

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**TESIS**

**INFLUENCIA DE LA IMPLEMENTACION DE FAJAS  
TRANSPORTADORAS PARA LA PRODUCCION DE HARINA  
DE TRIGO EN EL MOLINO “EL PINO S.R.L.”, MAJES -  
CAYLLOMA 2018**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**JEFERSON GIRALDO CANAZAS ESPIRILLA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO MECÁNICO**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2019**

Dedico este trabajo primeramente a Dios quien me da la fortaleza para continuar aún cuando estoy a punto de caer.

A mi madre quien es el motor que me impulsa a seguir adelante, por estar presente en todo momento, enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme.

A mi padre, por apoyarme y enseñarme a que no existe grandeza donde no hay sencillez, bondad y verdad.

A mi ángel de guarda, por guiarme y cuidarme en todo momento.

Sé que estas palabras no son suficientes para expresar mi agradecimiento, pero espero que con ellas, se den a entender mis más sinceros sentimientos de aprecio y amor.

A la Universidad Alas Peruanas, Filial Arequipa, por los conocimientos que me ha brindado hasta la culminación de mi carrera y por la oportunidad de realizar mi graduación de ingeniero.

A todos mis amigos, compañeros y maestros de la Universidad que formaron parte de mis estudios y aprendizajes, quienes siempre quedarán en mis recuerdos.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa “El Pino S.R.L.” de Majes en la Provincia de Caylloma en Arequipa, con el objetivo de determinar la influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo.

En cuanto a la metodología de investigación, es de campo de tipo no experimental de nivel explicativo y correlacional de enfoque transversal; se utilizó la técnica de análisis documental y se aplicó una encuesta de campo para el análisis de los resultados.

En síntesis, se puede ver que los resultados de la encuesta aplicada a los trabajadores demuestran que un alto porcentaje opina que sí es necesario implementar la faja transportadora para la producción de harina de trigo.

El trabajo de investigación en lo referente a la aplicación de la encuesta de campo de la variable dependiente o respuesta a los usuarios del distrito de Majes prueba las hipótesis nula con un nivel de significación del 5% y con g.l. del 1 y 3 en lo que dio como resultado de las pruebas de Chi-cuadrado aceptando las hipótesis nula y alterna.

**PALABRAS CLAVES:** Fajas transportadoras, harina, trigo y molino.

## **ABSTRACT**

The present research work was carried out at company “El Pino S.R.L.” of Majes in the Provincia de Caylloma in Arequipa, with the objective of determining the influence of the implementation of conveyor belts for the production of wheat flour.

As far as the methodology of investigation, is of field of non-experimental type of explanatory and correlational level of transversal approach; technique of documentary analysis were used and field survey was applied for the analysis of the results.

In summary, the results that we can obtain of the applied survey show us that the highest percentage agree that it is really necessary to implement the belt conveyor for the production of wheat flour.

The research work regarding the application of the field survey of the dependent variable or response to the users of the distrito de Majes test the null hypotheses with a level of significance of 5% and with g.l. of 1 and 3 in what it gave a result of the Chi-square tests accepting the null and the alternative hypotheses.

**KEYWORDS:** Belts conveyors, flour, wheat and mill.

## INTRODUCCIÓN

La tesis que presento lleva como título “Influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma 2018”.

Para lo cual, se ha propuesto como objetivo general:

- Determinar la influencia de las fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma 2018.

Y las hipótesis de trabajo:

- Es probable determinar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de grano de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.
- Es probable precisar la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”

La metodología de investigación es de campo de tipo no experimental, y según la finalidad es investigación aplicada. Por su carácter, es investigación de nivel explicativo y correlacional de enfoque transversal. Por su naturaleza, es investigación cuantitativa. Por el alcance temporal es transversal y es investigación orientada a la aplicación con el propósito de dar respuesta al problema y mejorar la capacidad e infraestructura de las fajas transportadoras de grano de trigo.

El capítulo I anuncia el planteamiento metodológico; se delimita el problema de investigación, se hace la denominación del problema, se formulan los objetivos y la hipótesis y se justifica la investigación.

El capítulo II, marco teórico, presenta los antecedentes en los cuales se hace un estudio previo y una referencia a la evolución de las cintas transportadoras.

El capítulo III, banda transportadora, analiza al detalle las principales características de la banda en forma teórica, de qué elementos consta, aspectos constructivos, etc. Estos detalles son necesarios tomar en cuenta para el cálculo matemático.

El capítulo IV alude los distintos procedimientos de cálculo que se realizó en el diseño del sistema transportador, desde los cálculos relacionados con el material a transportar, ancho

y velocidad de la cinta, hasta el diseño final en las que se detallan los tambores, rodillos y tipo de banda que se utiliza en el diseño.

En el capítulo V, se detalla la administración del proyecto de investigación donde se realizó una adecuada asignación de recursos a las tareas predeterminadas; también se hizo énfasis en el análisis financiero basado en el TIR y VAN, y en los anexos se presenta principalmente la matriz de consistencia, instrumentos utilizados y planos del proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii

### CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	1
1.1 Localización .....	1
1.2 Descripción de la realidad del problema.....	1
1.3 Delimitación de la investigación.....	2
1.3.1 Delimitación espacial .....	2
1.3.2 Delimitación social.....	3
1.3.3 Delimitación temporal.....	3
1.3.4 Delimitación conceptual.....	3
1.4 Problemas de investigación .....	3
1.4.1 Problema principal .....	3
1.4.2 Problemas específicos .....	3
1.5 Objetivos de la investigación.....	3
1.5.1 Objetivo general .....	3
1.5.2 Objetivos específicos .....	4
1.6 Hipótesis y variables de la investigación .....	4
1.6.1 Hipótesis de la investigación.....	4
1.6.2 Variables .....	4
1.6.3 Indicadores .....	4
1.7 Metodología de la investigación.....	5
1.7.1 Tipo y nivel de investigación .....	5
1.7.2 Método y diseño de la investigación .....	6
1.7.3 Población y muestra de la investigación .....	6
1.7.4 Técnica, instrumentos y fuentes de recolección de datos.....	7
1.7.5 Análisis de los datos recolectados.....	7
1.8 Justificación e importancia de la investigación.....	7
1.8.1 Justificación .....	7

1.8.2	Importancia .....	10
1.8.3	Limitaciones.....	10

## CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Antecedentes de la investigación.....	11
2.1.1 Ubicación geográfica .....	11
2.1.2 Limitaciones.....	12
2.1.3 Clima y zona de vida.....	12
2.1.4 Indicadores geográficos y población actual .....	12
2.1.5 Estudio de disponibilidad.....	13
2.2 Marco histórico.....	13
2.3 Bases Teóricas.....	14
2.3.1 Banda transportadora .....	14
2.3.2 Rodillos .....	16
2.3.3 Tambores.....	19
2.3.4 Tensores de banda.....	20
2.3.5 Reductores.....	21
2.3.6 Tipos de acero .....	25
2.4 Definición de términos básicos.....	26

## CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO .....	27
3.1 Introducción al proyecto.....	27
3.2 Procedimientos de análisis en el proyecto .....	28
3.2.1 Análisis de alternativas para el transporte.....	30
3.2.2 Selección del sistema de transporte adecuado.....	34

## CAPÍTULO IV

CÁLCULOS DE DISEÑO DEL PROYECTO.....	36
4.1 Teoría del proceso .....	36
4.2 Funcionamiento .....	37
4.2.1 Parámetros del material a transportar.....	37
4.3 Parámetros calculados .....	39
4.3.1 Capacidad requerida.....	39
4.3.2 Máxima capacidad de transporte.....	42
4.3.3 Fuerzas actuantes en la banda .....	44
4.3.4 Potencia necesaria en la banda.....	54

4.3.5	Tensiones implicadas en la banda .....	57
4.4	Elección de los elementos en la cinta transportadora.....	65
4.4.1	Elección del tipo de cinta .....	65
4.4.2	Elección de los rodillos superiores e inferiores.....	75
4.4.3	Elección de los tambores de carga y descarga .....	77
4.4.4	Obtención del diámetro mínimo del eje del tambor .....	80
4.4.5	Características de desempeño del reductor .....	88
4.4.6	Utilización de un sensor fotoeléctrico.....	94
4.4.7	Estructura de soporte.....	96
4.5	Puesta en marcha .....	99
4.5.1	Alineamiento de la banda.....	100
4.5.2	Ajuste del faldón de carga.....	101
4.5.3	Guía de problemas comunes .....	101
4.6	Mantenimiento .....	105
4.6.1	Reapriete de tornillos .....	109
4.6.2	Engrase de rodamientos .....	110
4.6.3	Sustitución de rodillos.....	111
4.6.4	Inspección de la banda .....	111
4.6.5	Revestimiento del tambor .....	112
4.6.6	Motor-reductor .....	113
4.7	Proceso industrial .....	114
4.8	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	116
4.8.1	Tablas y gráficas estadísticas .....	116
4.8.2	Contrastación de hipótesis.....	117
CAPÍTULO V		
ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....		121
5.1	Costo, presupuesto y asignación de recursos del proyecto .....	122
5.2	Cronograma de actividades .....	123
5.3	Análisis financiero.....	124
CONCLUSIONES .....		127
RECOMENDACIONES.....		129
BIBLIOGRAFÍA .....		130
ANEXOS .....		133

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Espigas de trigo.....	2
<i>Figura 2.</i> Ubicación geográfica del proyecto .....	12
<i>Figura 3.</i> Cinta transportadora de mitad del S.XIX. Deutsches-Museum, Múnich.....	14
<i>Figura 4.</i> Rodillo .....	17
<i>Figura 5.</i> Tipos de rodillos .....	18
<i>Figura 6.</i> Componentes de un tambor .....	19
<i>Figura 7.</i> Tensor de banda.....	20
<i>Figura 8.</i> Reductor suspendido.....	22
<i>Figura 9.</i> Reductor clásico.....	22
<i>Figura 10.</i> Mecanismo sinfín - corona.....	23
<i>Figura 11.</i> Reductor tornillo sinfín.....	24
<i>Figura 12.</i> Cinta transportadora en la industria alimentaria .....	28
<i>Figura 13.</i> Seguridad en cintas transportadoras (protección del tambor).....	29
<i>Figura 14.</i> Transportador con rodillos metálicos.....	30
<i>Figura 15.</i> Transportador de banda de caucho.....	33
<i>Figura 16.</i> Transportador de tornillo sinfín .....	34
<i>Figura 17.</i> Rodillo plano.....	43
<i>Figura 18.</i> Coeficiente C de fricción por longitud de banda .....	47
<i>Figura 19.</i> Tensión efectiva.....	57
<i>Figura 20.</i> Diagrama de tensiones .....	58
<i>Figura 21.</i> Tensiones que intervienen en la banda .....	63
<i>Figura 22.</i> Pandeo admisible en la banda.....	64
<i>Figura 23.</i> Carcasa con refuerzo de interior metálico.....	66
<i>Figura 24.</i> Estructura interna en una banda textil.....	67
<i>Figura 25.</i> Sensor fotoeléctrico .....	94
<i>Figura 26.</i> Diseño del soporte en SAP2000 .....	97
<i>Figura 27.</i> Tornillos.....	109
<i>Figura 28.</i> Engrase de rodamiento.....	110
<i>Figura 29.</i> Tipos de rodillos .....	111
<i>Figura 30.</i> Inspección en bandas .....	111
<i>Figura 31.</i> Carga inadecuada en la banda.....	112
<i>Figura 32.</i> Revestimiento del tambor motriz.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de los recubrimientos W, X, Y, Z.....	16
Tabla 2. Criterios de comparación .....	35
Tabla 3. Peso específico aparente en función del tipo de material .....	37
Tabla 4. Ángulo de reposo en función del tipo de material .....	38
Tabla 5. Abrasividad en función del tipo de material .....	39
Tabla 6. Ancho de la cinta recomendada .....	41
Tabla 7. Velocidades del cinturón máximo recomendadas.....	42
Tabla 8. Coeficiente de fricción (f) de las partes giratorias .....	46
Tabla 9. Espaciamiento entre rodillos recomendado .....	48
Tabla 10. Peso de la banda recomendado .....	49
Tabla 11. Peso del rodillo recomendado.....	50
Tabla 12. Factor de ajuste $K_1$ debido al tamaño de grano del material.....	51
Tabla 13. Eficiencia mecánica de equipos reductores de velocidad .....	56
Tabla 14. Coeficiente de fricción de tambor - banda.....	60
Tabla 15. Diámetro máximo del cordón en una banda metálica.....	66
Tabla 16. Letras identificativas de materiales.....	67
Tabla 17. Número de lonas y espesores para carcasa recomendados .....	70
Tabla 18. Número de lonas y espesores de carcasa en bandas textiles EP .....	71
Tabla 19. Espesores del recubrimiento superior de la banda .....	72
Tabla 20. Espesores del recubrimiento inferior de la banda .....	73
Tabla 21. Diámetros de rodillos recomendados.....	76
Tabla 22. Diámetros de tambores recomendados .....	79
Tabla 23. Distancia entre apoyos en los tambores .....	82
Tabla 24. Dimensiones de chavetas estándar DIN 6885.....	84
Tabla 25. Duración del servicio para diferentes tipos de máquinas.....	87
Tabla 26. Tipo de rodamiento rígido de bolas .....	88
Tabla 27. Número mínimo de dientes de la rueda dentada.....	89
Tabla 28. Límites del ángulo para la rueda dentada.....	89
Tabla 29. Número de dientes recomendados para la rueda dentada de avance .....	90
Tabla 30. Tipo de sensor fotoeléctrico.....	95
Tabla 31. Resultados para determinar el tipo de perfil del soporte.....	98
Tabla 32. Problemas comunes en una cinta transportadora .....	102
Tabla 33. Estrategia de mantenimiento.....	107

Tabla 34. Análisis e interpretación de resultados.....	116
Tabla 35. Frecuencia observada $H_{O1}$ .....	117
Tabla 36. Frecuencia esperada $H_{O1}$ .....	118
Tabla 37. Cálculo de $\chi^2$ (chi – cuadrado) $H_{O1}$ .....	118
Tabla 38. Frecuencia observada $H_{O2}$ .....	119
Tabla 39. Frecuencia esperada $H_{O2}$ .....	119
Tabla 40. Cálculo de $\chi^2$ (chi – cuadrado) $H_{O2}$ .....	120
Tabla 41. Desempeño del trabajo vinculado con las fajas transportadoras.....	136
Tabla 42. Aceptación de la importancia de las fajas transportadoras .....	137
Tabla 43. Sabe si actualmente existe un proyecto de ampliación para las fajas transportadoras....	138
Tabla 44. Las veces que ha tenido experiencia en el manejo de fajas transportadoras.....	139
Tabla 45. Considera necesario implementar las fajas transportadoras.....	140
Tabla 46. La ampliación de fajas transportadoras aumentará la producción .....	141
Tabla 47. Mejora de la eficacia en su trabajo con la ampliación de fajas transportadoras .....	142
Tabla 48. Conoce los mecanismos de revisión periódica para las fajas transportadoras .....	143
Tabla 49. Ante una falla mecánica en las fajas transportadoras Ud. podrá reparar .....	144
Tabla 50. La empresa tiene la capacidad e infraestructura para la implementación .....	145

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1 Localización

La localización del proyecto se determina por los siguientes parámetros geográficos o geodésicos:

- Longitud:  $072^{\circ}17'46.93''$
- Latitud:  $S16^{\circ}21'10.01''$
- Ubicación: El proyecto se encuentra ubicado dentro de la localidad El Pedregal, provincia de Caylloma, distrito de Majes a 1 250 m.s.n.m.; zona en la cual está colindando con las parcelas C1, E6 y E7.

