



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA MECÁNICA

INSET S.A. DE C.V.

**DISEÑO DE BANDA TRANSPORTADORA PARA EL MOVIMIENTO DE
PILETAS DE MUESTREO DE CONCRETO PARA LA EMPRESA GRUPO
INSET.**

**PRESENTA
CALEB MELCHOR NARCÍA**

**ASESOR INTERNO
ING. RODOLFO ISABEL COELLO ALBORES**

**ASESOR EXTERNO
ING. RAÚL SARMIENTO ESCOBAR**

TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS, MÉXICO, DICIEMBRE 2017

Introducción

En los últimos años, particularmente las últimas tres décadas ha existido gran desarrollo en el ámbito del transporte industrial, influenciado por el surgimiento de nuevas tecnologías, así como herramientas informáticas que facilitan la innovación y el desarrollo en el sector industrial.

Como consecuencia de la introducción de herramientas de diseño, se ha logrado la obtención de sistemas más eficientes y controlados. De esta forma se puede analizar el comportamiento que tendrán los diversos elementos, antes de su fabricación, detectando probables anomalías en su funcionamiento, corrigiéndolos y evitando que estos problemas aparezcan en etapas mucho más avanzadas del proceso, donde serían mucho más costosos, y difíciles de solucionar. Por ello, hoy en día se utilizan importantes programas dedicados al diseño y análisis de los elementos intervinientes en la industria.

Es por ello, que en los últimos años uno de los ámbitos con más desarrollo y tecnología haya sido el transporte, que como explica su propia definición, es de gran importancia para el crecimiento de cualquier país:

“El transporte se define como el desplazamiento de personas o bienes en el espacio utilizando medios espaciales, o como una compleja actividad económica que interviene de manera directa en el desarrollo del país facilitando la movilidad, o una manera de dotar la accesibilidad al territorio”

Una característica importante del transporte se puede medir en el impacto que tiene en el producto interno bruto del país (PIB), la mano de obra empleada, los presupuestos nacionales, las inversiones realizadas, etc. Con lo cual el transporte realiza una función trascendental en la sociedad.

Considerando todos estos puntos, este informe abarca, primeramente, las características principales de la empresa en la que se desarrolla, su ubicación demográfica, el surgimiento y crecimiento de la misma, y su desarrollo a través de los años.

Posteriormente se analizan los fundamentos teóricos que rigen el funcionamiento de una banda transportadora, en donde también se estudian sus componentes.

Se presentan los cálculos correspondientes que soportan el diseño, operación y la selección de la banda transportadora que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.

Índice de contenido

Capítulo 1 Generalidades de la empresa.....	1
1.1 Inset S.A. de C.V.....	1
1.1.2 Logros y reconocimientos.....	2
1.1.2 Trabajos especializados.....	2
1.1.4 Proyectos realizados.....	4
1.2 Política de la empresa.....	6
1.3 Misión y visión.....	6
1.4 Logo de la empresa.....	7
1.5 Valores.....	7
Capítulo 2 Generalidades del proyecto.....	9
2.1 Objetivos.....	9
2.1.1 Objetivo general.....	9
2.1.2 Objetivos específicos.....	9
2.2 Planteamiento del problema.....	9
2.3 Justificación.....	10
2.4 Alcances y limitaciones.....	10
Capítulo 3 Fundamentos teóricos.....	11
3.1 Bandas para transportadores pesados.....	13
3.2 Definición de la tensión de operación de la banda.....	23
3.3 Material transportado.....	24

Capítulo 4 Desarrollo del proyecto.....	26
4.1 Geometría de la cinta.....	26
4.2 Número de capas.....	28
4.3 Peso de la carga por unidad.....	29
4.4 Potencia en el motor.....	29
4.5 Diseño de Banda en Solidworks.....	30
Conclusión.....	35
Bibliografía.....	37

1.1.2 Logros y Reconocimientos

- Socio activo 2011 de la Asociación Mexicana del Asfalto
- Socio N° 70 de la Asociación Nacional de Laboratorios Independientes
- INSET
- Es un Laboratorio Acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Acreditación No: C-004-001/10.
- Acreditación otorgada bajo la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006/ISO/IEC17025:2005 requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayos y calibración.
- Normas dentro del alcance de la Acreditación:
- NMX-C-161-ONNCCE-VIGENTE
- NMX-C-156-ONNCCE-VIGENTE
- NMX-C-160-ONNCCE-VIGENTE
- NMX-C-109-ONNCCE-VIGENTE
- NMX-C-083-ONNCCE-VIGENTE
- NMX-C-166-ONNCCE-VIGENTE
- AASHTO-T-99-VIGENTE
- AASHTO-T-180-VIGENTE
- AASHTO-T-191-VIGENTE

1.1.3 Trabajos especializados

LABORATORIO DE CONCRETO

- Muestreo de concreto fresco en obra.
- Ensayo de Viguetas.
- Extracción de Anclas.
- Extracción y ensayo de corazones de concreto endurecido.
- Análisis físico de agregados para concreto.
- Diseño de mezclas de concreto.
- Prueba del esclerómetro (martillo de rebote).
- Pruebas de carga.

- Módulo de elasticidad del concreto.
- Ensaye a Tensión de Varillas corrugadas de Acero

TERRACERÍAS Y PAVIMENTOS

- Pruebas de compactación con cono y arena.
- Estudio de materiales.
- Control de calidad de concreto asfáltico.
- Diseño de pavimentos rígidos.
- Diseño de pavimentos flexibles.
- Calidad de emulsiones.

MECÁNICA DE SUELOS

- Sondeo Exploratorio Tipo Avance Controlado.
- Sondeo de Penetración Estándar.
- Sondeo Rotatorio con Barril NÆ.
- Sondeo Tipo Pozo a Cielo Abierto.
- Extracciones de Corazones de Roca.
- Calculo de la Capacidad de Carga.
- Diseño de Cimentación.
- Clasificación de Suelos.
- Micropilas de Cimentación.
- Supervision Geotécnica (Pilas y Pilotes).

INGENIERIA URBANA

- Topografía.
- Tipografía de terreno natural para análisis preliminares del proyecto del Plan Maestro.

- Topografía posterior al Desmonte y Despalme; para replanteo y optimizaciones del Movimiento de Tierras de acuerdo al Plan Maestro del Desarrollo.
- Planimetría.
- Altimetría.
- Redes de Agua Potable.
- Redes de Drenaje Sanitario.
- Diseño de Drenaje Pluvial
- Redes Eléctricas de VT y MT.
- Trámites para obtener Factibilidades ante los organismos CFE y CAPA.
- Negociación de puntos de conexión y bases de diseño para optimizaciones financieras del proyecto de inversión.
- Catálogos de Conceptos y Volúmenes de Obra del proyecto ejecutivo.
- Supervisión procesos de construcción para la construcción de Redes Urbana.
- Control de Calidad de procesos y materiales utilizados en obra.
- Asesoría para optimizar recursos durante la ejecución.
- Actualizaciones de los proyectos ejecutivos por modificaciones durante el desarrollo de las obras.

1.1.4 Proyectos realizados

LABORATORIO DE CONCRETO

- Hotel Mayan Palace.
- Fraccionamiento Las Palmas Cancún.
- Hotel Be Excellence.
- Moon Palace Arena.
- Hotel Hyatt Ziba Zona Hotelera de Cancún.
- Jardines del Sur I, II Y III.
- Subestación Eléctrica San Pedro.
- Subestación Eléctrica Puerto Morelos (CFE).
- Subestación Eléctrica Sabancuy, Campeche (CFE).
- Subestación Eléctrica Punta Sam (CFE).
- Subestación Eléctrica Playa del Carmen Quintana Roo(CFE).

- Subestación Eléctrica Cancún Quintana Roo (CFE).
- Termoeléctrica Valladolid III.
- Remodelación terminal ADO (Cancún).
- Hospital Regional (Isla Mujeres).
- Puente en el Aeropuerto Internacional de Cancún.

