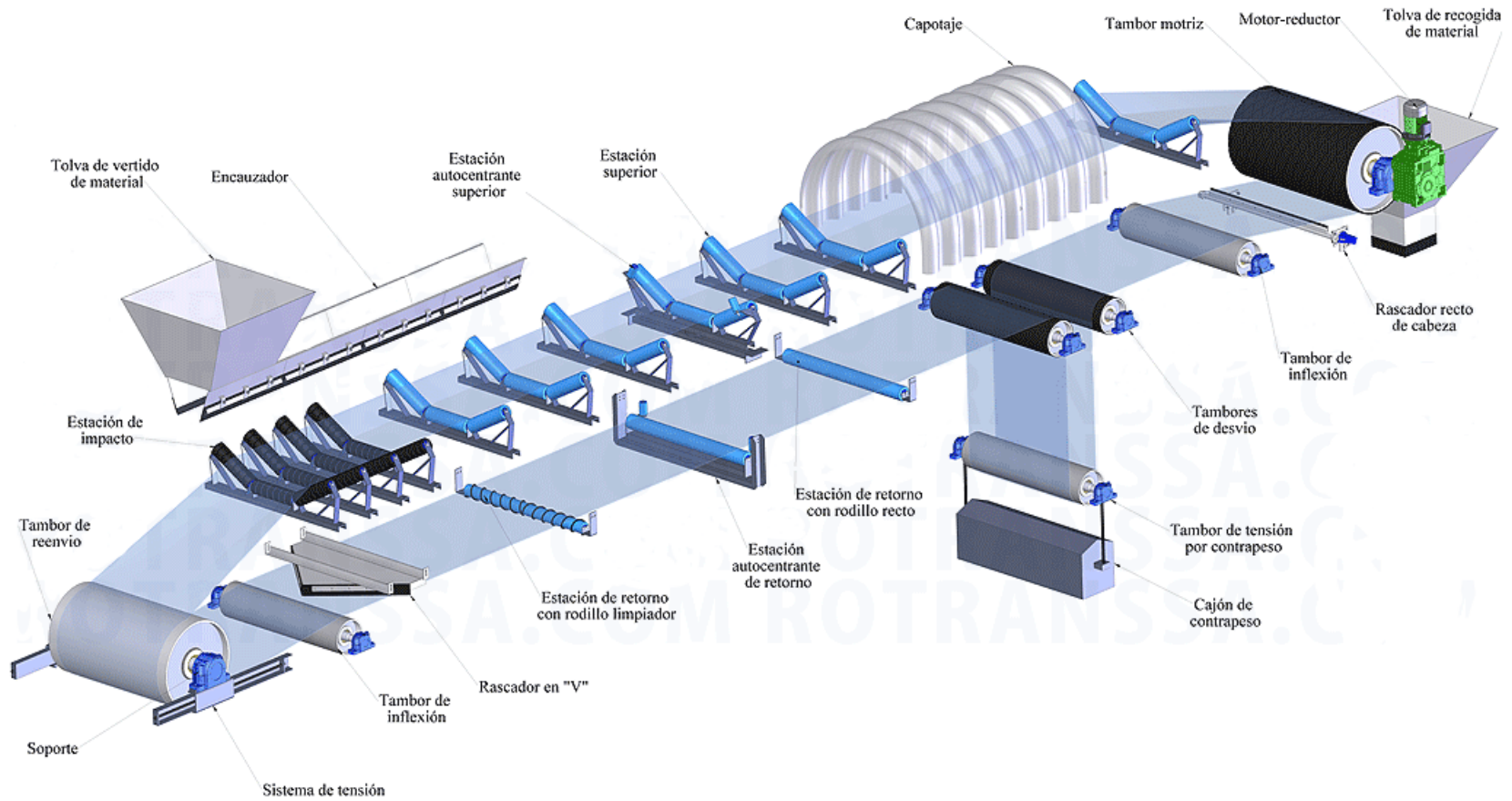


Vistas Diseño 3D



Vistas Diseño 3D

ANEXO 1



Esquema de un Sistema Transportador de Correas.