### 1.2 Descripción de la realidad del problema

Para los procesos industriales que incluyen líneas de ensamble o de traslado de material en sus líneas de producción, es indispensable el uso de bandas transportadoras. Estas pueden presentar diferentes configuraciones y características; por ejemplo, según el tipo de producto a transportar, grado de modernización de las instalaciones y disponibilidad de recursos económicos influirán en el nivel de producción de la empresa.

Normalmente, estos medios de transportes se convierten en el eje de una empresa para poder distribuir su material desde un lugar a otro, en este caso el grano de trigo.

*Figura 1.* Espigas de trigo



*Fuente:* Félix Ramos Gamiño “Los cereales que alimentan al mundo”

Existe una serie de dificultades en la selección de cada uno de los componentes, tanto mecánicos como en la parte del control a utilizar en una banda transportadora. Debido a los múltiples usos que este medio de transmisión tiene, es necesario tener en cuenta la exigencia a los que están sometidos cada uno de sus elementos, por lo cual se requiere conocer una forma adecuada para su diseño con el fin que la banda tenga una vida útil prolongada y para que su forma de control sea la más eficaz en su entorno de producción.

### **1.3 Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1 Delimitación espacial**

La investigación se realizó en el molino “El Pino S.R.L.” ubicado en el distrito de Majes, provincia de Caylloma en la región de Arequipa.

### 1.3.2 Delimitación social

El estudio de investigación de las fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.” beneficia en la producción y a la población del distrito de Majes que hace uso del molino.

### 1.3.3 Delimitación temporal

La investigación y el diseño se realizó dentro de los meses de mayo – octubre del año 2018; tiempo acordado con el representante de la empresa.

### 1.3.4 Delimitación conceptual

Las delimitaciones del proyecto son mínimas ya que se cuenta con información suficiente para su realización; el marco conceptual del presente proyecto es sumamente grande y muy diversificado en sus diferentes ámbitos.

## **1.4 Problemas de investigación**

### 1.4.1 Problema principal

- ¿Cómo es la influencia de las fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma 2018?

### 1.4.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la importancia de fajas transportadoras en el molino “El Pino S.R.L.”?
- ¿Cómo es la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”?

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### 1.5.1 Objetivo general

- Determinar la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma 2018.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Especificar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.
- Precisar la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.

## 1.6 Hipótesis y variables de la investigación

### 1.6.1 Hipótesis de la investigación

#### 1.6.1.1 *General*

- Influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes – Caylloma.

#### 1.6.1.2 *Específicos*

- Es probable determinar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.
- Es probable precisar la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.

### 1.6.2 Variables

#### 1.6.2.1 *Variable independiente*

Variable independiente (X)

Influencia de la implementación de fajas transportadoras.

#### 1.6.2.2 *Variable dependiente*

Variable dependiente (Y)

Producción de harina de trigo.

### 1.6.3 Indicadores

#### 1.6.3.1 *Indicador independiente*

- Diseño de fajas transportadoras.

- Realizar los pasos necesarios para la selección de una faja transportadora.
- Determinar los componentes de fabricación.

#### 1.6.3.2 *Indicador dependiente*

- Determinar la necesidad en el proceso de producción de una faja transportadora.

## 1.7 Metodología de la investigación

### 1.7.1 Tipo y nivel de investigación

#### 1.7.1.1 *Tipo de investigación*

*No experimental:* La investigación no experimental es la que no manipula deliberadamente las variables a estudiar. Lo que hace este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto actual, para después analizarlo. En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes. Existen diferentes criterios para clasificar la investigación no experimental, adoptaremos la dimensión temporal, es decir de acuerdo con el número de momentos o puntos en el tiempo en los cuales se recolectan los datos (Cortes Cortes & Iglesias Leon, 2004, pág. 27).

#### 1.7.1.2 *Nivel de investigación*

Correlacional - Explicativo.

*Correlacional:* El estudio correlacional tiene como propósito evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables.

En el caso de estudios correlacionales cuantitativos se mide el grado de relación entre dos o más variables que intervienen en el estudio para luego medir y analizar esas correlaciones y evaluar sus resultados (Cortes Cortes & Iglesias Leon, 2004, pág. 21).

*Explicativo:* Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos, están dirigidos a responder a las causas de los eventos, sucesos y fenómenos físicos o sociales (Cortes Cortes & Iglesias Leon, 2004, pág. 21).

## 1.7.2 Método y diseño de la investigación

### 1.7.2.1 Método de la investigación

Cuantitativo.

Cuantitativo: Toma como centro de su proceso de investigación a las mediciones numéricas, utiliza la observación del proceso en forma de recolección de datos y los analiza para llegar a responder sus preguntas de investigación o conceptualiza el problema. Utiliza la recolección, la medición de parámetros, la obtención de frecuencias y estadígrafos de la población que investiga para llegar a probar las hipótesis establecidas previamente (Cortes Cortes & Iglesias Leon, 2004, pág. 10).

### 1.7.2.2 Diseño de la investigación

$$M = \frac{O_x \cdot O_y}{r}$$

Donde:

$O_x$  = Es la variable independiente (Influencia de la implementación de fajas transportadoras).

$O_y$  = Es la variable dependiente (Producción de harina de trigo).

$r$  = Es la correlación entre variables.

## 1.7.3 Población y muestra de la investigación

### 1.7.3.1 Población de la investigación

850 pobladores que van al molino “El Pino S.R.L.” a beneficiarse de sus servicios.

### 1.7.3.2 Muestra de la investigación

Conformado por 85 entre hombres y mujeres de todo tipo de edad que viven en el distrito de Majes que pertenece a la provincia de Caylloma de la región Arequipa.

#### 1.7.4 Técnica, instrumentos y fuentes de recolección de datos

##### 1.7.4.1 Técnicas

- Encuesta, para la variable independiente.
- Encuesta, para la variable dependiente.

##### 1.7.4.2 Instrumentos

- Cuestionario, para la variable independiente.
- Cuestionario, para la variable dependiente.

##### 1.7.4.3 Fuentes de recolección de datos

- Sistemas informáticos: Internet.
- Sistemas bibliográficos: Cálculos analíticos y normativos, se hace referencia en el capítulo IV.
- Literatura especializada de cálculos de elementos de máquinas relacionada al proyecto.

#### 1.7.5 Análisis de los datos recolectados

Se ubica las variables correspondientes para los cálculos de los elementos para el transporte de grano de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”; además, se consideran las relaciones entre factores de velocidad, desgaste por rozamiento, impacto y fricción, cuadros comparativos, gráficas, entrevistas y encuestas a los trabajadores y personal conexo relacionado al manejo y control de sistemas de transporte en el cual se evidencia las fortalezas y debilidades de los mismos, conclusiones y recomendaciones que se hace mención en el capítulo IV.

### **1.8 Justificación e importancia de la investigación**

#### 1.8.1 Justificación

En la actualidad, todo proceso de manufactura destinado a la producción de bienes está compuesto de dos procesos parciales íntimamente relacionados, la elaboración de

los bienes y el transporte o movimiento de los mismos. El proceso de transporte de materiales es una de las tareas fundamentales dentro del proceso productivo y es un factor determinante en la rentabilidad de la actividad en cuestión; por lo tanto, está plenamente justificado y es un aspecto relevante en el desarrollo de la economía nacional.

#### *1.8.1.1 Justificación teórica*

El proyecto de investigación es de actualidad en el distrito de Majes que está a más de 1 200 m.s.n.m. con una población de 62 335 hab. No existen molinos con un diseño de fajas adecuado; por esta razón, el tema de estudio es novedoso y no se ha encontrado un estudio de investigación igual al que se está presentando.

El proyecto de investigación es factible porque el investigador cuenta con los recursos humanos y financieros para realizar el proyecto, además de la facilidad de acceso a la información requerida.

El estudio de investigación es de tipo no experimental y según el ámbito de estudio es de campo de nivel correlacional y está ubicada dentro de las líneas específicas de investigación de la ingeniería mecánica, de ahí la factibilidad de ser estudiado en el área específica. Dentro del aporte práctico, va a proponerse un nuevo sistema de fajas transportadoras de trigo para aumentar la producción y mejorar la calidad de vida de los pobladores de la provincia de Caylloma; pues en estos últimos años ha aumentado según el último censo (INEI).

El interés del investigador es proponer alternativas viables y funcionales para resolver el problema en mención; así conseguir el desarrollo de la tesis y obtener el título de ingeniero mecánico según los protocolos de la Universidad Alas Peruanas Filial Arequipa.

#### *1.8.1.2 Justificación real*

La influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.” resulta importante porque aumentará la producción y mejorará la alimentación y calidad de vida de los pobladores de la provincia de Caylloma.

#### *1.8.1.3 Justificación ambiental*

Las bandas transportadoras accionadas electromecánicamente no causan un impacto sonoro el cual no rebasa los límites de la potencia sonora permitida; una importante característica que cumple con las normas de seguridad industrial. Las bandas son cubiertas para cerciorarse que el aire se mantenga limpio. Puede ser no visible por razones de funcionalidad, ruido o estética. Los elementos constructivos de los sistemas de transporte son fácilmente reciclables, excepto los materiales sintéticos.

#### *1.8.1.4 Justificación económica*

Dentro del proceso de manufactura, el transporte de materiales o bienes representa un determinado porcentaje de los costos totales de la producción, y debido a que la finalidad inherente del proceso de transporte es el cambio de los materiales, mas no el producir valores útiles, la inversión realizada por concepto de transporte y elevación de bienes es considerada dentro de los gastos de la producción; de acuerdo a las condiciones de desarrollo de la economía, se tiene que en los países industrializados entre el 40% y el 50% del costo total del producto corresponde a gastos por concepto de transporte de materiales.

Por esta razón, desde el punto de vista económico y rentable, la selección adecuada del tipo de transporte a emplear en un proceso productivo es crítica e índice directamente en la productividad de la empresa.

#### *1.8.1.5 Justificación legal*

Las normas técnicas responsables en el buen desempeño de sistemas de transporte de materiales están regidos por las siguientes pautas:

Según el Decreto Supremo N° 015- 2008-MTC, publicado en el diario oficial El Peruano con fecha 04 de abril de 2008, se aprobaron los lineamientos técnicos para el uso de fajas transportadoras herméticas. Asimismo, dichos lineamientos fueron modificados a través del Decreto Supremo N°029-2008-MTC (EL PERUANO, 2008).

Que la principal finalidad de los lineamientos técnicos para el uso de fajas transportadoras herméticas de gráneles sólidos, fue la de establecer un mecanismo que permita que la problemática ambiental tenga una adecuada gestión dentro del sistema

de transporte nacional, sin hacer distinción entre gráneles que generen un alto grado de contaminación respecto a otros que podrían generar un menor impacto.

Según la resolución ministerial N° 491-2016/MINSA, 13 de julio del 2016. Ley general de salud establecen que la producción y comercio de alimentos y bebidas destinados al consumo humano están sujetas a vigilancia higiénica y sanitaria, en protección de la salud, y que un alimento es legalmente apto para el consumo humano cuando cumple con las características establecidas por las normas sanitarias y de calidad aprobadas por la autoridad de salud de nivel nacional respectivamente (EL PERUANO, 2016).

### 1.8.2 Importancia

Es importante porque interactúa con el desarrollo económico social del país.

### 1.8.3 Limitaciones

Las limitaciones en este ámbito han sido leves ya que el método cuantitativo es muy eficiente en la determinación de la problemática.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Existen muchas empresas que en alguna etapa de sus proyectos necesitan un sistema de transporte para trasladar algún tipo de material desde un lugar a otro, estos procesos los realizaron de manera ineficiente generando un proceso de producción con un nivel insuficiente porque no eran exigentes en los estándares de calidad de transporte. En la actualidad, con la demanda en los niveles de producción, es necesario la implementación de equipos para el desarrollo de este tipo de proceso en la industria, para poder alcanzar un aumento en la calidad de transporte, producción; así, reducir los costos y generar más estabilidad en las empresas.

##### **2.1.1 Ubicación geográfica**

El molino “El Pino S.R.L.” se encuentra ubicado dentro de la localidad de El Pedregal, distrito de Majes, provincia de Caylloma a 1 200 m.s.n.m.; zona que colinda con las parcelas C1, E6 y E7. La parcela en cuestión o la que hace referencia localizacional de nuestro proyecto es la parcela C2.

**Figura 2.** Ubicación geográfica del proyecto



*Fuente:* <https://www.google.com.pe/maps/@-16.4153923,-71.4714928,15z?hl=es-419>

### 2.1.2 Limitaciones

El acceso o acopio de la información para llevar adelante la investigación para la instalación del sistema de transporte en la agroindustria, la limitación principal fue determinar la ubicación más adecuada para la planta y que cumpla las características aceptables para su funcionamiento.

### 2.1.3 Clima y zona de vida

Las pampas de Majes presentan un clima desértico, las temperaturas redonde valores promedios mensuales de 19°C. La temperatura máxima promedio es de 26°C y la mínima, 12.1°C.

El modus vivendi de los habitantes de majes es muy peculiar ya que su actividad económica principal es la agroindustria, leche Gloria, ganadería y el comercio formal e informal. Todo esto determina el modo de vida de los habitantes y del proyecto en cuestión.