TERRACERÍAS Y PAVIMENTOS

- Modernización de la carretera Bacalar - Chetumal.
- Renivelación de la carretera Leona Vicario - El Ideal.
- Repavimentación de pistas de aterrizaje del Aeropuerto Internacional de Cancún.
- Pavimentación pista 2 del Aeropuerto Internacional de Cancún.
- Repavimentación de calles y avenidas (Cancún, Quintana Roo).
- Mantenimiento mayor Autopista Cancún - Mérida.
- Rehabilitación de Plataforma para estacionamiento de Aeronaves Tipo C (Cancún, Quintana Roo).
- Mantenimiento Autopista Minatitlán - Acayucan (Acayucan, Veracruz).
- Helipuerto Cancún, Quintana Roo.
- Rehabilitación del pavimento asfáltico del Aeropuerto Internacional de Cozumel, Quintana Roo.
- Rehabilitación de Plataforma del Aeropuerto de Minatitlán.
- Rehabilitación de la pista del Aeropuerto de Huatulco en Oaxaca.

MECÁNICA DE SUELOS

- Monumento al Mestizaje (Chetumal, Quintana Roo).
- Línea de Transmisión Escarcega - Sabancuy (CFE).
- Residencial Las Americas (SADASI).
- Hotel Mayan Palace.
- Fraccionamiento Misión de Carmen (Playa del Carmen).
- Asta Monumental (Zona Hotelera, Cancún).
- Terminal ADO, Cancún, Playa del Carmen, y Valladolid Yucatán.
- Hotel Costa Esmeralda Resort (Playa del Carmen Quintana Roo).

- Centro de Alto Rendimiento de Cancún.
- Muelle Ultramar de Playa del Carmen.
- Línea de Transmisión Ticul II - Dzitnup.
- Universidad del Caribe.
- DIF Cancún.
- Aeropuerto Internacional de Cancún (Plataformas de Rodamiento).
- Chedraui Selecto, Zona Hotelera de Cancún.

1.2 Política de la empresa

Ser el laboratorio de mayor prestigio en la región sureste del país, mejorando continuamente los servicios que ofrecemos a nuestros clientes en materia de ensayos a materiales de construcción, así como, la eficacia del sistema de gestión de la calidad, para lo cual todo nuestro personal está comprometido a cumplir eficientemente todas las actividades que desempeña, así como, con los objetivos y el sistema de gestión de la calidad implementando en base a la norma: NMX-EC-17025-IMNC-2006.

1.3 Misión y visión en la empresa

Misión

INSET tiene la misión de ser una de las mejores empresas en la región en análisis de materiales de la construcción, brindando servicios de laboratorio de materiales y mecánica de suelos con personal altamente profesional y capacitado, garantizando a nuestros clientes: calidad, confiabilidad y eficiencia en la elaboración de sus proyectos, así mismo, ser una fuente de trabajo que genere bienestar al personal que labora con nosotros.

Visión

Ser la mejor opción para satisfacer las necesidades de nuestros clientes en servicios de análisis de materiales para la construcción, apoyo oportuno y resultados confiables. Estar siempre a la vanguardia al contar con: normas actualizadas, personal capacitado, instalaciones confortables y equipos debidamente calibrados.

1.4 Logo de la empresa



1.5 Valores

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás

Respetar a los demás y rechazar todo tipo de acusaciones o denuncias infundadas
Excluir toda forma de violencia y actitudes discriminatorias.

Honestidad

Actuar de acuerdo con la conciencia, sin presiones o aspiraciones particulares que vulneren los intereses de nuestros clientes.

Velar por el cumplimiento de las garantías, derechos y deberes de los miembros de INSET.

Verdad

Informar con transparencia y en forma completa.

Emitir mensajes con autenticidad, que no distorsionen eventos ni realidades.

Compromiso con la Institución

Participar activamente en las actividades asignadas, de acuerdo con los mecanismos de participación, aportando proactivamente iniciativas de mejora continua.

Respetar las reglas internas y las decisiones de sus superiores.

Capítulo 2 Generalidades del proyecto

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Diseñar una banda transportadora para las piletas de muestreo de concreto, con el objetivo de facilitar su movimiento y almacenaje.

2.1.2 Objetivos específicos

- Elaboración de cálculos para determinar la velocidad de la banda haciéndola útil, viable para carga y descarga de piletas de concreto de distintos pesos y tamaños.
- Selección de tipo de banda, motor, sistema de control, material y demás elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema completo.
- Diseño de banda transportadora con sus elementos principales a través de SolidWorks.

2.2 Planteamiento del problema

La empresa Inset S.A. de C.V. desea poder tener un sistema de transporte de los cilindros o piletas de concreto que se ensayan en planta, con el objetivo de facilitar su movimiento y almacenaje, actualmente, los cilindros se transportan manualmente desde la máquina de tensión compresión, hasta los tanques de agua donde son sumergidos por 28 días.

Se cuentan con varias personas que transportan los cilindros manualmente desde la máquina de ensayo a los tanques de agua, y como último paso, a los camiones una vez que los cilindros han sido ensayados, pero se ahorraría tiempo y mano de obra si una sola máquina, operada con ayuda de unos cuantos obreros hiciera el trabajo de movilizar todos estos cilindros.

El sistema de banda transportadora debe ser ligero, y no muy robusto, evitando ocupar mucho espacio, y tiene que destinarse únicamente a transportar cilindros de concreto, logrando con un mantenimiento adecuado que la vida útil del sistema sea considerable.

Para el correcto funcionamiento de la banda se necesitan calcular los siguientes datos: ancho de la banda, velocidad de la banda, capacidad, distancia a centros de poleas, altura, material transportado, empalmes, transmisión, motor de la transmisión y tipo de tensores, para lograrlo podemos llevar a cabo la siguiente metodología:

2.3 Justificación

El transporte en el ámbito industrial tiene un impacto muy positivo en el crecimiento de una empresa, y la innovación y nuevas tecnologías permiten versatilidad en los diseños y elementos de control utilizados. Por esto se pretende diseñar el siguiente sistema de banda transportadora para movimiento de piletas.

Así mismo se puede utilizar este diseño para distintas plantas en donde se tengan problemáticas similares.

2.4 Alcances y limitaciones

El siguiente trabajo pretende tener un alcance de agilización en el movimiento de los cilindros, y de reducción en la mano de obra requerida, permitiendo poder utilizarla en otras áreas, administrando el personal eficientemente.

Para fines de reducción de costos y cuidados ambientales, se pretende utilizar la mayor cantidad de material posible que se encuentre en la planta, escogiendo materiales baratos, resistentes y ecológicos que no sean dañinos al medio ambiente y al personal humano.

El proyecto en cuestión corresponde al diseño de la banda transportadora, sin embargo, la instalación quedará en decisiones de los directivos mayores, quienes evaluarán la factibilidad del proyecto en función del capital empleado, y de otros aspectos que queden ajenos al análisis y diseño que quedarán registrados en este reporte. Por lo tanto, solo se limita a recomendar los materiales usados, cálculos correspondientes, de acuerdo con las necesidades específicas que necesitará el sistema de transporte.

Capítulo 3 Fundamentos teóricos

La selección correcta de una banda transportadora es aquella que resulta en los costos más bajos, por tonelada de material transportado. La selección de la construcción de la banda se hace tomando en cuenta el tipo del transportador y la forma de operación. Los puntos de mayor trascendencia a considerar para el diseño correcto de la banda transportadora de cilindros serán los siguientes.

Ancho de la banda

Es utilizado para determinar la capacidad de la banda, así como el peso total de las partes móviles, y a través de ellos calcular la tensión efectiva. También se usa cuando las bandas son evaluadas, por soporte de carga o acanalamiento.

Velocidad de la banda

La velocidad de la banda (pies/min) es usada para el cálculo de la tensión efectiva y de la potencia requerida. La capacidad de una banda que está cargada totalmente depende de su velocidad.

Capacidad

La capacidad máxima deberá estar expresada en toneladas cortas por hora. La capacidad máxima se emplea para calcular la tensión. La capacidad de carga se transforma al valor de Q (lb de carga por pie de longitud de transportador) en los cálculos para la tensión y para las consideraciones del soporte de carga.

Distancia a centros de poleas

Es la distancia en pies, medida a lo largo del transportador a centros de poleas terminales. Esta se usa en los cálculos de tensión, para vencer la fricción de la banda, de la carga y de las partes mecánicas del transportador. La distancia L , es corregida a un valor L_c (Longitud corregida) Para uso de fórmulas únicamente.