ANEXO 2

Material	Densidad, kg/m ³	Resistencia última			Cedencia ³		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 ⁻⁶ /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, ² MPa	Cor-tante, MPa	Tensión, MPa	Cor-tante, MPa				
Acero										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18

Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería (Unidades SI)

ANEXO 3

Serie vigas laminadas HEB

Especificaciones Generales	
Dimensiones	UNE-36524-94
Tolerancias	UNE-EN 10034-94
Material	UNE-EN 10025 - 94

Perfil	Dimensiones					Peso P	Area A	Propiedades					
	Nominales							Eje X-X			Eje Y-Y		
	h	b	tw	tf	r1	kgf/m	cm²	Ix(cm⁴)	Wx(cm³)	ix(cm)	Iy(cm⁴)	Wy(cm³)	iy(cm)
HEB 100	100	100	6,0	10,0	12,0	20,40	26,00	450,0	89,9	4,16	167,00	33,50	2,53
HEB 120	120	120	6,5	11,0	12,0	26,70	34,00	864,0	144,0	5,04	318,00	52,90	3,06
HEB 140	140	140	7,0	12,0	12,0	33,70	43,00	1510,0	216,0	5,93	550,00	78,50	3,58
HEB 160	160	160	8,0	13,0	15,0	42,60	54,30	2490,0	311,0	6,77	889,00	111,00	4,05
HEB 180	180	180	8,5	14,0	15,0	51,20	65,30	3830,0	426,0	7,66	1360,00	151,00	4,56
HEB 200	200	200	9,0	15,0	18,0	61,30	78,10	5700,0	570,0	8,54	2000,00	200,00	5,06
HEB 220	220	220	9,5	16,0	18,0	71,50	91,00	8090,0	736,0	9,43	2840,00	258,00	5,59
HEB 240	240	240	10,0	17,0	21,0	83,20	106,00	11260,0	938,0	10,31	3920,00	327,00	6,08
HEB 260	260	260	10,0	17,5	24,0	93,00	118,00	14920,0	1150,0	11,24	5130,00	395,00	6,59
HEB 280	280	280	10,5	18,0	24,0	103,00	131,00	19270,0	1380,0	12,12	6590,00	471,00	7,09
HEB 300	300	300	11,0	19,0	27,0	117,00	149,00	25170,0	1680,0	13,00	8560,00	571,00	7,58
HEB 320	320	300	11,5	20,5	27,0	127,00	161,30	30820,0	1930,0	13,84	9239,00	616,00	7,58
HEB 340	340	300	12,0	21,5	27,0	134,00	170,90	36656,0	2160,0	14,60	9690,00	646,00	7,53
HEB 360	360	300	12,5	22,5	27,0	142,00	180,60	43193,0	2400,0	15,50	10141,00	676,00	7,49
HEB 400	400	300	13,5	24,0	27,0	155,00	197,80	57680,0	2880,0	17,10	10819,00	721,00	7,40
HEB 450	450	300	14,0	26,0	27,0	171,00	218,00	79887,0	3550,0	19,10	11721,00	781,00	7,33

ANEXO 4



Sociedad Comercial E Industrial Rodani Spa
Comercialización De Ruedas Industriales
Dirección: Avenida Matta 203, Santiago
ventas@rodani.cl
Teléfono +56 2 2222 2226

R.U.T.: 78.743.100-3

COTIZACIÓN

N° 44410

Fecha: 25 de septiembre de 2019
Vencimiento: 02 de octubre de 2019

Señor(es): Contitech Chile S.A.
Dirección: Camino Lo Ruiz N°4470
Giro: Fabricación De Otros Productos De Caucho

R.U.T.: 83.070.800-6
Comuna: Renca
Contacto: 25600400

Descripción	Cantidad	\$ Unitario	\$ Total
86347 R.NYLON 200x50 DOBLE H.MOVIL EXTRA PESANTE Capacidad de carga 2000 kgs. c/u, base 200x160 mm, altura total 290 mm. carga total en 4 ruedas 6000 kg. DiSPONIBLE 25/09/19	2	\$ 248.559	\$ 497.118
Medio de Pago	Condición	Monto	
O/C 30 DIAS		\$ 591.570	

Vendedor: Gustavo Cajas Cortes

NETO	\$ 497.118
I.V.A. 19 %	\$ 94.452
TOTAL	\$ 591.570

QUINIENTOS NOVENTA Y UN MIL QUINIENTOS SETENTA PESOS