### 2.1.4 Indicadores geográficos y población actual

- Nivel geográfico: Es una llanura o planicie costera ubicada sobre un tablazo continental, con un ancho aproximado de 45 km. Disertada por varias quebradas de profundidad, ancho y longitud variables.
- Nivel de población: 62 335 habitantes, aproximadamente.

### 2.1.5 Estudio de disponibilidad

La disponibilidad del producto es alta ya que los parámetros ambientales de la localidad son las más recomendables según la normativa de preservación de alimentos. El clima del distrito de majes es relativamente seco y este indicador es lo más favorable para cumplir las especificaciones que requiere el consumidor o cliente. Además, la disponibilidad y aprovechamiento del transporte de carga es abundante.

## 2.2 Marco histórico

Las primeras cintas transportadoras que se conocieron fueron empleadas para el transporte de carbón y materiales de la industria minera. El transporte de material mediante cintas transportadoras, data de aproximadamente el año 1795. La mayoría de estas tempranas instalaciones se realizaban sobre terrenos relativamente planos, así como en cortas distancias.

El primer sistema de cinta transportadora era muy primitivo y consistía en una cinta de cuero, lona o cinta de goma que se deslizaba por una tabla de madera plana o cóncava. Este tipo de sistema no fue calificado como exitoso, pero proporcionó un incentivo a los ingenieros para considerar los transportadores como un rápido, económico y seguro método para mover grandes volúmenes de material de un lugar a otro.

Durante los años 20, las instalaciones de la compañía H. C. Frick, demostraron que los transportadores de cinta podían trabajar sin ningún problema en largas distancias. Estas instalaciones se realizaron bajo tierra, desde una mina recorriendo casi 8 kilómetros. La cinta transportadora consistía de múltiples pliegues de algodón de pato recubierta de goma natural, que eran los únicos materiales utilizados en esos tiempos para su fabricación. En 1913, Henry Ford introdujo la cadena de montaje basada en cintas transportadoras en las fábricas de producción de la Ford Motor Company (Anónimo, Historia de cinta transportadora, 2016).

Durante la Segunda Guerra Mundial, los componentes naturales de los transportadores se volvieron muy escasos, permitiendo que la industria de goma se volcara en crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales.

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de las bandas transportadoras.

**Figura 3.** Cinta transportadora de mitad del S.XIX. Deutsches-Museum, Múnich



*Fuente:* <http://ricardodarioprime.blogspot.com/2009/02/una-de-las-primeras-cintas.html>

## 2.3 Bases Teóricas

### 2.3.1 Banda transportadora

Puede decirse que la cinta transportadora es el elemento más importante de una banda, el porcentaje de su costo respecto al costo total puede llegar a representar hasta el 60%. La cinta transportadora consiste en un tejido de alambre o textil (armadura o carcasa) que es la encargada de absorber las fuerzas de tracción generadas. Para lograr la unión de muchas capas de tejido y para la protección contra daños mecánicos y humedad, los tejidos textiles, en la mayoría de los casos son vulcanizados con una capa de goma o plástico. A consecuencia de su íntima unión, los alargamientos son iguales en la carcasa y en los recubrimientos, y puesto que las tensiones específicas son proporcionales a los módulos de elasticidad, la armadura soporta prácticamente todo el

esfuerzo, al ser pequeño el módulo de elasticidad de la goma respecto al del textil o alambre, los cálculos, por tanto, se hacen sobre esta base, despreciándose la resistencia de la goma. La banda, además de soportar los esfuerzos dirigidos según su eje longitudinal, debe soportar los esfuerzos transversales, debido a la forma de artesa, los impactos en la zona de carga, la acción erosiva de los materiales, así como su acción química en algunos casos. También debe soportar la acción de los agentes atmosféricos (Ingmoralesuabc, 2012).

### **Clasificación del tipo de banda**

La selección de la banda se realiza por las siguientes disposiciones:

Tipo de tejido

- Algodón
- Tejidos sintéticos
- Cables de acero

Disposición del tejido

- Múltiples telas o capas
- Tejido sólido

Aspecto de la superficie portante en la zona de carga

- Lisas
- Rugosas
- Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados

### **Estructura de la banda**

Para resistir de manera adecuada todas las cargas y esfuerzos, la banda está conformada por dos componentes básicos:

- El tejido o carcasa: Es la encargada de transmitir los esfuerzos.
- Los recubrimientos: Soportan los impactos y erosiones.

- Tejido o carcasa

Los tejidos empleados en la actualidad son:

Nombre	Codificación
Algodón	B
Rayón	Z
Poliéster	E
Poliamida	P
Cables de acero	St

- Recubrimientos

Los recubrimientos más utilizados son de goma los cuales se usan para unir los elementos de la carcasa el cual consta de dos partes, recubrimiento superior e inferior.

La goma es un elemento básico en los recubrimientos; se consideran las propiedades mecánicas de abrasión, resistencia y alargamiento. Las Normas DIN 22102 y 221314, han establecido las categorías W, X, Y, Z, como se observan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Propiedades de los recubrimientos W, X, Y, Z*

Letra distintiva	Rotura N/mm <sup>2</sup>	Alarg. Rotura (%)	Abrasión (mm <sup>3</sup> )
W	18	400	90
X	25	450	120
Y	20	400	150
Z	15	350	250

*Fuente:* <http://www.monografias.com/trabajos58/diseño-cintas-transportadoras>

### 2.3.2 Rodillos

Los rodillos son uno de los principales elementos en una banda transportadora, y de su calidad depende el buen desempeño de la misma. Se tiene que considerar un giro

adecuado para que estos elementos ya mencionados funcionen óptimamente; si este es defectuoso, aumentará la fricción, por ende, el consumo de energía también ocasionará desgastes en los recubrimientos de la banda, por lo tanto, ocasionará la reducción de vida de estos elementos.

**Figura 4.** Rodillo



**Fuente:** <http://transportadoresymaquinadostoro.com/rodillos/>

### **Funciones**

Las principales son:

Soportar la banda y el material transportado en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal inferior en la etapa de retorno; los rodillos superiores situados en la zona de carga, deben soportar el impacto ocasionado al momento de la carga del material.

Son los encargados del centrado de la banda, ya que se encuentra sometida a fuerzas que causan el descentrado de la posición ideal. El centrado se logra por la distribución adecuada de los rodillos superiores y de retorno.

Contribuyen con la limpieza, para facilitar el desprendimiento del material transportado, es por eso que se debe utilizar rodillos autolimpiadores (con discos de goma).

## Tipos de rodillos

Rodillos de alineación: Se usan para alinear la banda dentro de la instalación.

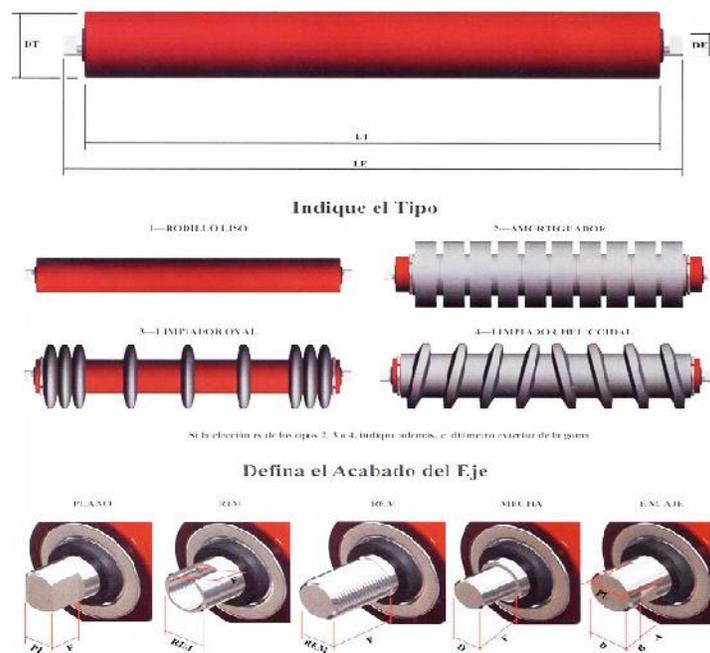
Rodillos de impacto: Son los encargados de absorber los golpes provocados en la zona de carga ya que presentan recubrimientos de goma.

Rodillos de retorno: Están conformados por discos de goma.

Rodillo cilíndrico: Tienen la superficie exterior lisa; los más empleados son aquellos que presentan tubos de acero.

Rodillo cilíndrico con aros de goma: Son utilizados para absorber impactos considerables en las zonas de carga, ocasionados por el material transportado.

**Figura 5.** Tipos de rodillos



**Fuente:** <http://bandasnavarban.com/rodillos.html>

### 2.3.3 Tambores

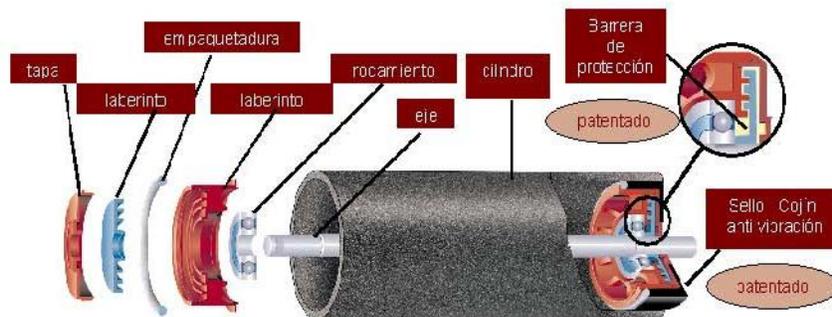
Los tambores constan de un eje de acero, presentan un envolvente de acero suave y de discos, este último puede ser de acero suave o acero moldeado.

El diámetro del tambor tendrá relación con el tipo de banda a utilizar, el espesor de la cinta transportadora dependerá de la tensión máxima producida en la banda. Entonces, el diámetro exterior depende de la tensión actuante en la banda.

#### Principales componentes

- Envolvente cilíndrica y discos laterales, formando un solo cuerpo.
- Eje.
- Elementos de unión.
- Recubrimiento.

*Figura 6.* Componentes de un tambor



*Fuente:* <http://www.monografias.com/trabajos58/diseño-cintas-transportadoras2.shtml>

#### Tipos de tambores y funciones que realizan

Estos pueden ser:

- Tambores motrices: Son los encargados de transmitir movimiento a la banda debido a la fuerza tangencial que se provoca en dicho componente.

- Tambores no motrices: Son los responsables del cambio de trayectoria en la banda, según sea el caso pueden ser de tensores, reenvío, presión y desvío.

### Según la magnitud de la tensión

Tambores tipo A: Cuando se origina alta tensión en la banda, el ángulo de contacto tiene que ser mayor de  $30^\circ$  (Tambores motrices).

Tambores tipo B: Se utiliza en zonas donde exista baja tensión con un ángulo de contacto mayor de  $30^\circ$  (Tambores de cola).

Tambores tipo C: Este tipo el ángulo de contacto es menor de  $30^\circ$  (Tambores de desvío).

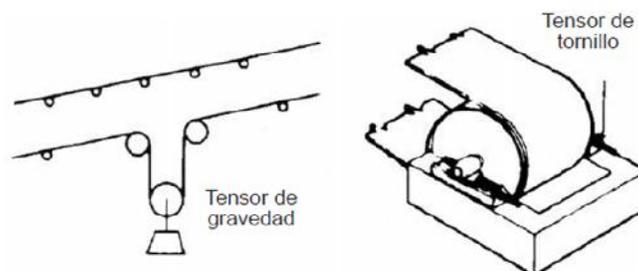
## 2.3.4 Tensores de banda

### Funciones principales

Los mecanismos de tensado cumplen las siguientes funciones:

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

*Figura 7.* Tensor de banda



*Fuente:* Manual de ingeniería “Bandas transportadoras”, Contitech

## **Tipos de tensores**

Se clasifican según:

*Su forma constructiva:*

- Lazo sencillo
- Lazo múltiple

*La forma de aplicar la fuerza tensora:*

- Automática
- Fija

*Debido al equipo mecánico que ejerce la fuerza:*

- Gravedad husillo
- Cabrestante manual fijo
- Cabrestante eléctrico fijo
- Cabrestante eléctrico automático

*La situación de tensado en el equipo:*

- En cabeza
- En cola

### **2.3.5 Reductores**

**Reductores suspendidos:** Son de montaje flotante.

Esta disposición presenta la ventaja de precisar un espacio reducido, suprimiendo la alineación entre el tambor y reductor; el inconveniente es el de tener que desmontar el conjunto cuando se tiene que sustituir el tambor.

**Figura 8.** Reductor suspendido



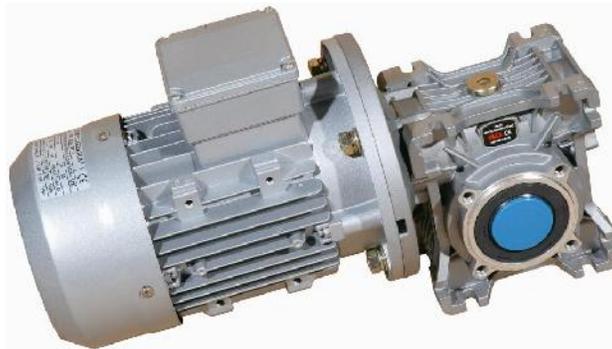
*Fuente:* <http://rubensosamarin.blogspot.com/>

### **Reductores clásicos**

Son empleados en grandes instalaciones. La reducción planetaria presenta ventajas en espacios reducidos.

Presenta una disposición con acoplamiento de dientes mecanizados, la cual permite, una intervención óptima sobre el grupo de marcha.

**Figura 9.** Reductor clásico



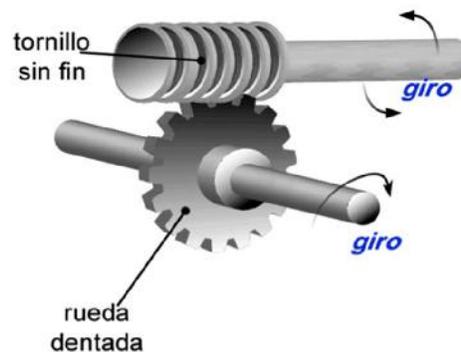
*Fuente:* [https://cynthia2010.files.wordpress.com/2010/05/moto\\_reductor1.jpg](https://cynthia2010.files.wordpress.com/2010/05/moto_reductor1.jpg)

## Tornillo sinfín

Uno de los principales y más usados mecanismos de transmisión en cualquier proyecto mecánico. El sinfín actúa como un elemento motriz o de entrada que destaca por su sencillo funcionamiento y ganancia mecánica. Los tornillos sinfín engranan en una corona de tal forma que, por cada vuelta completa del tornillo, el engranaje gira un diente. Por lo tanto, para el giro completo del engranaje se necesitarían tantas vueltas como dientes tenga el engranaje en cuestión (CLR, s.f.).