Altura

Es la diferencia de elevación entre los puntos de carga y descarga de la banda, la cual es requerida para calcular la tensión necesaria para bajar o elevar dicha carga.

Esta diferencia es aproximadamente la distancia vertical entre los centros de las poleas terminales, la cual se usa cuando no se conoce la elevación entre los puntos de carga y descarga.

Empalmes

El tipo de empalme (vulcanizado en caliente, en frío o engrapado) determina la tensión máxima permisible de la banda. Los empalmes vulcanizados son más eficientes y durables que los de grapas, baja los costos de la banda y los cambios de los empalmes son menos frecuentes.

Transmisión

Los detalles de la transmisión son necesarios. Se necesita conocer si la transmisión es de una polea motriz o dos, si las superficies de las poleas son lisas o recubiertas, así como el arco de contacto de la polea, o grados en poleas. De esta información depende el cálculo de la tensión del lado de retorno, asimismo deberá especificarse la localización de la transmisión.

Tensores

Se requiere conocer el tipo de tensor (gravedad o tornillo) para calcular la tensión de lado de retorno. En un tensor de gravedad, la tensión real de lado de retorno puede determinarse cuando se conoce todo el peso soportado en la banda. Los ajustes en el tensor de tornillo son hechos manualmente por lo que la tensión real del lado de retorno se calcula fácilmente, dado que no hay un control específico sobre ella, excepto que será suficiente para evitar que patine la polea y la banda.

Motor de la Transmisión

Se necesitan conocer detalles del motor como son: La potencia, los rpm y el tipo de sistema de arranque (a través de la línea o controlado). Tales valores permiten una comparación con la potencia, e indican hasta que punto se puede sobrecargar la banda, si llega a ser necesario el uso de toda la potencia del motor.

3.1 Bandas para transportadores pesados

La selección correcta de una banda es aquella que resulta en precios más bajos por tonelada de material transportado. El material presentado en dicho reporte está elaborado para proporcionar el procedimiento y tablas de ingeniería necesarios con el fin de realizar la selección adecuada.

Esqueleto

El esqueleto es el elemento que soporta la resistencia de la banda. Este es capaz de resistir todos los esfuerzos desarrollados en la banda cuando ésta recibe y transporta la carga.

El esqueleto de la anda transportadora de piletas, será seleccionado con el número de capas y tensión adecuada en función de las 5 condiciones aquí planteadas:

1.- *Tensión*

El esfuerzo necesario para soportar la tensión máxima de la banda será determinado por:

- a) Cálculo de la tensión
- b) Selección del esqueleto

2.- *Resistencia al impacto*

Es la propiedad que tiene la banda para resistir las fuerzas de impacto que se originan en la zona de carga.

3.- *Soporte de carga*

Es la propiedad para suministrar un soporte de carga adecuado en la intersección de los rodillos cargadores

4.- *Acanalamiento de banda vacía*

Deberá tener la flexibilidad transversal necesaria para que esté en contacto con los tres rodillos cargadores cuando la banda se encuentre vacía. En la ilustración 3.1 podemos observar un acanalamiento correcto sobre los rodillos.

5.- *Flexibilidad en las poleas*

Deberá tener la flexibilidad longitudinal adecuada para una buena operación sobre las poleas de diámetros determinados o bien de poleas existentes.

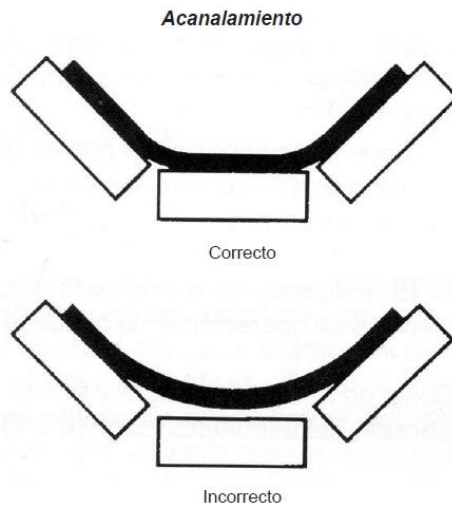


Imagen 3.1 Imagen que representa el contacto correcto de la banda con los rodillos.

6.- Recubrimientos

Los recubrimientos de goma sirven para unir los elementos de la carcasa y constan de dos partes, la superior e inferior. El espesor del recubrimiento de la carcasa está en función del tipo de aplicación de la banda y que tan ancha va a ser.

La goma, como hemos mencionado, es el material básico para cualquier recubrimiento; tomando en consideración las propiedades mecánicas de alargamiento y abrasión, así como las normas DIN 22102 y 22131, se han establecido las categorías **W** (extrema abrasión 90 mm³), **X** (muy alta abrasión 120 mm³), **Y** (Alta abrasión 150 mm³) y **Z** (Abrasión 250 mm³) las cuales se muestran en la siguiente tabla con sus respectivas propiedades.

Tabla 3.1 Propiedades de los recubrimientos

Calidad de los recubrimientos	W	X	Y	Z
Resistencia a la tracción longitudinal (N/mm ²)	18	25	20	15
Alargamiento de rotura longitudinal (%)	400	450	400	350
Abrasión (mm ³)	90	120	150	250

La Tabla anterior proporciona una selección de criterios de prueba, Otros criterios, p.ej. resistencia a la rotura, se puede usar para la evaluación de cubiertas. Conclusiones confiables sobre el comportamiento de las cubiertas en la operación práctica.

p.ej. propiedades de desgaste o resistencia al daño por corte, no se puede alcanzar únicamente sobre la base de estos valores.

7.- Calidad del tejido (UNE 18052)

Tabla 3.2 Propiedades del tejido

Calidad del tejido	Urdimbre		Trama resistencia a tracción mínima (kgf/cm)
	Resistencia a tracción mínima (kgf/cm)	Alargamiento a la rotura (%)	
L	60	20	25
LS	70	20	30
T	75	20	35

8.- Bandas de tejido o textiles lisas

Ecuación para determinar el número de capas:

$$Z = \frac{S \cdot T_m}{100 \cdot B \cdot R_1} \dots\dots\dots 3.1$$

S = Coeficiente de seguridad

Tm = Tensión máxima de trabajo de la banda (kgf)

B = Ancho de la banda (m)

R1 = Resistencia nominal de cada capa textil (kgf/cm)

El número de capas depende del tiempo en que la banda completa su recorrido, ya que de eso depende tanto el número de flexiones en los tambores, como los impactos de carga, si el tiempo de recorrido es superior a 5 minutos se establecen dos capas de forma predeterminada.

En la siguiente tabla podemos observar una relación entre el número de capas y los coeficientes de seguridad respectivos.

Tabla 3.3 Coeficientes de seguridad

Coeficientes de seguridad para bandas de carcasa textil (DIN 22101)			
Número de capas (z)	De 3 a 5	De 6 a 9	Más de 9
Coeficiente de seguridad (S)	11	12	12

Tambores

Diámetro de los tambores

Es el diámetro total del tambor sin tomar en cuenta, las capas protectoras de goma u otros materiales, que están expuestos a desgaste.

Un factor importante para el correcto funcionamiento de la banda será determinar el grado de esfuerzo al que estará sometida la banda en las flexiones que provoca su paso por ellas.