Los sinfines se usan para transmitir fuerza y movimiento entre dos ejes perpendiculares o a  $90^\circ$ .

**Figura 10.** Mecanismo sinfín - corona



*Fuente:* Jesús Lozano Monge y Francisco J. Soria López en "Mecanismos"

Características de los tornillos sinfín:

- Se pueden conseguir grandes reducciones en espacios reducidos, ya que su relación de transmisión es muy baja.
- Se puede conseguir realizar mecanismos irreversibles, es decir, no permiten el giro forzado en uno de los sentidos.
- Permiten rotar la dirección de salida del eje.
- Como punto negativo, los mecanismos con tornillo sinfín tienen una gran pérdida de rendimiento, ya que generan bastantes pérdidas de energía por calor.

- Unas de las aplicaciones del tornillo sinfín son los reductores de velocidad.

#### Reductores de velocidad

El reductor tipo sinfín corona o de  $90^\circ$  tienen gran presencia en diferentes aplicaciones industriales debido a que ofrecen importantes ratios de reducción en poco espacio. Por otro lado, la transmisión del movimiento se hace a  $90^\circ$ , lo que permite realizar la transmisión en un ángulo recto.

Como desventaja, los reductores de engranaje tornillo sinfín están sometidos a una mayor fricción por su deslizamiento lo que provoca altas temperaturas de operación y mayores gastos energéticos.

**Figura 11.** Reductor tornillo sinfín



**Fuente:** <http://www.directindustry.es/prod/hydromec/product-38532-464914.html>

Hablando de los tipos de tornillos sinfín, podemos destacar algunos como los tornillos sinfín de hélice helicoidal, seccional; paletas, palas, diámetro escalonado o paso largo, entre otros.

#### Relación entre tornillo sinfín y rueda dentada:

Hay 3 aspectos fundamentales para la correcta relación entre los dos componentes de una transmisión sinfín-corona:

- La relación de transmisión.

- El ángulo de hélice.
- Distancia entre centros.

### **2.3.6 Tipos de acero**

Este sistema de clasificación de los aceros considera como base la composición química de los aceros, los que a su vez, podrían ser considerados en los siguientes subgrupos:

#### **Aceros al Carbono**

Son aceros en los que está presente el Carbono y los elementos residuales, como el Manganeso, Silicio, Fósforo y Azufre, la cantidad de Carbono de estos aceros varía entre 0,15% a 0,40%, en cantidades consideradas como normales.

Características de este tipo de aceros, son las siguientes:

- Ductilidad y homogeneidad.
- Valor elevado de la relación resistencia mecánica/límite de fluencia.
- Soldabilidad.
- Apto para ser cortado por llama, sin endurecimiento.
- Resistencia a la corrosión, razonable.

En las estructuras, los perfiles de acero al Carbono utilizados son los más diversos, sobresaliendo los siguientes: barras redondas, cuadradas, hexagonales, planas, ángulos, canales, perfiles doble T, etc.

#### **Aceros de baja aleación**

Los elementos residuales están presentes arriba de cantidades normales, o donde están presentes nuevos elementos aleantes, cuya cantidad total no sobrepasa un valor determinado (normalmente un 3,0 al 3,5%).

### **Aceros de alta aleación**

Son aquellos aceros en que la cantidad total de elementos aleantes se encuentran, en el mínimo, de un 10 a 12%. En estas condiciones, no solo la microestructura de los aceros correspondientes puede ser profundamente alterada.

### **Aceros de media aleación**

Son aquellos aceros que pueden ser considerados un grupo intermedio entre los dos anteriores.

## **2.4 Definición de términos básicos**

**Implementación:** Es la ejecución de la puesta en marcha de una idea programada, ya sea de una aplicación informática, un plan, modelo científico u/o diseño específico.

**Cinta transportadora:** Es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores y un grupo de rodillos.

**Grano de trigo:** El trigo es el nombre que se le da a aquella planta perteneciente a la familia de las gramíneas y que dispone de espigas terminales que están conformadas por tres o más carreras de granos, a partir de los cuales, una vez triturados, se obtiene la harina.

**Salvado:** Cáscara del grano de cereal desmenuzada por la molienda.

**Harina:** Polvo que resulta de la molienda de los cereales y otras semillas.

**Producción:** Fabricación o elaboración de un producto mediante el trabajo.

**Molino:** Máquina que sirve para triturar, moler, laminar o estrujar materias sólidas. Generalmente, está constituida por dos piezas, una móvil que gira sobre la otra fija.

**Desnaturalización:** Es un cambio estructural de las proteínas o ácidos nucleicos, donde pierden su estructura nativa, y de esta forma su óptimo funcionamiento; a veces, también cambian sus propiedades físico-químicas.

**Reductor:** Es un sistema de engranes para reducir la velocidad en el motor.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Introducción al proyecto**

Se realizó la investigación y estudio para la selección y diseño del tipo de banda transportadora que debe ser implementada en el sistema de producción definiendo y determinando un gran aporte para la mejora de la empresa; se llegó a la conclusión de la necesidad de una cinta transportadora para alimentos orgánicos. El alimento orgánico a transportar por la banda es el grano de trigo quien ayuda a nuestro organismo y es principal alimento diario por sus diversos derivados.

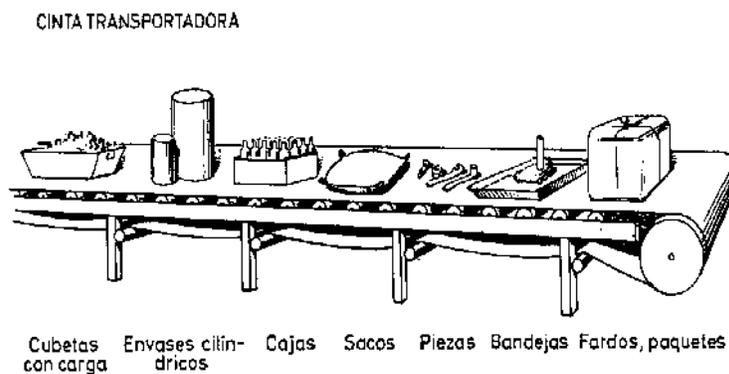
Un estudio de factibilidad nos permitió entender cómo contribuye en el mejoramiento del proceso de carga y descarga de productos y subproductos de grano de trigo, ya que de esta manera se logra un control eficaz de la producción.

La constitución de la banda transportadora y los conceptos de los elementos en estudio: tipos de bandas, tipos de rodillos, tensores, moto-reductores, tipos de materiales, entre otros, nos ayudaran a entender el funcionamiento de la banda transportadora.

### 3.2 Procedimientos de análisis en el proyecto

Los transportadores tienen varias características que afectan sus aplicaciones en la industria. Son independientes de los trabajadores, es decir, se pueden colocar entre máquinas o entre edificios y el material colocado en un extremo llegará al otro sin intervención humana. Los transportadores proporcionan un método para el manejo de materiales mediante el cual los materiales no se extravían con facilidad. Se pueden usar los transportadores para fijar el ritmo de trabajo por cuanto siguen rutas fijas. Esto limita su flexibilidad y los hace adecuados para la producción en masa o en procesos de flujo continuo.

**Figura 12.** Cinta transportadora en la industria alimentaria



*Fuente:* <http://www.quieroapuntes.com/rodillos-y-cintas-transportadoras.html>

El principal empleo de las cintas transportadoras en su mayoría se dan en la industria minera, industria alimenticia, construcción, industria motriz, entre otros ámbitos; se dará la aplicación en el campo alimenticio, a continuación:

#### **En la industria de alimentos**

- Es el sistema más usado en este tipo de industria.
- Mejora el sistema de producción debido a la continuidad que genera sin interrupción alguna.

- Es higiénico ya que evita que el producto se contamine con bacterias u otros indicios que permitan modificar el producto.
- Es de fácil adaptabilidad para ser instalado en interiores y así poder obtener una protección adecuada del producto.
- Pueden controlarse desde áreas permanentes de control y de esta manera reducir el control a botones de accionamiento en distintos tramos del sistema transportador.

Las bandas transportadoras manejan diversos tipos para el transporte de alimentos y productos de origen vegetal tales como café, azúcar, cacao, aceitunas, papas, algodón, guisantes, nueces, harinas, maíz, entre otros diversos alimentos como el trigo el cual es materia de estudio.

### **Ventajas ambientales y de seguridad**

Se debe procurar la dispersión del polvo ocasionado al momento del transporte, para mantener una atmósfera limpia.

En la actualidad se puede reducir la emisión de polvo al exterior en su totalidad mediante una adecuada instalación de cintas tubulares, es relevante si el sistema transportador está próximo a núcleos urbanos.

**Figura 13.** Seguridad en cintas transportadoras (protección del tambor)



**Fuente:** <http://www.directivamaquinas.com/2013/01/seguridad-en-cintas-transportadoras-las.html>

## **Facilidad de carga y descarga**

Se puede realizar la carga en un punto cualquiera de trayectoria del transporte, mediante dispositivos (Tolvas, descarga directa desde otra cinta, etc.).

La descarga en las bandas se efectúa comúnmente en cabeza, pero también se pueden realizar en cualquier punto fijo, o de una manera continua, debido a disposiciones constructivas adecuadas carros descargadores o trippers (Lopez Arenales, s.f.).

### **3.2.1 Análisis de alternativas para el transporte**

#### **Alternativa 1. Transportador de rodillos metálicos**

El transportador de rodillos es un dispositivo que, como su nombre lo indica, utiliza rodillos metálicos para facilitar el manejo y traslado de una gran diversidad de objetos, tales como cajas, tarimas, llantas, tambos, paquetes, etc. dentro de una gran diversidad de procesos industriales siempre y cuando que cumplan la condición de contar con un fondo regular. En caso contrario, suelen emplearse otro tipo de dispositivos como el transportador de banda, el transportador helicoidal, etc.

*Figura 14.* Transportador con rodillos metálicos



*Fuente:* <http://www.juvisa.net/img/transportador-tablillas.jpg>

## **Alternativa 2. Transportador de banda de caucho**

Las fajas transportadoras son de interés primordial para todos los ingenieros, gerente y otros que son responsables en la elección del equipo para manejar materiales a granel.

Las bandas transportadoras de caucho, son las bandas de uso más común. Están constituidas por varias capas de tejidos engomados separados por capas de goma intermedia para mejorar su flexibilidad, recubiertas de caucho del grueso y calidad deseada según el trabajo a realizar y el tipo de material a transportar.

Las bandas de caucho han logrado una posición dominante transportando los materiales a granel, debido a ventajas inherentes tales como su economía y seguridad de funcionamiento, fiabilidad, versatilidad, y el rango prácticamente ilimitado de capacidades.

Los fabricantes de bandas transportadoras de caucho se han anticipado a las necesidades de la industria de forma consistente con mejoras en los diseños y con componentes que han excedido todos los requerimientos conocidos. La fiabilidad y, las seguridades son ahora excelentes debido a que las bandas disponibles son más resistentes y durables, así como las partes mecánicas grandemente mejoradas y mandos eléctricos, dispositivos de seguridad muy sofisticados.

Debido a que las bandas de caucho son muy resistentes a la corrosión y abrasión, los costos de mantenimiento son comparativamente menores al manejar materiales muy corrosivos o que son sumamente abrasivos.

Su fabricación en su mayoría se da en tejidos de poliéster/poliamida (EP) el cual proporciona una mayor resistencia a la rotura e impacto. El revestimiento exterior de la banda puede fabricarse en una variedad de calidades: antiabrasivo, resistente a la temperatura, antiaceite, alimentario (de color blanco), etc.

Las bandas transportadoras de caucho se dividen en 3 tipos:

- Lisas: Para transporte horizontal.
- Rugosas: Para transporte horizontal e inclinado de productos manufacturados.

- Nervadas: Para transporte inclinado; dependiendo del material a transportar su inclinación puede variar hasta 45° de inclinación.

**Bandas para el transporte de alimentos:**

Las bandas transportadoras de alimentos poseen características especiales poseen una superficie no compatible con el crecimiento bacteriano y tampoco existe poros ni micro-fisuras donde pueda ocurrir acumulación.

**Contacto directo con alimentos:** Cuando los productos transportados se destinan al consumo humano, es necesario:

- Las partículas que puedan desprenderse con el tiempo, por la lenta abrasión de la banda, puedan mezclarse con los alimentos transportados sin que sean perjudiciales para la salud humana.
- Los componentes de las bandas transportadoras y elevadoras sean totalmente estables e inoctrinos previniendo riesgos de contaminación de los productos transportados. Dicho riesgo es particularmente elevado en ambientes húmedos y grasientos.

**Color de la banda:** La utilización de bandas blancas en industrias alimentarias evita que las partículas que puedan desprenderse de la banda sean visibles y representan una excelente solución para evitar marcas o manchas.

**Riesgo de incendios y explosiones:** En ambientes de alto riesgo tales como silos de cereales, refineras de azúcar, etc., es esencial que la banda cumpla con la normativa ISO 284 sobre electricidad estática e ISO 340 sobre resistencia llamas.

**Figura 15.** Transportador de banda de caucho



*Fuente:* <http://www.talleressalo.com/img>

### **Alternativa 3. Transportador de tornillo sinfín**

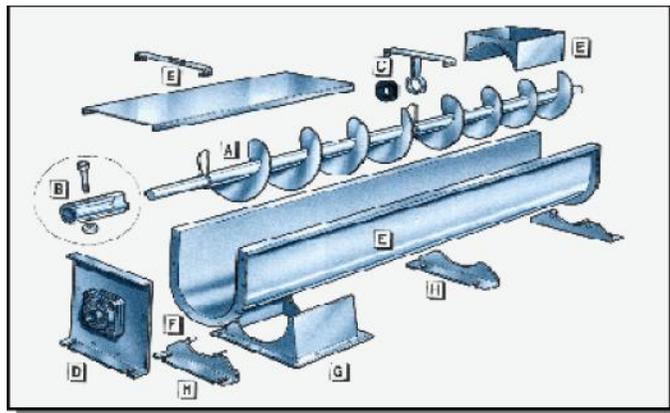
Las ventajas que presenta este sistema son:

- Compactos.
- De fácil instalación debido al diseño modular que presentan.
- Resistente a altas temperaturas.
- Son herméticos.
- Versátiles.
- Dosificadores.
- Agitadores o mezcladores.
- Múltiples áreas de carga y descarga.