La superficie de contacto entre la banda y el tambor motriz ha de ser la suficiente para dar la fuerza de accionamiento necesaria evitando un tensionamiento excesivo. En resumen, podemos concluir que un diámetro mayor representará mayor esfuerzo a transmitir.

$$D_{mín} = \frac{360 \cdot F}{p \cdot \pi \cdot \phi \cdot B} \dots\dots\dots 3.2$$

Dmin = Diámetro mínimo del tambor motriz recomendado para bandas textiles

F = Fuerza de accionamiento kg

P = capacidad de transmisión del tambor/banda

Φ = Ángulo de arrollamiento en grados

B = Ancho de la banda

Tabla 3.4 Diámetro de tambores en milímetros

Diámetro de tambores normalizados (mm) s/DIN 22101												
200	250	320	400	500	630	800	1.000	1.250	1.400	1.600	1.800	2.000

A través de las siguientes ecuaciones encontramos una relación entre los diferentes diámetros de los tambores involucrados.

$$D_{\text{tamborextremo}} = D_{\text{tambor tensor}} \cong 0.8D_{\text{tambor accionador}} \dots\dots\dots 3.3$$

$$D_{\text{tambor desviable}} \cong 0.65D_{\text{tambor accionador}} \dots\dots\dots 3.4$$

Peso de las partes móviles

Ecuación para determinar el peso de las partes móviles de la cinta transportadora (kg):

$$M_T(kg) = M_B + M_R + M_{TB} \dots\dots\dots 3.5$$

- M_B = Masa de la banda (kg)
- M_R = Masa de los rodillos (kg)
- M_{TB} = Masa de los tambores (kg)

Peso de las partes móviles por unidad de longitud (kg/m)

$$P_T = \frac{M_T}{L} \dots\dots\dots 3.6$$

Tabla normalizada de los pesos de las partes móviles por unidad de longitud en función del tamaño de los rodillos.

Tabla 3.5

Ancho de la banda (mm)	Peso de las partes móviles por unidad de longitud (kg/m)			
	Banda ligera (Rodillos de 102 mm)	Banda moderada (Rodillos de 127 mm)	Banda pesada (Rodillos de 152 mm)	Banda de cables de acero (Rodillos de 152mm)
450	23	25	33	
600	29	36	45	49
750	37	46	57	63
900	45	55	70	79
1050	52	64	82	94
1200	63	71	95	110
1350	70	82	107	127

1500		91	121	143
1650		100	132	160
1800			144	178
2100			168	205
2200			177	219

Peso de la carga por unidad de longitud

$$q_G = \frac{Q}{3.6 \cdot v} = 0.278 \cdot \frac{Q}{v} [kg/m] \dots\dots\dots 3.7$$

Q = Capacidad de la banda (t/h)

V = Velocidad de la banda (m/s)

Resistencias al movimiento

Clasificación de resistencias según la norma UNE- 58-204-92

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{ST} \dots\dots\dots 3.8$$

F_H = Resistencias principales

F_N = Resistencias secundarias

F_{S1} = Resistencias principales especiales

F_{S2} = Resistencias secundarias especiales

F_{ST} = Resistencias debidas la inclinación

Aparecen en todas las instalaciones: F_H y F_N

Aparecen en algunas instalaciones: F_{S1} y F_{S2}

Actúan en toda la banda: F_H y F_{S1}

Actúan en ciertas zonas: F_N y F_{S2}

Resistencias principales:

Es la resistencia al giro de los rodillos portadores, debido al rozamiento en los rodamientos y juntas de los rodillos y la resistencia al avance de la banda debido a la rodadura misma sobre los rodillos.

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta] \dots\dots\dots 3.9$$

f = Coeficiente de fricción

L = Longitud de centros de rodillo a rodillo.

g = Gravedad

q_{RO} = Masa de los rodillos de trabajo por unidad de longitud (kg/m)

q_{RU} = Masa de los rodillos de retorno por unidad de longitud (kg/m)

q_B = Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m)

q_G = Masa de la carga por unidad de longitud (kg/m)

Resistencias secundarias

Cuando $L > 80$ m $F_N < F_H$:

$$F_H + F_N = f \cdot C_L \cdot L \cdot g \cdot [q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta] = f \cdot L_C \cdot g \cdot [q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta] \dots\dots\dots 3.10$$

L_C = Longitud corregida de la banda (m)

Factor de corrección de la longitud

Las bandas transportadoras de poca longitud necesitan mayores esfuerzos para vencer la resistencia a la fricción que las bandas de mayor longitud.

Longitud de la banda corregida:

$$L_C = C_L \cdot L \dots\dots\dots 3.11$$

Tabla 3.6

Longitud de banda (m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40
C_L	9	5.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4

Tabla 3.7

Longitud de banda (m)	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
C_L	2.2	2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.05

Resistencias debidas a la inclinación:

$$F_{ST} = q_G \cdot H \cdot g \dots\dots\dots 3.12$$

q_G = Masa de la carga por unidad de longitud (kg/m)

H = Altura de la instalación

Potencia de accionamiento en el tambor:

$$P_A = F_U \cdot v \dots\dots\dots 3.13$$

F_U = Fuerza que se opone al movimiento (N)

V = Velocidad de la banda (m/s)

Potencia de accionamiento en el motor:

$$P_m = \frac{P_A}{\eta_1} \dots\dots\dots 3.14$$

Capacidad de transporte:

$$Q = 3600 \cdot v \cdot A \cdot \gamma \cdot k \dots\dots\dots 3.15$$

Q = Capacidad de transporte (t/hora)

V = Velocidad de la banda (m/s)

A = Sección transversal del material sobre la banda (m²)

γ = Peso específico del material (t/m³)

k = coeficiente de reducción de capacidad de la banda debida a la inclinación

Tabla que relaciona el coeficiente ‘k’ respecto a la inclinación de la banda:

Tabla 3.8

Inclinación (grados)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
K	1	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.85	0.81

Factor K:

Coeficiente de reducción de la capacidad de la banda debido a la inclinación de la misma, este depende de tres factores:

- 1.- La cantidad de arco de contacto en grados sobres la polea motriz.
- 2.- Si la polea motriz está recubierta de hule o lisa.

3.- Si el tensor es de gravedad (Automático) o de tornillo (mecánico).

Capacidad de transporte

La sección transversal del material sobre la cinta depende de:

- La anchura útil (b) de la cinta que es en sí misma función de la anchura real (B):

$$b = 0.9B - 0.05 \quad \text{para } B \leq 2\text{m}$$

$$b = B - 0.2 \quad \text{para } B > 2\text{m}$$

- El número, disposición y dimensiones de los rodillos.
- La forma del talud dinámico del material sobre la cinta limitado por una curva de forma parabólica y caracterizada por el ángulo de talud dinámico θ .

Capacidad de transporte

Los materiales de tamaño uniforme (cereales, gránulos o piedras trituradas) no influyen en el ancho de la banda.

Materiales no clasificados (materiales obtenidos de cantera o mina) influyen en el ancho de la banda:

- tamaño máximo del material
- porcentaje de finos y gruesos

Puede ocurrir que para capacidades pequeñas el ancho de la banda sea grande, lo que significa mayor costo en producción, la siguiente tabla muestra una relación entre el ángulo de talud y el porcentaje de materiales según su tipo.

Tabla 3.9

Ángulo de Talud dinámico	10% gruesos, 90% finos	100% gruesos
$\theta \leq 20^\circ$	3	5
$20^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$	6	10

La velocidad de la cinta tiene que ser la mayor posible debido a que los anchos serán más pequeños.

La velocidad depende de las propiedades del material:

- Fluidez. Riesgo de producción de polvo
- Abrasividad. Riesgo de producción de cortes en la banda
- Friabilidad. Riesgo de fraccionamiento del material
- Tamaño. Tamaños grandes y pesados producen un gran impacto sobre la banda, debilitando el tejido de la misma.

Tabla 3.11

Material	B(mm)	V(m/s)
Granos y otros materiales que fluyen bien y no son abrasivos	500	2.62
	650 y 800	3.35
	1000 y 1200	4.19
	1400 y 2400	5.24
Carbón, arcilla compactada, minerales blandos y tierras	500	2.09
	650 a 1000	3.35
	1200 a 1400	4.19
	1400 a 2400	5.24
Materiales abrasivos de pequeño tamaño	Cualquier Ancho	1.05-1.68

Material	B(mm)	V(m/s)
Minerales con aristas vivas, duros y pesados, piedras trituradas de pequeño tamaño	500	1.68
	650 y 800	2.09
	1000 a 2400	3.35
Arena de fundición preparada o apelmazada	Cualquier ancho	1.31-2.09
Bandas extractoras, planas o en artesa, con materiales finos no abrasivos o medianamente abrasivos	Cualquier ancho	0.3-0.6

Velocidades normalizadas en m/s según la norma DIN 22101

0.66	0.84	1.05	1.31	1.68	2.09	2.62	3.35	4.19	5.24
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla que relaciona el ancho de la banda, con la capacidad en m³/hora y la sección transversal de la misma.

Tabla 3.12 El primer número debajo de la inclinación en grados de la banda representa su capacidad en m³/hora y el de abajo la sección transversal de la misma en m²

B	0°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
500	38 0.0105	74 0.0205	80 0.0222	87 0.0241	91 0.0252	95 0.0263	98 0.0272
650	69 0.0191	133 0.0369	144 0.0400	156 0.0433	164 0.0455	172 0.0477	176 0.0488
800	108 0.0300	208 0.0577	227 0.0630	244 0.0677	258 0.0716	269 0.0747	276 0.0766
1000	173 0.0480	336 0.0933	365 0.1013	394 0.1094	415 0.1152	434 0.1205	445 0.1236
1200	255 0.0710	494 0.1370	537 0.1591	580 0.1612	610 0.1705	638 0.1777	654 0.1828
1400	351 0.0980	680 0.1903	738 0.2071	798 0.2240	840 0.2368	878 0.2467	900 0.2536
1600	464 0.1294	898 0.2519	976 0.1055	1055 0.2965	1110 0.3134	1160 0.3264	1190 0.3355

Para determinar el flujo de material transportado utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Q = C(0.9B - 0.05)^2 \cdot v \cdot \gamma \cdot k \dots\dots\dots 3.16$$

Q = Flujo del material transportado en t/h

C = Coeficiente geométrico (dependerá de la sección de la banda)

B = Ancho de la banda (m)

V = velocidad de la banda (m/s)

Y = Densidad del material (t/m³)

3.2 Definición de la tensión de operación de la banda

Tensión efectiva (Te)

Es la tensión que aplica el motor para tres cosas:

- a) Girar la banda cuando está vacía y los componentes que giran por ella.
- b) Mover la carga sobre la banda de forma horizontal.
- c) Elevar la carga sobre la banda contra la fuerza de gravedad.

Tensión de lado de retorno (k ó T2)

Es la tensión que necesita la banda debido al peso del contrapeso o al tornillo del tensor. Esta tensión se requiere para que la polea motriz no “patine” contra la banda y esto impida que los cilindros se movilizen. Para determinar esta tensión únicamente multiplicamos la tensión efectiva (T_e) por el factor de transmisión (K) de la tabla 3.1, página (tal)

Factor de Transmisión (K) depende de:

- 1.- La cantidad de arco de contacto en grados sobre la polea motriz.
- 2.- Si la polea motriz está recubierta de hule, o es lisa.
- 3.- Si el tensor es de gravedad (automático) o de tornillo (mecánico).

3.3 Material Transportado

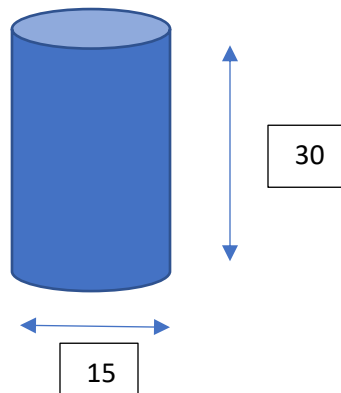
El tipo, tamaño, peso, temperatura, propiedades químicas, y presencia de aceites o grasas del material transportado, determinan la calidad de la banda, el espesor de las cubiertas y el cuerpo requerido para resistir las cargas de impacto.

Tipo de material

El material que será transportado es concreto compactado en forma cilíndrica.

Tamaño de los cilindros

Los cilindros tienen un diámetro de 15 centímetros y una longitud de 30 cm



El volumen del cilindro se obtiene al multiplicar el área por la longitud de este.

Área del cilindro

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots 3.17$$

$$A = \pi(0.075)^2 = 0.01767 \text{ m}^2$$

Volumen del cilindro

$$V = \pi r^2 l \dots\dots\dots 3.18$$

$$V = (0.01767)(0.30) = 0.0530 \text{ m}^3$$

Peso del cilindro

La resistencia máxima del concreto normalmente aumenta con la edad, y crece considerablemente en los primeros días que es colocado, resultando más gradual conforme pasa el tiempo, y aún continúa incrementándose en una proporción más baja por tiempo indefinido. La resistencia a compresión del concreto “curado” a los 28 días, es decir, sumergido en un recipiente de agua, se emplea generalmente como índice de calidad, estos cilindros, que son los que pretendemos movilizar tienen un peso máximo de 13 kilogramos, que es la referencia que utilizaremos para determinar la densidad de las muestras.

Densidad

La densidad se define como la cantidad de masa contenido en un determinado volumen.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots 3.19$$

$$\rho = \frac{13}{0.0530} = 245.2830 \text{ kg/m}^3 = 15.3125 \text{ lb/ft}^3$$

Capítulo 4 Desarrollo del proyecto

Para poder determinar aspectos importantes de la banda transportadora, como la velocidad y el ancho de la banda, requerimos el peso específico de los cilindros en función de las toneladas por hora transportadas.

En el laboratorio se ensayan al día de 150 a 170 cilindros de concreto, así que estableceremos una cantidad media, para determinar el peso que necesitamos transportar, en este caso 160.

Cada cilindro pesa aproximadamente 13 kg, así que estamos movilizándolo al día 2080 kg cada 12 horas, que es la jornada de trabajo de la persona encargada de ensayar las muestras. Lo que nos da un total de 0.16 T/h (Toneladas por hora)

Así mismo la densidad de los cilindros, calculada en el capítulo anterior es de 245.328 kg/m³ o lo que es lo mismo 0.245 T/m³ (toneladas por metro cúbico)

4.1 Geometría de la cinta

Longitud de la cinta = 8m

Desnivel = 0m

Inclinación = 0°

Ángulo de terna = 15°

Capacidad por transportar = 0.16 T/h

Con ayuda de la tabla 3.8 determinaremos el factor k de la banda, la cual no requiere tener inclinación, ya que necesitamos tener cuidado que los cilindros no choquen entre sí, para que los ensayos sean lo más precisos posibles, así que elegimos el factor k = 1.

Utilizamos ahora la tabla 3.9 para determinar el porcentaje de grano del material a transportar y así encontrar posteriormente la anchura de la banda.

Como no vamos a transportar granos, elegimos el porcentaje como si todos fueran granos gruesos, y obtenemos un valor de $B = 5$.

Tamaño máximo de grano = 350 mm

$B = 5 \cdot \text{Tamaño máximo de grano} = 5 \cdot 350 = 1750 \text{ mm}$ $B = 1600 \text{ mm}$

Tomamos los datos de la tabla 3.12 para poder determinar el caudal y la medida longitudinal de la banda, y obtenemos lo siguiente:

Para $v = 1 \text{ m/s}^2$

$Q_{v1} = 464 \text{ m}^3/\text{s}$

Utilizamos ahora la tabla 3.11 para determinar el Q_{v2} y extraemos los siguientes datos:

Velocidad de la banda = 3.35 m/s

Utilizamos la ecuación 3.15

$$Q = 3600 \cdot v \cdot A \cdot \gamma \cdot k \quad [T/h]$$

Q = Capacidad de transporte (t/hora) (obtenemos Q_{v1} de la tabla 3.12)

V = Velocidad de la banda (m/s) (Obtenemos la V_1 de la tabla 3.12)

A = Sección transversal del material sobre la banda (m^2)

γ = Peso específico del material (t/m^3)

k = coeficiente de reducción de capacidad de la banda debida a la inclinación = 1

$$Q_v = \frac{Q}{\gamma} = 3600 \cdot v \cdot A \cdot k \quad [\text{m}^3/h]$$

Como

$A_{v1} = A_{v2}$:

$$Q_{v2} = \frac{Q_{v1}}{v_1 \cdot k_1} \cdot v_2 \cdot k_2 = \frac{464}{1 \cdot 1} \cdot 3.35 = 1554.4 \text{ m}^3/h$$

$$Q_2 = y \cdot Q_{v2} = 0.245 \cdot 1544.4 = 380.828 \text{ T/h}$$

A continuación, vamos a escoger un valor mayor del ancho de la banda para poder “iterar” y encontrar un valor válido.