Desventajas:

- No presentan grandes dimensiones.
- No permite transportar materiales frágiles y delicados.
- Contaminación.
- Permiten el transporte hasta 50m.

**Figura 16.** Transportador de tornillo sinfín



*Fuente:* <http://www.bandasyvulcanizacion.com/html/bandas.html>

### 3.2.2 Selección del sistema de transporte adecuado

Para el diseño de la banda transportadora, debido a la exigencia de transporte de productos de grano de trigo por medio de una banda, la cual pueda desplazarse a lo largo de una trayectoria determinada, de manera que con todas las necesidades que se aborden se detallara un cuadro de comparación para seleccionar un eficiente sistema de transporte para productos de grano de trigo, además con los cálculos se demostrará que es el sistema más adecuado según el requerimiento.

**Tabla 2***Criterios de comparación*

N°	CRITERIO DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA			IDEAL
		1	2	3	
1	Peso	5	5	3	5
2	Costo	5	5	4	5
3	Factibilidad de Construcción	4	5	4	5
4	Factibilidad de Ensamblaje	5	5	5	5
5	Resistencia Altas T°	4	4	5	5
6	Refacciones	4	4	4	5
7	Vida Útil	4	5	4	5
8	Confiabilidad del sistema	4	4	3	5
	Total	35	37	32	40
	Índice Porcentual %	85 %	92.5%	77.5 %	100 %
	Orden de Selección	2	1	3	

*Fuente:* Elaboración propia

**Conclusión.-** Mediante el análisis de alternativas, se procedió a la selección de la alternativa 2 la cual es un Transportador de Banda de Caucho, por su alta confiabilidad en el sistema, factibilidad de mantenimiento y sobre todo en la capacidad de transportar productos.

## **CAPÍTULO IV**

### **CÁLCULOS DE DISEÑO DEL PROYECTO**

#### **4.1 Teoría del proceso**

Se describe los parámetros técnicos que necesitaron efectuar los cálculos y operaciones, los cuales fueron necesarios para el diseño del sistema transportador.

Los parámetros calculados son aquellos que se deberá especificar al fabricante cuando este lo considere necesario, es decir, constituyen un grupo de datos importantes, dependiendo del material a transportar, la capacidad de transporte requerida, la trayectoria de la banda y el ancho de la cinta transportadora (Anonimo, 2014).

Para el diseño del sistema transportador para el molino “El Pino S.R.L.” se consideraron dos metodologías conocidas, por consiguiente, tendremos en cuenta las recomendaciones dadas por CEMA en su sexta edición (2007) para determinar las características del material a transportar junto a la capacidad de transporte de la banda y la norma DIN 22101 que considera ISO 5048:1989 “Continuous mechanical handling equipment – Belt conveyor with carrying idlers – calculation of operating power and tensile forces” e ISO 3684 : 1990 “Conveyor belts – determination of minimum pulley diameter”, para determinar las resistencias al movimiento, tensiones actuantes durante la operación de la banda transportadora.

Su entendimiento y aplicación se realiza con los manuales de cálculo y diseño desarrollados por los fabricantes Dunlop, Pirelli, Rumelca, Sick, Goodyear y Roulunds.

## 4.2 Funcionamiento

### 4.2.1 Parámetros del material a transportar

El material a transportar es el dato más importante para el diseño y elección de componentes, que intervendrán en la banda transportadora (PIRELLI, s.f., págs. 59 - 61).

Las características principales que se deben considerar para los cálculos son las siguientes:

**Peso específico (  $\rho$  ):** El peso específico de una sustancia o elemento se define como su peso por unidad de volumen y se expresa en  $\text{kg/m}^3$  (kilogramo por metro cúbico) en el Sistema Internacional. En muchos materiales, el peso unitario está sujeto a variaciones debido al tamaño del material, a su grado de humedad y, en el caso de los minerales, a su formación natural. Sin embargo, y donde sea posible, el peso específico deberá ser correctamente determinado dependiendo del tamaño y tipo de material que se tenga en consideración.

**Tabla 3**

*Peso específico aparente en función del tipo de material*

Material	Peso específico ( $\text{kg/m}^3$ )
Grano de trigo	800

*Fuente:* PIRELLI

*Peso específico (  $\rho$  ) = 800  $\text{Kg/m}^3$*

**Ángulo de reposo del material (  $\alpha$  ):** Es el ángulo que se forma con la superficie de monto normal, libremente, constituido con la horizontal. El ángulo de reposo es necesario para determinar la sección transversal del material a transportar de forma segura.

**Tabla 4**

*Ángulo de reposo en función del tipo de material*

Material	Angulo de reposo ( $^\circ$ )
Grano de trigo	28 $^\circ$

*Fuente:* PIRELLI

*Ángulo de reposo del material (  $\alpha$  ) = 28 $^\circ$*

**Tamaño máximo de grano:** Es la dimensión de la partícula más grande del material que se transportara, obtenido de pruebas granulométricas obtenidas en el laboratorio. Este dato es relevante en la selección de:

- Ancho de la banda.
- Tipo de rodillos para la zona de carga.
- Forma y dimensiones de la guía de carga.
- Es relevante conocer el porcentaje relativo del volumen de granos finos y gruesos.

*Tamaño máximo de grano = 12 mm*

**Abrasividad:** Es una peculiaridad relevante en la elección del tipo de banda transportadora, número de telas y espesor de la cubierta. Los materiales pueden ser

moderadamente abrasivos, designados con la letra N.A. (trigo, cebada, soja, maíz seco).

La Tabla 05 muestra la abrasividad del tipo de material, este puede variar dependiendo de las condiciones de transporte.

### Tabla 5

*Abrasividad en función del tipo de material*

Material	Abrasividad
Grano de trigo	N.A.

*Fuente:* PIRELLI

*Abrasividad = N.A.*

**Temperatura:** El grado de temperatura del material a transportar es importante para determinar el tipo y calidad de banda transportadora a utilizar, también influye en la vida útil de los rodillos.

**Corrosividad:** Es una característica que influye en el tipo y calidad de cubierta de la banda, ya que a consecuencia de un ataque electroquímico de su entorno influye en el deterioro de un determinado material.

## 4.3 Parámetros calculados

### 4.3.1 Capacidad requerida

Esta capacidad se empleará en los cálculos de las tensiones actuantes en la banda transportadora; es necesaria para determinar la potencia requerida para el funcionamiento del sistema.

También, se calculó la capacidad máxima de transporte.

La capacidad influye en el ancho de cinta que se seleccione, la velocidad, el ángulo de inclinación de los rodillos transportadores y en la densidad del material a transportar (Andrea Blanco, s.f.).

### **Características geométricas de la banda transportadora**

Para el cálculo y diseño del sistema transportador, se debe definir la trayectoria de la cinta desde el lugar de carga del material hasta el punto de descarga, en la mayoría de los casos corresponde al cabezal motriz o de accionamiento. Se deben definir los siguientes parámetros:

#### **Altura (H)**

Es la diferencia de elevaciones entre los puntos de carga y de descarga del material. Esta longitud es necesaria para el cálculo de la tensión que permitirá bajar o levantar dicha carga. Si la banda transportadora presenta varios tramos de elevación, se debe especificar cada tramo a lo largo de la trayectoria, siendo este valor negativo si el recorrido es descendente.

#### **Longitud total de la trayectoria de la banda**

La longitud total de la trayectoria de la banda es la distancia total de la banda transportadora desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga medida a lo largo de la trayectoria de la banda. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_T = \sum L_h + L_i$$

Donde:

$L_h$ : Longitud de los tramos horizontales (m)

$L_i$ : Longitud de los tramos inclinados (m)

No se tiene tramos inclinados porque la banda es recta.

$$L_T = 75 \text{ m}$$

### Ancho de la banda transportadora

Siendo el tonelaje y las características del material conocidos, se puede determinar el ancho de la banda. En la determinación del ancho de banda tiene una gran influencia el tamaño de material que será transportado en este caso el grano de trigo. Se debe considerar que el ancho de banda no debe ser menor de tres veces el tamaño más grande del grano de material a transportar.

Por lo tanto, para el ancho mínimo de banda se debe tener presente el tipo de material y el tamaño de grano (CEMA BELT BOOK, s.f., pág. 46).

**Tabla 6**

*Ancho de la cinta recomendada*

Material que se transporta	Ancho de la faja (pulgadas)
	18
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez.	24 – 30
	36 – 42
	48 - 96

*Fuente:* CEMA

*El ancho de la banda recomendada:*

*Ancho de la banda = 18 pulgadas = 457.2 mm*

### Velocidad de la banda transportadora

La elección de la velocidad a la cual operara el sistema transportador, dependerá de las características físicas del material o limitaciones respecto a la naturaleza del material a transportar, estas limitaciones se pueden dar por la degradación de materiales friables; sería el caso del carbón el cual no puede transportarse a gran velocidad, también se ocasiona pérdidas de materiales muy liviano o pulverizado, impacto de los terrones en los rodillos de carga, etc.

Otros factores que influyen son la capacidad requerida, las tensiones en la banda y la potencia . Hasta donde la capacidad lo requiera, es permisible seleccionar una velocidad de transporte de forma que la banda este lo más ocupada posible, ocasionando de esta manera un mejor desgaste de la cubierta de la banda. Es necesario llegar a un compromiso en beneficio de las tensiones actuantes en la banda. Esto se adopta incrementando la velocidad en el sistema, lo cual reduce la sección transversal de la carga y en consecuencia se reduce la tensión, logrando obtener una banda más liviana (CEMA BELT BOOK, s.f., pág. 46).

**Tabla 7**

*Velocidades del cinturón máximo recomendadas*

Material que se transporta	Velocidad de la faja (m/s)
	2.54
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez.	3.56
	4.06
	5.08

*Fuente:* CEMA

*La Velocidad de banda recomendada:*

$$\text{Velocidad (V)} = 2.54 \text{ m / s} = 2.5 \text{ m / s}$$

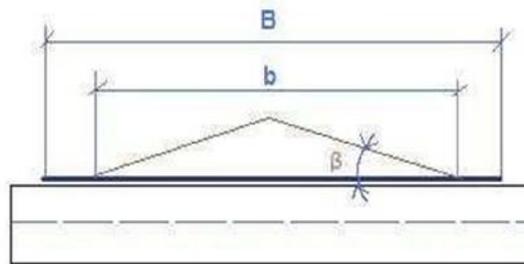
$$\text{Tamaño de grano} = 12 \text{ mm}$$

#### **4.3.2 Máxima capacidad de transporte**

La capacidad está determinada por el área de la sección transversal de la carga del material que puede ser situada por encima de la cinta sin provocar derrame y pequeñas ondulaciones en la banda al momento de su paso por los rodillos. Esta área de la sección transversal dependerá de las características del material ya que es un factor determinante en el ángulo de sobrecarga (SCRIBD, 2014).

El área de la sección transversal de la carga está en función de la forma de los rodillos portantes, que se detalla en las siguientes ecuaciones:

**Figura 17.** Rodillo plano



Fuente: [https://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla\\_id=14](https://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=14)

Rodillo plano:

$$A = \frac{1}{4} b^2 (\tan \alpha)$$

Donde:

$$b = 0,9 B - 0,05 \quad \text{si } B < 2 \text{ m}$$

$$b = B - 0,2 \quad \text{si } B > 2 \text{ m}$$

El ancho de banda (B) = 0,4572 m

Ángulo de reposo ( $\alpha$ ) = 28°

$$b = 0,9 \times 0,4572 - 0,05$$

$$b = 0,36 \text{ m}$$

Hallamos el área del material

$$A = \frac{1}{4} 0,36^2 (\tan 28^\circ)$$

$$A = 0,0174 \text{ m}^2$$

Teniendo el área de la sección transversal del material y la velocidad de transporte de la banda, se puede calcular la capacidad volumétrica mediante la siguiente ecuación:

$$Q_v = 3600 \cdot A \cdot V$$

Donde:

$Q_v$ : Capacidad volumétrica de la banda ( $m^3/h$ )

A: Área de la sección transversal del material ( $m^2$ )

V: Velocidad de la banda (m/s)

$$Q_v = 3600 \times 0,0174 \times 2,5$$

$$Q_v = 156,32 \text{ m}^3/h$$

La capacidad de transporte, se determina en función de la capacidad volumétrica y del peso específico del material transportado:

$$Q_t = \gamma \cdot Q_v$$

Donde:

$Q_t$ : Capacidad de transporte de la banda (ton/h)

$Q_v$ : Capacidad volumétrica de la banda ( $m^3/h$ )

$\gamma$ : Peso específico del material transportado ( $ton/m^3$ )

$$Q_t = 0,8 \times 156,32 \quad Q_t = 125,06 \text{ ton/h}$$

### 4.3.3 Fuerzas actuantes en la banda

La banda transportadora necesita una potencia que será suministrada por el motor el cual acciona un tambor motriz. El momento del motor se transmite en forma de fuerza tangencial sobre la superficie del tambor motriz creando una fuerza requerida para

mover sistema transportador desde una ubicación de carga hasta el de descarga. Esta fuerza es la resultante de las siguientes fuerzas:

- Fuerza para mover la banda en vacío.
- Fuerza para desplazar el material horizontalmente.
- Fuerza para elevar o descender el material.

Son fuerzas ocasionadas con el propósito de desplazar el material desde el punto de carga hasta el de descarga. Para hacer el cálculo de las tensiones actuantes en la banda y la potencia necesaria, se deben considerar pérdidas mecánicas por fricción del sistema completo al momento del accionamiento, las cuales son debidas a las guías de carga, rascadores y cualquier tipo de desalineamiento de los tambores o rodillos.

#### **Factores por fricción y por longitud en el cálculo de las fuerzas en la banda**

Las fuerzas mencionadas anteriormente se deben a la fricción originada por el peso de la cinta, peso de las partes móviles de los rodillos y tambores, arrastres debidos a las guías de carga, rascadores y des-alineamientos.

El peso del material sobre la banda y la fricción interna que se genera a medida que pasa una y otra vez sobre los rodillos se incrementa la fricción en el sistema. El cálculo de las fuerzas de fricción depende del coeficiente de fricción de las partes móviles  $f$ , el cual varía en según el tipo de rodillos a utilizar, la estructura de la banda y el mantenimiento del sistema.