En este caso escogemos a $B = 1600$ con un ángulo de talud mayor, de 20° que, de acuerdo con la tabla 3.12 obtenemos los siguientes valores:

$$Q_{v1} = 898 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mantenemos la velocidad en 3.35 m/s , por lo tanto

$$Q_{v2} = \frac{Q_{v1}}{v_1 \cdot k_1} \cdot v_2 \cdot k_2 = \frac{898}{1 \cdot 1} \cdot 3.35 = 3008.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_2 = y \cdot Q_{v2} = 0.245 \cdot 3008.3 = 737.03 \text{ T/h}$$

El valor anterior es un resultado válido, por lo cual nos quedamos con:

$$B = 1600 \text{ mm y } v = 3.35 \text{ m/s}$$

4.2 Número de capas

De acuerdo con los fundamentos teóricos expuestos en el capítulo tres, establecemos como dos, el número de capas cuando la banda termina su recorrido en alrededor de 5 minutos, es decir, cuando es relativamente corta, como requerimos trasladar los cilindros en un tramo de 7 metros, que sería en tentativa, la distancia total de la banda.

Longitud de la banda corregida:

$$L_C = C_L \cdot L$$

$$L_C = 5.9 \cdot 7 = 41.3 \text{ m}$$

4.3 Peso de la carga por unidad de longitud

$$q_G = \frac{Q}{3.6 \cdot v} = 0.278 \cdot \frac{Q}{v} \text{ [kg/m]}$$

$$q_G = 0.278 \cdot \frac{737.03}{3.35} = 61.16 \text{ [kg/m]}$$

4.4 Potencia en el motor

Potencia de accionamiento en el tambor:

Primeramente, debemos calcular la potencia de accionamiento en el tambor utilizando la ecuación 3.13 para posteriormente calcular la potencia de accionamiento en el motor

$$P_A = F_U \cdot v$$

F_U = Fuerza que se opone al movimiento (N) = 1911 N

15 (cantidad de cilindros que puede transportar la cinta) * 13 kg (peso de cada cilindro) * 9.8 (Fuerza Gravitatoria)

V = Velocidad de la banda (m/s) = 3.35 m/s

$$P_A = 1911 \cdot 3.35 = 6401.85 \text{ watts} \approx 6500 \text{ watts}$$

Potencia de accionamiento en el motor:

Utilizamos la ecuación 3.14 para determinar la potencia del motor

$$P_m = \frac{P_A}{n_1}$$

P_A = potencia de accionamiento en el tambor = 6500 wattts

N_1 = Eficiencia del motor 85% para fines prácticos

$$P_m = \frac{6500}{0.85} = 5525 \text{ watts}$$

4.5 Diseño de la banda en Solidworks

Boceto de banda transportadora

Procedemos a dibujar un boceto de la banda transportadora que será el predecesor de el diseño principal con adecuaciones en medidas y detalles adicionales.

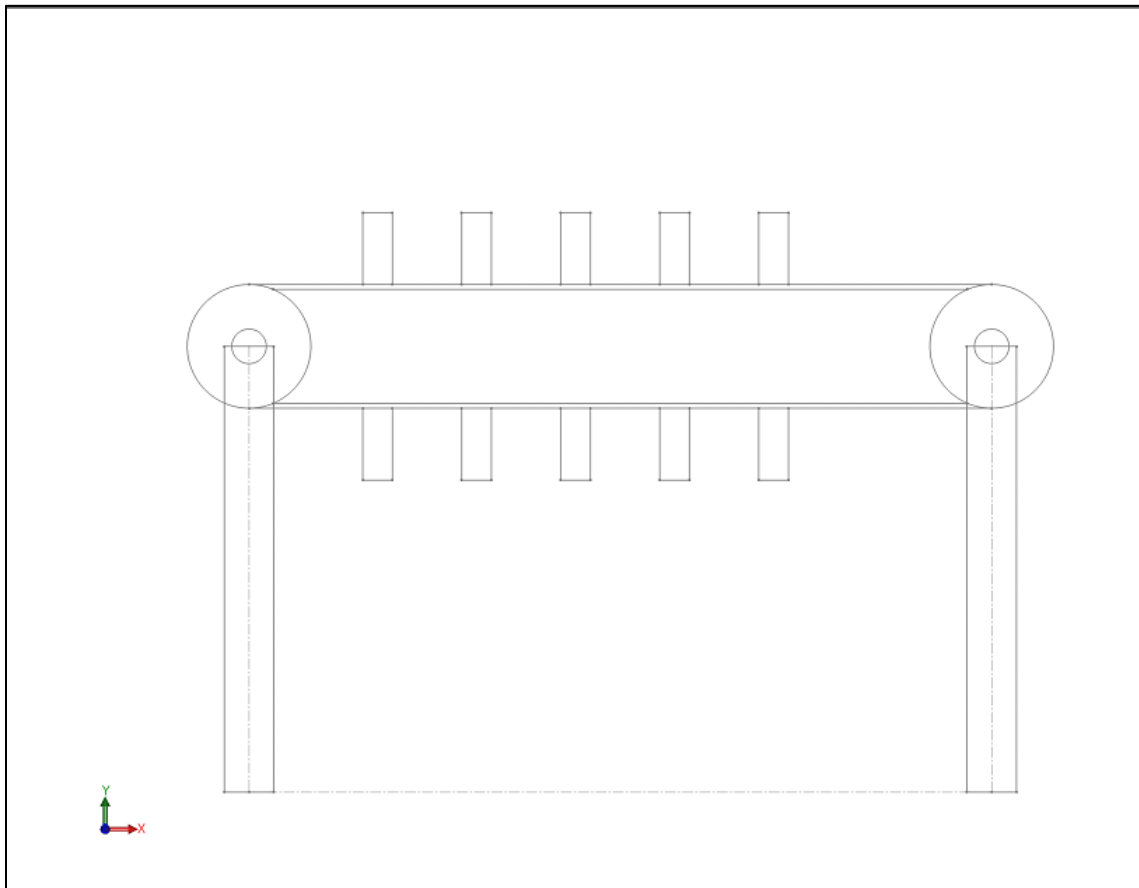


Ilustración 4-1

Las separaciones en la banda transportadora se colocan ahí para evitar que los cilindros choquen entre sí al momento de ser transportados. Tienen que llevar una separación tal cual, las muestras entren recostadas y no tengan tanto juego entre separadores.