Teniendo un coeficiente de fricción cuyo valor es hipotético y dado por DIN 22101, el cual es consecuencia del peso de la correa y de las partes giratorias de la faja transportadora cuyo valor es de 0.020, pero puede variar según las condiciones siguientes:

- Presencia de alta fricción interna del material.
- Debido a la distancia de utilización de rodillos portantes.
- Depende de la velocidad de operación del sistema transportador si este  $> 5\text{m/s}$ .

- Si la temperatura de operación es menor a 20°C.
- Si las tensiones actuantes en la banda son bajas.
- En bandas flexibles y con espesores mayores de cubierta.

La Tabla 8 muestra el coeficiente de fricción de las partes móviles en función de las condiciones de operación del sistema, mantenimiento y estanqueidad (ROULUNDS, s.f.).

**Tabla 8**

*Coefficiente de fricción (f) de las partes giratorias*

Condiciones de operación	Coefficiente f
Bandas transportadoras descendentes que requieren frenado mediante motor.	0.012
Buenas bandas transportadoras con rodillo de marcha suave y pequeña fricción en el material.	0.017
Condiciones con ambiente normal de trabajo.	0.020
Condiciones de marcha desfavorables, ambiente polvoriento, sobrecargas periódicas y/o puntuales.	0.023-0.030

*Fuente:* ROULUNDS

Según la norma DIN 22101 (SCRIBD, s.f.), se debe emplear un coeficiente  $C_{variable}$  con la longitud de la cinta (proyección horizontal si la banda es inclinada). La ecuación que relaciona el coeficiente C con la longitud de la cinta es:

$$C = 15,9 \cdot L^{-0,61} + 0,77$$

Donde:

$$L_T = \sum L_h + L_i$$

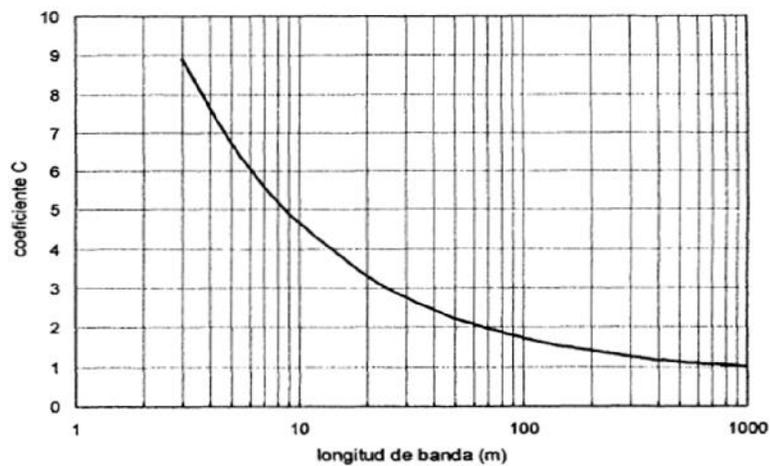
L: Proyección horizontal de la banda (m)

$L_h$ : Longitud de los tramos horizontales (m)

$L_i$ : Longitud de los tramos inclinados (m)

La ecuación anteriormente mencionada deriva del gráfico de variación del coeficiente  $C$  en función de la longitud de la banda  $L$  la cual puede apreciarse en la Figura 18 según DIN 22101.

**Figura 18.** Coeficiente  $C$  de fricción por longitud de banda



*Fuente:* [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12.\\_cintas.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12._cintas.pdf)

### Cálculo del peso de las partes móviles de la banda

El peso de las partes móviles ( $G$ ) considera el peso de la cinta y el de los rodillos superiores y de retorno. Se expresa en kilogramos por metro de longitud y se determina de la siguiente manera.

$$G = 2G_b + \frac{G_{ro}}{S_1} + \frac{G_{ru}}{S_2}$$

Donde:

$G$ : Peso de las partes móviles (kg/m)

$G_b$ : Peso de la banda (kg/m)

$G_{ro}$ : Peso de los rodillos superiores (kg)

$S_1$ : Espaciamiento entre rodillos superiores (m)

$G_{ru}$ : Peso de los rodillos inferiores (kg)

$S_2$ : Espaciamiento entre rodillos inferiores (m)

Los fabricantes proporcionan datos que muestran los valores promedios del peso de las partes móviles el cual depende del ancho de banda y del peso específico del material a transportar. Para un diseño preliminar, se optan utilizar dichos valores para el cálculo posterior de las tensiones, sin embargo, se sugiere calcular el valor exacto en función de la banda y del tipo de rodillos superiores y de retorno.

La Tabla 9 detalla cómo obtener los valores que aparecen en la ecuación mencionada para el cálculo del peso de las partes móviles de la banda (CEMA BELT BOOK, s.f.).

**Tabla 9**

*Espaciamiento entre rodillos recomendado*

Ancho de banda (mm)	Espaciamiento de rodillos superiores $S_1$ (m)										Espaciamiento de rodillos inferiores $S_2$ (m)
	Peso específico del material (kg/m <sup>3</sup> )										
	500	800	1000	1400	1600	2400	3200	4000	5000	>6000	
400	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.2	0.9	0.75	3.0
500	1.5	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.0	0.9	0.60	3.0
650	1.5	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	0.9	0.9	0.50	3.0
800	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	0.9	0.9	0.50	3.0
1000	1.4	1.4	1.2	1.2	1.0	0.9	0.9	0.9	0.75	0.50	3.0
1200	1.4	1.4	1.2	1.2	1.0	0.9	0.9	0.9	0.75	0.50	3.0
1400	1.4	1.2	1.2	1.0	1.0	0.9	0.9	0.75	0.75	0.50	3.0
1600	1.2	1.2	1.2	1.0	0.9	0.9	0.9	0.75	0.60	0.50	3.0
1800	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	0.75	0.75	0.60	0.50	0.50	2.4
2000	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	0.75	0.75	0.60	0.50	0.50	2.4

*Fuente:* CEMA

Ancho de la banda = 0,4572 m

Espaciamiento entre rodillos inferiores  $S_2 = 3$  m

Espaciamiento entre rodillos superiores  $S_1 = 1,4$  m

La Tabla 10 muestra el peso promedio de la banda en función del ancho de banda y del tipo de servicio (GOODYEAR, s.f.).

**Tabla 10**

*Peso de la banda recomendado*

Ancho de banda (mm)	Servicio liviano - Peso específico < 1500 kg/m <sup>3</sup>	Servicio mediano 800 < Peso específico < 1500 kg/m <sup>3</sup>	Servicio pesado - Peso específico > 1500 kg/m <sup>3</sup>
	Peso de la banda transportadora G <sub>b</sub> (kg/m)		
400	3.0	4.5	6.0
500	6.0	7.5	9.0
650	7.5	9.0	10.5
800	9.0	10.5	12.0
1000	10.5	13.5	16.5
1200	13.5	16.5	21.0
1400	18.5	22.5	27.0
1600	21.0	27.0	33.0
1800	25.5	31.5	40.5
2000	30.0	36.0	48.0
2200	33.0	42.0	54.0

*Fuente:* GOODYEAR

Ancho de la banda = 0,4572 m

Servicio liviano < 1500 Kg/m<sup>3</sup> (G<sub>b</sub>) = 6 Kg/m

La Tabla 11 muestra los valores para el peso de los rodillos superiores y de retorno en función del ancho de banda y del peso específico del material (ROULUNDS, s.f., pág. 12).

**Tabla 11**

*Peso del rodillo recomendado*

Ancho de banda (mm)	Servicio liviano - Peso específico < 1500 kg/m <sup>3</sup>		Servicio pesado - Peso específico > 1500 kg/m <sup>3</sup>	
	G <sub>sup</sub> (kg)	G <sub>inf</sub> (kg)	G <sub>sup</sub> (kg)	G <sub>inf</sub> (kg)
400	3.0	3.0	4.0	4.0
500	3.5	3.5	5.5	5.5
650	5.5	5.5	10	10
800	11	10	14	12
1000	13	11	18	16
1200	15	13	20	18
1400	22	20	31	27
1600	25	22	35	30
1800	39	35	47	40
2000	43	36	52	45
2200	47	40	56	47

*Fuente:* ROULUNDS

*Ancho de la banda = 0.4572 m*

*Servicio liviano Peso específico < 1500 Kg/m<sup>2</sup>*

G<sub>ro</sub> = 3,5 Kg

G<sub>ru</sub> = 3,5 Kg

*Cálculo del peso de las partes móviles de la banda:*

$$G = 2(6) + \frac{3,5}{1,4} + \frac{3,5}{3}$$

G = 15,67 kg/m

### Cálculo de la carga en los rodillos superiores

La carga actuante en los rodillos superiores se calcula con la siguiente ecuación:

$$C_{ro} = [(G_b + K_1 \cdot M_{pm}) \cdot S_1] + C_{dr}$$

Donde:

$C_{ro}$ : Carga en rodillos superiores (kg)

$G_b$ : Peso de la banda (kg/m)

$K_1$ : Factor de ajuste por tamaño de grano del material, ver Tabla 12

$M_{pm}$ : Carga del material por metro de banda (kg/m)

$S_1$ : Espaciamiento entre rodillos superiores (m), ver Tabla 09

$C_{dr}$ : Carga por desalineamiento de los rodillos (kg)

La Tabla 12 muestra los valores para el factor de ajuste  $K_1$  debido al tamaño de grano del material transportado (Catalogo 699 Belt Conveyor Idlers , North American, Inc., s.f.).

**Tabla 12**

*Factor de ajuste  $K_1$  debido al tamaño de grano del material*

Tamaño de grano (mm)	Peso específico del material (kg/m <sup>3</sup> )						
	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
100	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
150	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
200	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
250	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
300	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
350	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
400	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

*Fuente:* BELT CONVEYOR IDLERS

*Factor de ajuste por tamaño de grano del material ( $K_1$ ) = 1*

La carga de material por metro lineal de banda  $M_{pm}$  se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$M_{pm} = \frac{Q_t}{3,6 \cdot V}$$

Donde:

$M_{pm}$ : Carga del material por metro lineal de banda (kg/m)

$Q_t$ : Capacidad de transporte de la banda (ton/h)

$V$  : Velocidad de la banda (m/s)

$$M_{pm} = \frac{125,059}{3,6 \times 2,5}$$

$$M_{pm} = 13,90 \text{ kg/m}$$

Con el valor obtenido, se calcula la carga sobre los rodillos superiores de la siguiente forma:

$$C_{ro} = [(6 + 1 \times 13,895) 1,4]$$

$$C_{ro} = 20,85 \text{ kg}$$

### **Cálculo de la carga en los rodillos inferiores**

La carga sobre los rodillos inferiores se determinar de la siguiente manera:

$$C_{ru} = G_b \cdot S_2 + C_{dr}$$

Donde:

$C_{ru}$ : Carga en rodillos inferiores (kg)

$G_b$ : Peso de la banda (kg/m)

$S_2$ : Espaciamiento entre rodillos inferiores (m), ver Tabla 09.

$C_{ar}$ : Carga por desalineamiento de los rodillos (kg)

$$C_{ru} = 6 \times 3 \qquad C_{ru} = 18 \text{ kg}$$

### **Fuerza para mover la banda en vacío y sus componentes móviles**

La fuerza necesaria para mover la banda y de sus elementos móviles cuando esta se encuentra en vacío, sin material, es calculada con la siguiente ecuación:

$$F_1 = (C \cdot f \cdot L_t \cdot G) g$$

Donde:

$F_1$ : Fuerza para mover la banda en vacío (N)

$C$ : Factor de fricción por longitud de banda.  $C = 15,9L^{-0,61} + 0,77$

$f$ : Factor de fricción de las partes móviles.  $f = 0,020$ , ver Tabla 08.

$L_t$ : Longitud total de la banda (proyección horizontal) (m)

$G$ : Peso de las partes móviles (kg/m)

$g$ : Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$$F_1 = (15,9 (75)^{-0,61} + 0,77) \times 0,020 \times 75 \times 15,67 \times 9,81$$

$$F_1 = 440,76 \text{ N}$$

### **Fuerza para desplazar el material horizontalmente**

Es la fuerza que se necesita para vencer la inercia y provocar el desplazamiento del material en dirección horizontal desde un punto de carga hasta otro de descarga. Se calcula de la siguiente manera:

$$F_2 = \left( \frac{C \cdot f \cdot L_t \cdot Q_t}{3,6 \cdot V} \right) g$$

Donde:

$F_2$ : Fuerza para desplazar el material horizontalmente (N)

C: Factor de fricción por longitud de banda

f: Factor de fricción de las partes móviles

$L_t$ : Longitud total de la banda (proyección horizontal) (m)

$Q_t$ : Capacidad máxima de transporte (t/h)

V: Velocidad de la banda (m/s)

g: Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$$F_2 = \left( \frac{((15,9 (75)^{-0,61} + 0,77) \times 0,020 \times 75 \times 125,06)}{3,6 \times 2,5} \right) 9,81$$

$$F_2 = 390,92 \text{ N}$$

#### 4.3.4 Potencia necesaria en la banda

Es la potencia necesaria para accionar la banda transportadora está compuesta por la potencia para desplazar el material más las potencias adicionales ocasionadas por la fricción de las guías de carga y carros descargadores o trippers.

##### Potencia adicional debida a las guías de carga

La longitud de las guías de carga ocasiona resistencias adicionales que deben ser tomadas en cuenta. La cual se determina mediante la siguiente ecuación.

$$P_S = 0,08 \cdot V \cdot L_t$$

Donde:

$P_s$ : Potencia adicional debida a las guías de carga (kw)

V: Velocidad de la banda (m/s)

$L_t$ : Longitud total de la trayectoria (m)

$$P_s = 0,08 \times 2,5 \times 75$$

$$P_s = 15 \text{ kw} = 20,39 \text{ hp}$$

### Potencia teórica

Esta potencia es la adición de la potencia para desplazar el material, y las potencias adicionales debidas a las guías de carga y de los carros descargadores. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$P = \frac{(F_1 + F_2 + F_3) V}{1000} + P_s + P_a$$

Donde:

P: Potencia teórica (kw)

$F_1$ : Fuerza para mover la banda en vacío(N)

$F_2$ : Fuerza para mover la carga horizontalmente (N)

$F_3$ : Fuerza para elevar o descender la carga (N)

V: Velocidad de la banda (m/s)

$P_s$ : Potencia adicional debida a guías de carga (kw)

$P_a$ : Potencia adicional debida a trippers (kw)

$$P = \frac{(440,76 + 390,92) 2,5}{1000} + 15$$

$$P = 17,08 \text{ kw} = 23,22 \text{ hp}$$

### Potencia del motor

Para la potencia del motor se ha considerado la potencia requerida en el tambor motriz. Las pérdidas por fricción de los demás tambores han sido incluidas en el factor de fricción variable con la longitud C.

Se considera el tipo de conexión entre el motor y el tambor motriz, dichas transmisiones generaran perdidas mecánicas que se consideran para determinar la potencia real del motor. La eficiencia del motor se puede estimar en un rango entre 85% y 95% mientras que las eficiencias mecánicas de equipos reductores de velocidad pueden verse en la Tabla 13 (CEMA BELT BOOK, s.f.).

**Tabla 13**

*Eficiencia mecánica de equipos reductores de velocidad*

Tipo de mecanismo reductor	Eficiencia
Poleas y bandas en V	94%
Cadena de rodillos	93%
Cadena de rodillos lubricados en aceite	95%
Reductor de engranajes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranajes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranajes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tornillo sinfín (relación 20:1)	90%
Reductor de tornillo sinfín (relación 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tornillo sinfín (relación 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranajes rectos (mecanizados)	90%
Reductor de engranajes rectos (fundidos)	85%

*Fuente:* CEMA

La potencia del motor se determina de la siguiente forma:

$$P_m = \frac{P}{\eta \cdot \epsilon}$$

Donde:

$P_m$ : Potencia del motor (kw).

$P$ : Potencia teórica requerida (kw)

: Eficiencia del motor (% / 100)

$\epsilon$ : Eficiencia mecánica de la transmisión (% / 100). % ( 85 – 95)

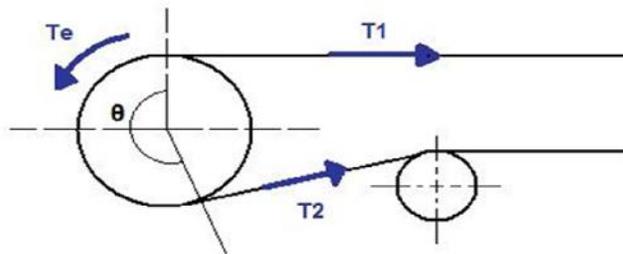
$$P_m = \frac{17,08}{0,95 \times 0,90} = 19,98 \text{ kw} = 26,79 \text{ hp}$$

#### 4.3.5 Tensiones implicadas en la banda

##### Tensión efectiva

Para que una banda de transporte o de elevación funcione adecuadamente, deberá existir una diferencia de tensiones en el tambor conductor para que se origine el movimiento en el sistema transportador (Ver Figura 19).

**Figura 19.** Tensión efectiva



**Fuente:** Manual de ingeniería “Bandas transportadoras”, Contitech

La tensión mayor es la del lado tenso  $T_1$ , y la tensión más menor es llamada tensión del lado flojo  $T_2$ , de forma que sin la tensión del lado flojo para prevenir el deslizamiento, la banda no puede transmitir el movimiento (CONTITECH, s.f.).

La diferencia entre la tensión del lado tenso y la tensión del lado flojo se conoce como tensión efectiva  $T_e$ , debido a que es esta tensión la que realmente ejecuta el trabajo.

Calculada la potencia total que se debe aplicar al tambor motriz, la tensión efectiva es determinada con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{1000 \cdot P}{V}$$

Donde:

$T_e$ : Tensión efectiva (N)

P: Potencia teórica (kw)

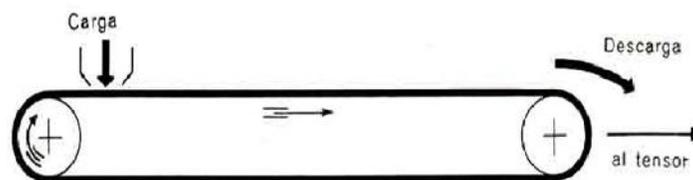
V: Velocidad de la banda (m/s)

$$T = \frac{1000 \times 17,08}{2,5} = 6832 \text{ N}$$

### Tensión en el lado tenso $T_1$

En la Figura 20, se aprecia un diagrama esquemático en el cual se puede observar las tensiones actuantes que intervienen en una banda transportadora.

**Figura 20.** Diagrama de tensiones



*Fuente:* Manual de ingeniería “Bandas transportadoras”, Contitech

La tensión existente en el lado tenso  $T_1$  se obtiene multiplicando la tensión efectiva por un factor llamado coeficiente de accionamiento  $m$ .

$$T_1 = T \cdot m$$

Donde:

$T_1$ : Tensión en el lado apretado (N)

$T_e$ : Tensión efectiva (N)

$m$ : Coeficiente de accionamiento

Los valores del coeficiente de accionamiento dependerán del ángulo de contacto entre la banda y el tambor motriz, del tipo de tensor y del tipo de revestimiento en el tambor. De esta manera, los valores de  $m$  se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$m = \frac{e^{\phi \cdot \mu}}{e^{\phi \cdot \mu} - 1}$$

Donde:

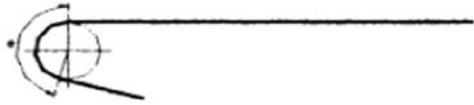
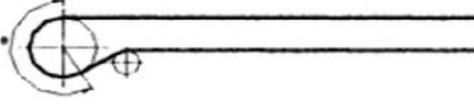
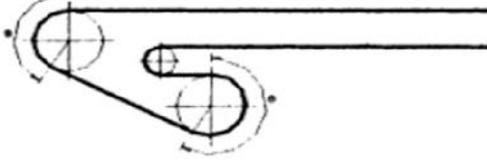
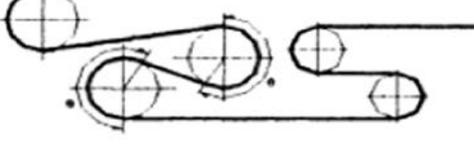
$m$ : Coeficiente de accionamiento

$\mu$ : Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor

$\phi$ : Ángulo de contacto entre la banda y el tambor (°)

La Tabla 14 da los valores del coeficiente de fricción  $\mu$  entre el tambor y la banda, y la del ángulo de contacto según la disposición del tambor motriz y la de los posibles tambores adicionales (ROULUNDS, s.f., pág. 13).

**Tabla 14***Coefficiente de fricción de tambor - banda*

Coeficiente $\mu$	Tambor motriz			
	Revestido		Desnudo	
	seco	húmedo	seco	húmedo
	0.40	0.35	0.35	0.20
Cabezal motriz		Angulo de contacto(°)		
		120		
		150		
		180		
		210		
		220		
		230		
		240		
		360		
		380		
		400		
		420		
		440		
		450		

*Fuente:* ROULUNDS*Coeficiente = seco 0,40**Ángulo de contacto = 210° = 3,67*

$$m = \frac{e^{3,67 \times 0,40}}{e^{3,67 \times 0,40} - 1} = 1,29$$

Entonces:

$$T_1 = 6832 \times 1,29 = 8813,28 \text{ N}$$

### **Tensión en el lado flojo T<sub>2</sub>**

Es recomendable la utilización de contrapesos de gravedad ya que proporcionan una tensión constante, en especial en bandas de longitudes mayores. Para el caso del tensor manual o de husillo, los valores del factor de accionamiento  $m$  deberán ser incrementados de tal manera que se ocasionen un incremento en el lado tenso  $T_1$ . Esto se realiza para suministrar una reserva de tensión adicional a consecuencia de la carencia de control de las tensiones y a las inexactitudes e intermitencias producidas por la utilización del tensor manual.

La tensión  $T_2$  se puede determinar con las siguientes ecuaciones:

$$T_2 = T \left( \frac{1}{e^{\varphi \cdot \mu} - 1} \right)$$

$$T_2 = T_1 - T$$

Donde:

$T_2$ : Tensión en el lado flojo (N)

$T_e$ : Tensión efectiva (N)

$$T_2 = 6832 \left( \frac{1}{e^{3,67 \times 0,40} - 1} \right) = 2045,18 \text{ N}$$

### **Tensión en el retorno de la banda T<sub>3</sub>**

Considerando la Figura 20 donde se muestran las tensiones principales que intervienen en las bandas transportadoras. Las tensiones  $T_3$  y  $T_4$ , aunque estrictamente hablando no son iguales a consecuencia de la fricción debido al funcionamiento en los cojinetes del tambor, en la práctica se las considera iguales de tal manera que:

$$T_3 = T_4$$

La tensión  $T_3$  se conoce como tensión en el retorno y se determina de la siguiente manera:

$$T_3 = C \cdot f \cdot L_t \left( G_b + \frac{G_{ru}}{S_2} \right) \cdot g + T_2$$

Donde:

$T_3$ : Tensión en el retorno (N)

C: Factor de fricción por longitud

f: Factor de fricción de las partes móviles

$G_b$ : Peso de la banda (kg/m)

$G_{ru}$ : Peso de los rodillos inferiores (kg)

$S_2$ : Espaciamiento de los rodillos inferiores (m)

g: Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$T_2$ : Tensión en el lado flojo (N)

$$T_3 = 1,91 \times 0,020 \times 75 \left( 6 + \frac{3,5}{3} \right) \cdot 9,81 + 2045,18$$

$$T_3 = 2246,82 \text{ N}$$

### **Tensión del contrapeso $T_{cp}$**

El dispositivo de contrapeso puede ser ubicado en cualquier lugar conveniente a lo largo del ramal de retorno. No es necesario que esté situado adyacente al cabezal motriz, aunque esta es a menudo la ubicación más conveniente.

Dos consideraciones principales para la ubicación del contrapeso:

- La geometría de la banda transportadora.
- La distribución de las tensiones alrededor de la banda.

Dependiendo de la ubicación del dispositivo de tensor a contrapeso (ver Figura 21), el valor de la tensión es calculada con las siguientes ecuaciones:

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

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

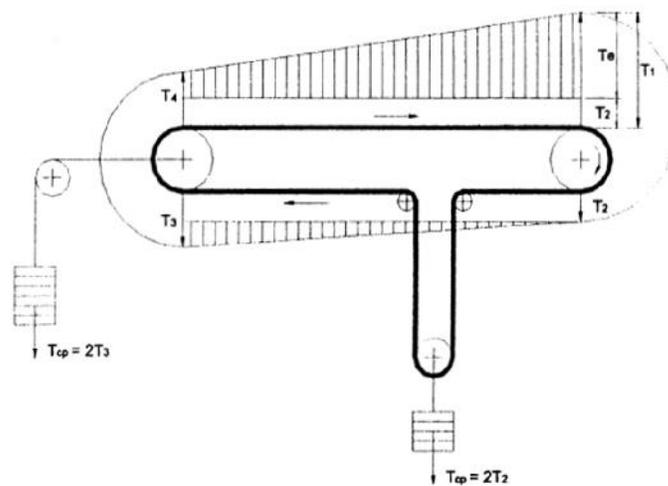
Donde:

$T_{cp}$ : Tensión del contrapeso (N)

$T_3$ : Tensión en el retorno (N)

$T_2$ : Tensión del lado flojo (N)

**Figura 21.** Tensiones que intervienen en la banda



**Fuente:** <http://www.mecanicco.com/2013/10/fuerzas-traccionales.html>

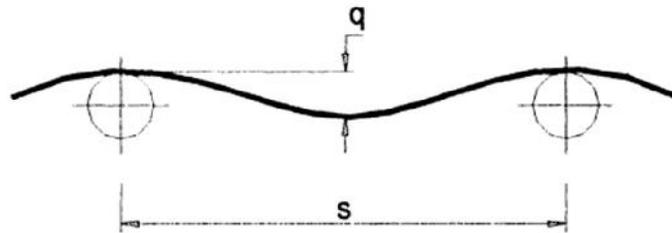
$$T_{cp} = 2 \times 2246,82 = 4493,64 \text{ N}$$

### Tensión mínima $T_0$

Sucede a veces que la tensión  $T_2$ , aun cuando es suficiente para lograr la adherencia de la banda al tambor motriz, es insuficiente para evitar el pandeo excesivo

de la banda sobre los rodillos que pudieran provocar el derrame del material (ver Figura 22).

**Figura 22.** Pandeo admisible en la banda



**Fuente:** [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12.\\_cintas.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12._cintas.pdf)

Para evitar esta flecha excesiva, se debe procurar no obtener una tensión inferior a la tensión mínima  $T_0$ , la misma que es calculada con la siguiente ecuación:

$$T_0 = S \left( \frac{G_b + M_{pm}}{8 q / s} \right) \cdot g$$

Donde:

$T_0$ : Tensión mínima (N)

$S_1$ : Espaciamiento de los rodillos (m)

$G_b$ : Peso de la banda (kg/m)

$M_{pm}$ : carga del material por metro de banda (kg/m)

$q / s$ : Flecha permisible (entre 0.005 y 0.02)

$g$ : Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$$T_0 = 1,4 \left( \frac{6 + 13,895}{8 \times 0,0575} \right) \times 9,81 = 593,90 \text{ N}$$

### Tensión de trabajo unitaria $T_u$

Es la máxima tensión a la que se someterá la banda transportadora por mm de ancho de banda. Este valor es relevante para la elección del tipo de banda en función del material a transportar y de las características de transporte.

La tensión de trabajo unitaria se expresa en N/mm y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_u = \frac{T_1}{1000 \cdot B}$$

Donde:

$T_u$ : Tensión de trabajo unitaria (N/mm)

$T_1$ : Tensión en el lado tenso (N)

B: Ancho de la banda (m)

$$T_u = \frac{8813,28}{1000 \times 0,4572} = 19,28 \text{ N/mm} = 19,66 \text{ kg/cm}$$

## 4.4 Elección de los elementos en la cinta transportadora

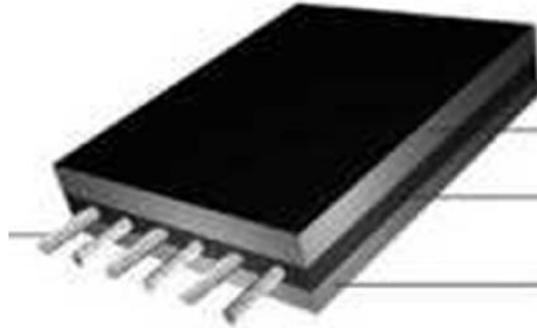
### 4.4.1 Elección del tipo de cinta

La banda transportadora es el componente más importante del sistema transportador ya que puede costear hasta el 60% del total. El material comúnmente usado para sistemas transportadores es el caucho, el cual consta de dos componentes importantes; la carcasa y la cubierta (o cobertura). (Conveyor Belt Group, s.f.)