Vista preliminar de boceto en 3D

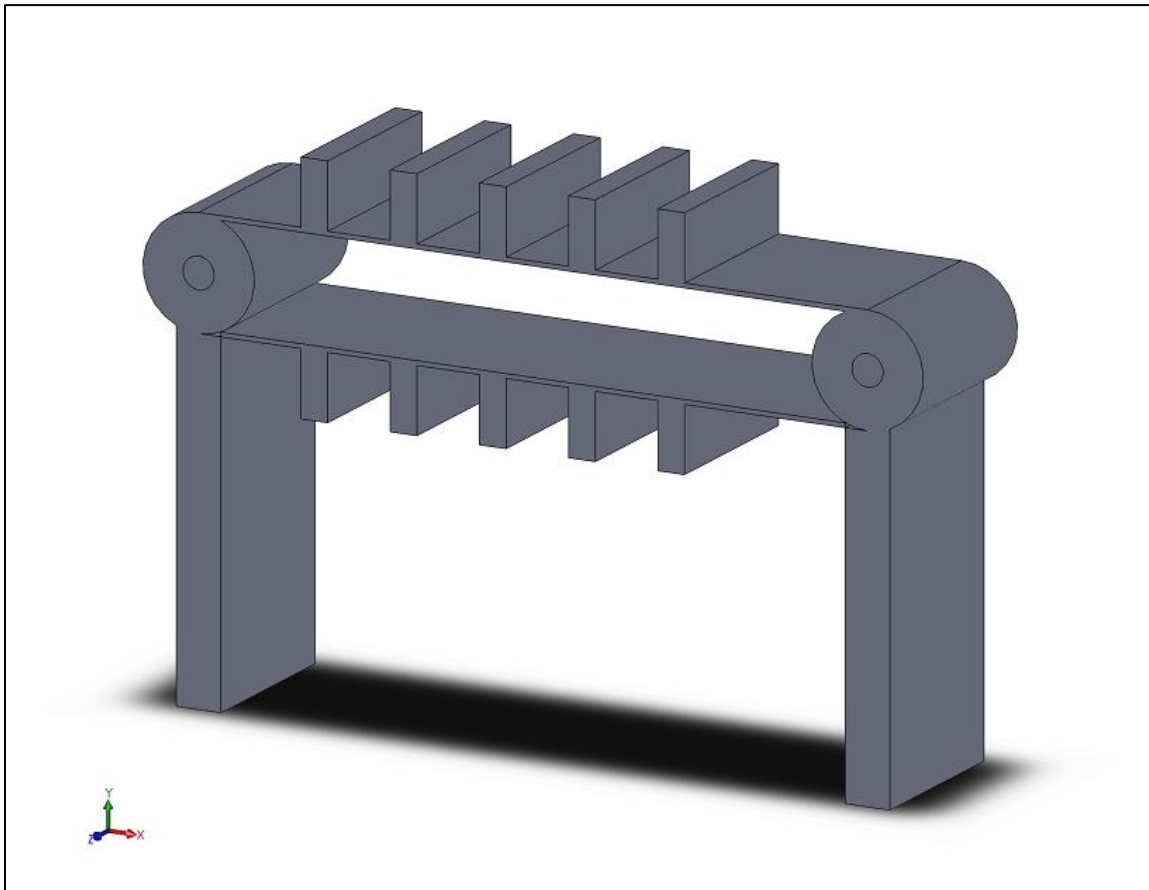


Ilustración 4-2

En la ilustración 4-2 podemos apreciar los detalles más relevantes de la banda transportadora a modo de boceto.

Es importante tomar en cuenta la separación de las barras que auxiliarán a evitar que los cilindros colisionen entre ellos al momento de ser transportados en la cinta, también los separadores ayudarán a evitar que los cilindros “rueden” fuera de la banda debido a la forma que causa que se muevan fácilmente en superficies planas. Estas barras pueden ser de madera, lo que minimiza costos y evita que la cinta se cargue en demasía perdiendo la rigidez necesaria para tener una tensión efectiva aceptable.

Diseño real de Banda transportadora de cilindros

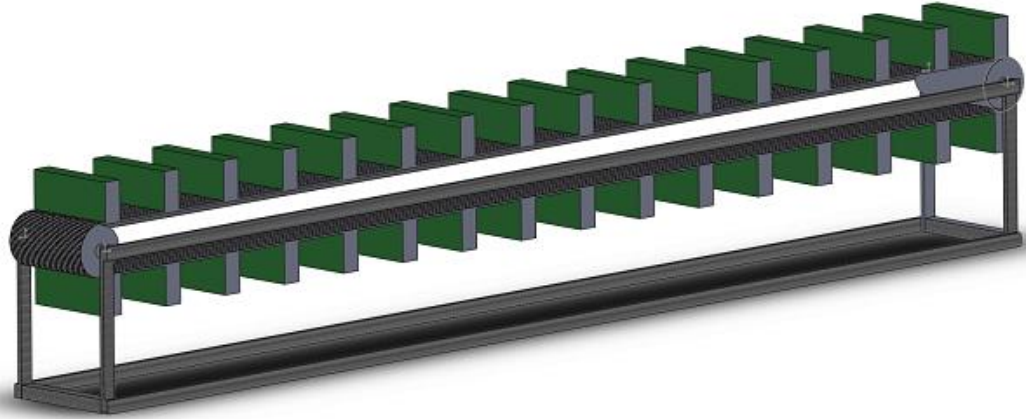


Ilustración 4-3

En la ilustración 4-3 podemos apreciar el diseño de la banda transportadora de cilindros, en una vista isométrica, con las dimensiones reales, soportes, separadores, tambores accionadores y conductores incluidos, se eligió un espacio entre separadores de 40 cm porque los cilindros miden 15 cm de diámetro, de esa forma podemos aprovechar la longitud completa de la banda para agilizar el transporte de las muestras.

La longitud total de la banda se definió en 6 metros con 100 cm para poder colocar el tambor accionador y el inducido, de tal forma que no robe espacio a la banda.

El ancho de la banda quedó establecido en 50 centímetros para que los cilindros tengan espacio para maniobras, ya que miden 30 cm de largo.

Vistas técnicas de la Banda Transportadora

Vista superior

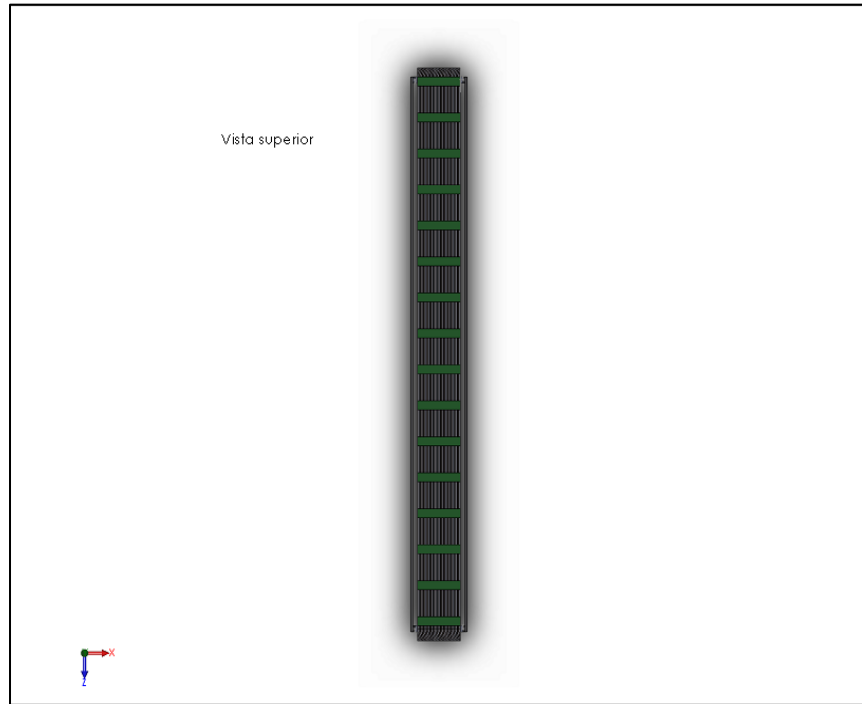


Ilustración 4-4

Vista lateral izquierda

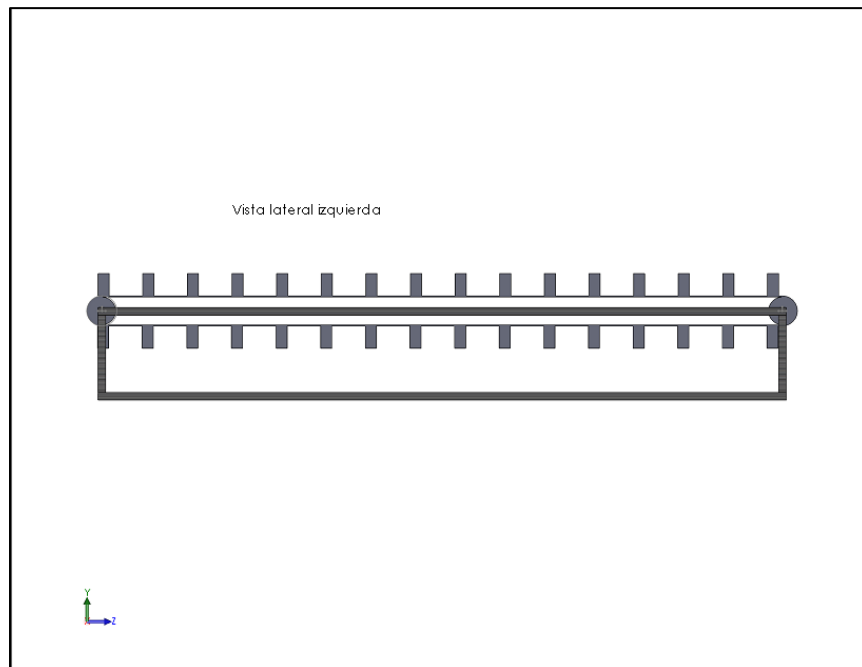


Ilustración 4-6

Vista Frontal

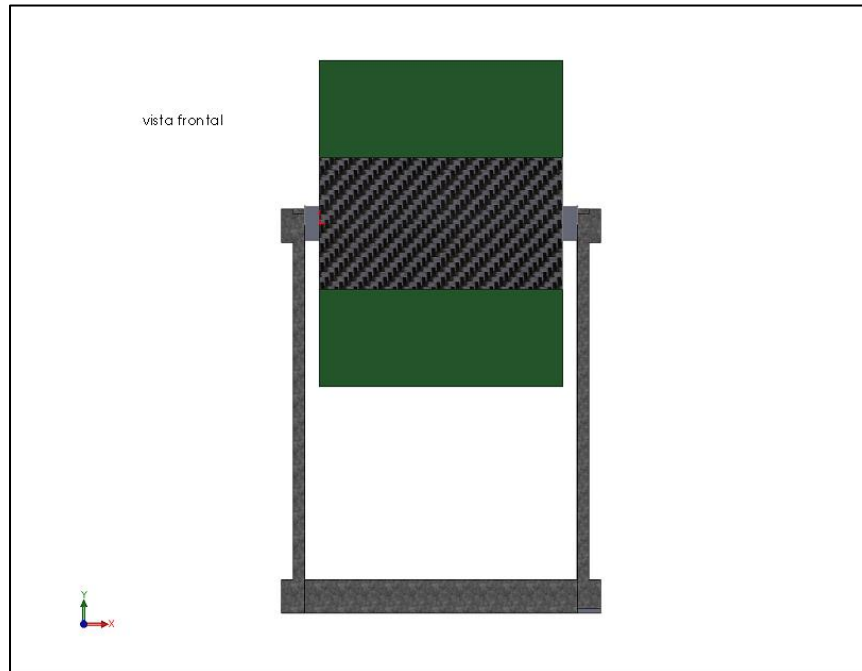


Ilustración 4-5

Vista isométrica con cilindros

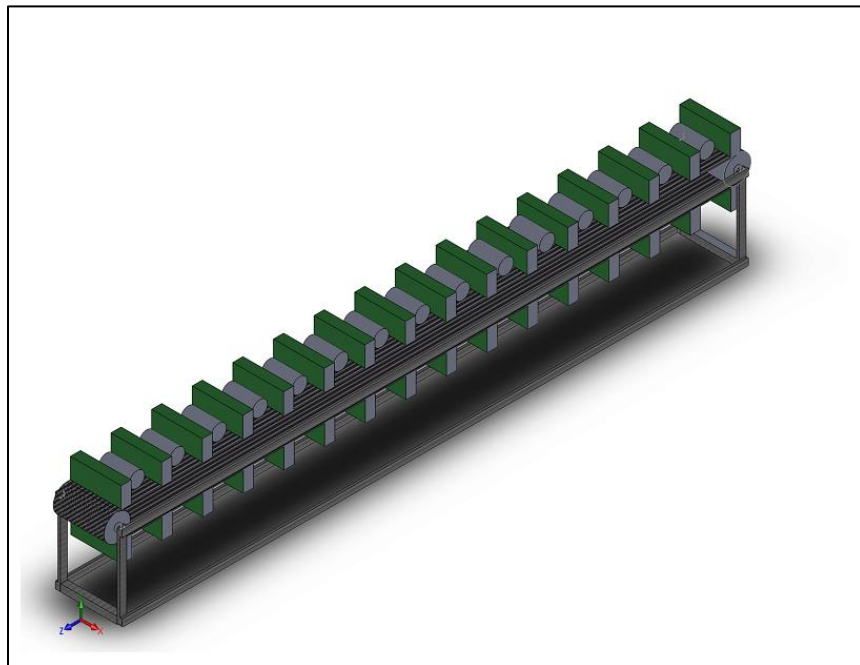


Ilustración 4-7|

Conclusión

La realización de este proyecto trajo consigo una investigación profunda en todo lo que conlleva el diseño de una cinta transportadora como tal, y todos los retos que esta lleva consigo, y uno de sus principales objetivos fue poner en práctica los conocimientos adquiridos en el área de diseño asistido por computadora a través del CAD SolidWorks.

Los conocimientos adquiridos en las materias de dibujo mecánico, dibujo asistido por computadora, entre otras, dieron la pauta necesaria para que este proyecto se realizara a cabalidad.

Entre los temas que más importancia tuvieron por el grado de utilidad, fueron las ecuaciones para determinar la tensión efectiva de la banda, la que determinó la velocidad, así como los diámetros de los rodillos, desarrollando las ecuaciones y comparando los resultados con las tablas estandarizadas para velocidades de una banda, diámetros de los rodillos, así como el espesor de esta, se concluyeron una serie de resultados, esperando el funcionamiento más apropiado.

Durante el proceso de toma de decisiones en el proyecto, se deben tomar en cuenta otros aspectos, que repercuten de igual manera que aspectos técnicos e ingenieriles, como el impacto ambiental, el costo beneficio, entre otras cosas.

El utilizar un manual para diseño, facilita ampliamente el trabajo del ingeniero, sin embargo, este debe tomarse como una guía, un punto de partida, para evitar que el proyecto se limite y al final sea más complicado desarrollar un diseño viable y funcional, el manual debe ayudar como un respaldo, sin limitar la capacidad de razonamiento del ingeniero ni su toma de decisiones, para desarrollar un mejor producto o servicio.

A lo largo del desarrollo de cualquier proyecto, nos podemos percatar de los beneficios, como de los inconvenientes que éstos traen consigo en el lugar donde queremos implementarlos, y pudiera resultar que un proyecto perfectamente viable en la teoría resulte muy poco útil en la práctica. En el caso de la implementación de una cinta transportadora para movilizar cilindros en un laboratorio de materiales, reduciría enormemente costos en mano de obra, que se puede utilizar en otras áreas, agilizaría el trabajo a todos los operarios, y se tendría un mejor control de las muestras que ingresan al laboratorio.

Hablando de los inconvenientes que este proyecto trae consigo, el espacio que representa instalar la banda es demasiado grande para un laboratorio, por lo que este proyecto solo puede ser implementado en laboratorios muy grandes, que

tengan una afluencia de muestras de cilindros, considerablemente importantes para que valga la pena, toda la inversión que representa la instalación de la cinta. Esto también afectaría el mercado en donde podemos ofertar nuestro producto, porque reduce la clientela considerablemente, y podríamos ofrecer el proyecto mayoritariamente laboratorios grandes.

A pesar de los inconvenientes que podría representar el desarrollo de una cinta transportadora en esta rama de la ingeniería, presenta beneficios específicos que hacen factible la realización del proyecto, tales como: incremento en la producción, mejora de tecnología, no alterar las muestras, es posible la carga y descarga en cualquier punto del recorrido, se adaptan a cualquier terreno, se pueden transportar, permiten el transporte de materiales a gran distancia, etc.

El diseño de una banda transportadora es bastante amplio, no se limita únicamente a determinar la velocidad de la banda, tensiones y potencia del motor, o a dibujar el modelo a través de cualquier CAD, sino que envuelve más elementos que convergen entre sí para desarrollar un prototipo que sea viable, funcional y económico.

Bibliografía

LÓPEZ ROA, Agustín. *Cintas transportadoras*, Ed: CIE inversiones editoriales dossat-2000, 383 p.

CONVEYOR BELT TECHNIQUE, *Desing and calculation*. Dunlop.

PIRELLY, *Manual de fabricación de bandas y rodillos transportadores* Willian-Ed. Mac Graw Hill. Madrid (España) 1992.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA. D. Jesús Gómez de las Heras, *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*; 1ª ed. Madrid: Ed. Inst. Geológico Y Minero España, 1995, 604 p.

RULMEKA, *Manual de cintas transportadoras*

Páginas de internet consultadas

<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes>

<http://www.servorecambios.com/motores/abb.shtml>

http://pdf.directindustry.es/pdf/esbelt/bandas-transportadoras/11685-76056-_20.html#

http://www.alenmultimedia.com/@demos/kauman/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Potencia_de_Accionamiento.pdf