**Carcasa:** La carcasa es el alma de la banda transportadora la cual consta de varias capas, dependiendo de la necesidad. La principal función de la carcasa es la de absorber y transmitir fuerzas actuantes en la banda. Existe una variedad de materiales para la fabricación de bandas de los cuales se está considerando dos tipos, las textiles y las plásticas con refuerzo interior metálico, ya que estas son las más utilizadas en el mercado.

*Carcasa plástica con refuerzo metálico:* Se caracteriza por estar constituida de cordones metálicos embebidos en una matriz de material de goma o plástico la cual se encuentra ubicada entre dos cubiertas.

**Figura 23.** Carcasa con refuerzo de interior metálico



**Fuente:** <http://www.ecorsaperu.com.pe/fajas-transportadoras/>

La Tabla 15 muestra los diámetros máximos de cordón para bandas metálicas tipo ST en función de la tensión de trabajo a la que esté sometida.

**Tabla 15**

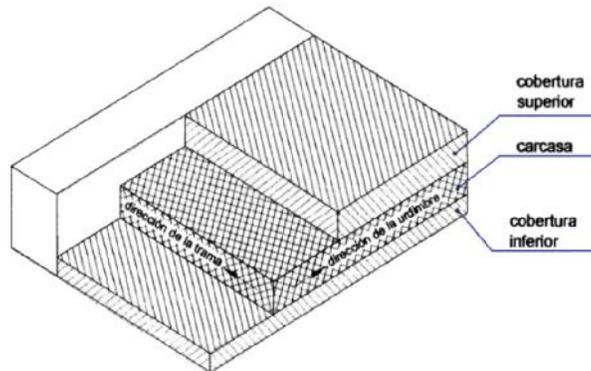
*Diámetro máximo del cordón en una banda metálica*

Bandas metálicas ST		
Denominación	Tensión de trabajo (kg/cm)	Diámetro máx. cordón (mm)
ST 1000	100	4.1
ST 2000	200	5.6
ST 2500	250	7.2
ST 3500	350	8.6
ST 4000	400	8.9

**Fuente:** [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/bandas\\_transportadoras.pdf](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/bandas_transportadoras.pdf)

*Carcasa textil:* La carcasa textil consta de una o varias capas de tejido con cobertura de caucho a cada lado para añadirle adhesión y flexibilidad. La dirección longitudinal se denomina urdimbre y la dirección transversal, trama (ver Figura 24).

**Figura 24.** Estructura interna en una banda textil



**Fuente:** <http://www.germanbelt.com/es/productos/bandas-transportadoras/bandas-transportadoras-textiles.html>

Los tejidos de las bandas pueden tener el mismo o diferente material, tanto en la urdimbre como en la trama. Cada material se identifica mediante una letra (Tabla 16).

**Tabla 16**

*Letras identificativas de materiales*

Letras identificativas	Material del tejido
B	Algodón
Z	Viscosilla
R	Rayón
P	Poliamida
E	Poliéster
D	Aramida
G	Fibra de vidrio

**Fuente:** <https://es.scribd.com/document/239488843/Capitulo-4-Calculo-de-Banda-Transportadora>

Se describirán los materiales más utilizados en la fabricación de la carcasa para bandas textiles.

*Polyester (E)*: Es un tejido que se caracteriza por no verse afectado por los microorganismos y la humedad. Tienen un alto rango de flexibilidad, mantienen una estabilidad en cuanto a su longitud y son resistentes a los ácidos.

*Polyamida (P)*: Está constituido de fibras sintéticas de perlón y nylon. Se caracteriza por su elasticidad la cual puede ser controlada de tal manera que este tipo de textil son uno de los más utilizados para sistemas de bandas transportadoras de elevación; son resistentes a la humedad e impacto de tal manera que es excelente para diversos tipos de servicio.

*Algodón-Nylon*: Es un tejido que consta de una variedad de materiales en su proceso de manufactura, como para la elaboración de la urdimbre y la trama, la cual incrementa la resistencia longitudinal. Tiene una mayor utilización para servicios medianamente pesados.

*Polyester-Polyamida (EP)*: Este tipo de tejidos EP consta de poliamida en la trama y de poliéster en la urdimbre. Esta combinación mejora las características en la banda con las ventajas siguientes:

- Mayor resistencia en proporción al peso.
- Mayor resistencia al impacto.
- Elongación despreciable.
- Elevada flexibilidad, excelente adaptación a la artesa (acanalamiento).
- No presentan susceptibilidad a la humedad y microorganismos.

### **Determinación del tipo y del número de telas de la cinta**

Una cinta, a efectos de su prestación, viene definida por el tipo y el número de sus telas. A su vez, estos elementos resultan de la solicitación máxima de tensión a que

la cinta está sometida. Tal solicitud depende (además de cumplir la relación ancho – número de telas – concavado y número de telas y granulometría):

- De la potencia absorbida por la cinta determinada, como se ha indicado en el párrafo precedente.
- De su velocidad.
- De la amplitud del arco de abrasamiento de la cinta sobre el tambor motriz (para arcos mayores de 240° se tienen dos tambores motrices).
- Del coeficiente de rozamiento entre los tambores motrices y la cinta, es decir, del hecho que se tengan tambores motrices sin revestir o recubiertos de goma.
- Del tipo de tensor empleado en relación a su mayor o menor capacidad de mantener una tensión constante sobre la cinta, es decir, a contrapeso o a tornillo.

Determinada la máxima tensión de la cinta  $T_{max}$  y establecido el ancho de la misma en base al tipo y tamaño del material, el número de telas vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de telas} = \frac{T_{max}}{B \cdot T}$$

Donde:

B: Ancho de la cinta (cm)

$T_e$ : Tensión efectiva (kg/cm)

$$N^{\circ} \text{ de telas} = \frac{898,71}{45,72 \times 15,24}$$

$$N^{\circ} \text{ de telas} = 1,3 \approx 2 \text{ telas}$$

La Tabla 17 da las máximas cargas de trabajo a emplear, según el tipo de tejido, en relación a las condiciones de instalación (PIRELLI, s.f., pág. 35).

**Tabla 17***Número de lonas y espesores para carcasa recomendados*

TIPO DE TEJIDO	Carga de trabajo máxima recomendada de la cinta en kg/cm de ancho y por tela	
	Unión metálica	Unión vulcanizada
L = Algodón de 28 onzas	4.5	5
M = Algodón de 32 onzas	5.5	6
CN6 = Algodón-Nylon	5.5	6
P = Algodón de 35 onzas	6.5	7
CN7 = Algodón-Nylon	6.5	7
Ny 12.5 = Nylon-Nylon	12.5	12.5
Ny 20 = Nylon-Nylon	20	20
Ny 31.5 = Nylon-Nylon	25 (*)	31.5
Ry-Ny 10 = Rayón-Nylon	7.5 (**)	10
Ry-Ny 16 = Rayón-Nylon	12 (**)	16
Ry-Ny 20 = Rayón-Nylon	14 (**)	20

*Fuente:* PIRELLI*(\*) Requiere grapas especiales**(\*\*) No aptos para trabajar a la intemperie o en medios húmedos*

La Tabla 18 muestra los números de telas y tipo de tejido para bandas textiles tipo EP (DUNLOP, s.f., pág. 7).

**Tabla 18**

*Numero de lonas y espesores de carcasa en bandas textiles EP*

Bandas textiles EP		
Denominación	N y – N y	Nº de lonas
EP 250/2	12.5	2
EP 400/3	12.5	3
EP 500/4	12.5	4
EP 400/2	20	2
EP 630/3	20	3
EP 800/4	20	4
EP 750/3	25	3
EP 1000/4	25	4

*Fuente:* DUNLOP

*Tomando en cuenta la carga de trabajo recomendada de la cinta en kg/cm ya calculada, se puede elegir el tipo de tejido para este caso será Ny 20 = Nylon – Nylon, y para un número de telas igual a dos, se tiene una banda textil EP 400/2 según el catálogo DUNLOP.*

**Cubierta:** La cubierta o cobertura es la encargada de brindar protección a la carcasa de la abrasión y de posibles factores que contribuyan con el deterioro de la banda. Se debe considerar que dependerá de las condiciones de operación del sistema en algunos casos, esta protección será moderada en la cual no se requiera protección ni cubierta de la banda; pero si el corte y la abrasión son severos se considerará una cobertura de mayor espesor de lo normal. La principal función de la cobertura es suministrar una protección adecuada a la carcasa con el propósito que esta cumpla el límite de su vida útil.

La cubierta inferior y superior son las encargadas de producir una fricción necesaria entre la banda y el tambor motriz así como entre la banda y el material.

Se requiere tipos de cobertura que sean capaces de resistir el desgaste, calor y/o aceites, etc., o alguna combinación que contribuyan al deterioro de la banda.

## Construcción de la banda

Para poder obtener la construcción de una banda transportadora, se necesita adquirir una combinación adecuada entre la cobertura y la carcasa. De esta manera, se tendrá una construcción correcta para que la banda opere sin dificultad alguna.

Tabla 19 utiliza el recubrimiento superior en función del tamaño máximo de grano, tiempo de recorrido desde el punto de carga hasta el de descarga y abrasividad del material a transportar, haciendo mención a la letra A con un material altamente abrasivo, B con uno moderado y la C poco abrasivo.

**Tabla 19**

*Espesores del recubrimiento superior de la banda*

Grado de abrasividad	Espesor recubrimiento superior (mm)								
	A			B			C		
Tamaño de grano máx. (mm)	0 - 50	50 - 150	>150	0 - 50	50 - 150	>150	0 - 50	50 - 150	>150
Tiempo de recorrido (min)									
<0.2	5 - 6	6 - 8	8 - 10	3 - 5.0	5 - 6	6 - 8	2 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 6.0
0.2 - 0.4	4 - 5	5 - 6	6 - 8	3 - 4.5	5	6	2 - 2.5	2.5 - 4.0	4.0 - 5.0
0.4 - 1	4 - 5	6	8	3 - 4.0	4 - 5	5 - 6	2 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4.0
1 - 5	3 - 5	5 - 6	7 - 8	3 - 5.0	4 - 5	5 - 6	2 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4.0
>5	3 - 5	5 - 6	7 - 8	3 - 5.0	4 - 5	5 - 6	2 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4.0

**Fuente:** <https://docplayer.es/11412065-Diseno-de-una-banda-transportadora-mediante-guide-de-matlab.html>

Para poder determinar el espesor del recubrimiento superior, se tiene que determinar el tiempo de recorrido de transporte del material en función al espacio recorrido y la velocidad a la cual se transporta dicho material.

$$\text{Tiempo recorrido} = \frac{L_t}{V}$$

$$\text{Tiempo recorrido} = \frac{75}{2,5} = 30 \text{ s} = 0,5 \text{ min}$$

Para un tiempo de recorrido de 0,5 min, grado de abrasividad C, y un tamaño de grano de 0 – 50 mm se selecciona un espesor de recubrimiento superior de 2 – 2,5 mm (ROULUNDS, s.f., pág. 14).

La Tabla 20 recomienda valores para espesores del recubrimiento inferior en función del superior.

**Tabla 20**

*Espesores del recubrimiento inferior de la banda*

Espesor superior (mm)	Espesor inferior (mm)
2 - 3	1.5
4 - 5	2.0
6	1.5 - 3.0
8 - 10	2 - 3.0

*Fuente:* <https://es.scribd.com/document/239488843/Capitulo-4-Calculo-de-Banda-Transportadora>

Teniendo el espesor superior de 2 – 2,5 mm se puede seleccionar el espesor de recubrimiento inferior de 1,5 mm según la tabla 20.

Se considera conveniente la solución indicada por consideraciones económicas (menor precio de cinta, por ser más flexible y presentar menor número de capas, y un tensor económico a tornillo).

Ancho (mm)	Velocidad (m/s)	Tejido	Nº de telas	Arco de contacto	Tensor
500	2.5	Ny 20	2	210	A tornillo

### Determinación del peso de la banda

Es de vital consideración que la banda sea transportada y almacenada en condiciones adecuadas; de no ser así, se pueden ocasionar daños, incluso antes de ser instalada. Es necesario conocer el peso y el diámetro del rollo de banda para su correcta manipulación.

El peso total del rollo de banda será:

$$W_{tb} = W_{bl}(2 \cdot L_t + \pi \cdot D)$$

Donde:

$W_{tb}$ : Peso total del rollo de banda (kg).

$W_{bl}$ : Peso total de la banda por unidad de longitud (kg/m) =  $W_b \times B = 6$  kg/m, según la tabla 10.

$L_t$ : Longitud total de la trayectoria de la banda (m)

$D$ : Diámetro de los tambores (m)

$B$ : Ancho de la banda (m)

$$W_{tb} = 6(2 \times 75 + \pi \times 0,4)$$

$$W_{tb} = 907,54 \text{ kg}$$

### Determinación del diámetro del rollo de banda

Es calculada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$D_b = \sqrt{\frac{4 \cdot t_b (2 \cdot L_t + \pi \cdot D)}{\pi}} + t_d$$

Donde:

$D_b$ : Diámetro del rollo de banda (m)

$t_b$ : Espesor de la banda (espesor cubierta + espesor carcasa) (m)

$L_t$ : Longitud total de la trayectoria de la banda (m)

$D$ : Diámetro de los tambores (m)

$t_d$ : Diámetro del tambor de enrollamiento (m)

$$D_b = \sqrt{\frac{4 \times 0,0065 (2 \times 75 + \pi \cdot 0,4)}{\pi}} + t_d = 1,12 + t_d$$

#### 4.4.2 Elección de los rodillos superiores e inferiores

**Rodillos superiores:** Este tipo de rodillos serán los responsables de formar la superficie de recorrido para el transporte del material. Debido a la importancia que tienen los rodillos superiores, han conseguido ser objeto de normalización por parte de los fabricantes en lo que concierne a sus parámetros, con el objetivo de conseguir una intercambiabilidad y mejora entre rodillos.

Para la elección del tipo de rodillo, se debe tener en consideración que existen una amplia gama de rodillos para propósitos diferentes. Algunos de esos rodillos son:

- Rodillos para clasificación
- Rodillos con rodillo central largo
- Rodillos en terna desfasados
- Rodillos de impacto
- Rodillos autoalimentes
- Rodillos de transición
- Rodillos especiales de tipo catenaria
- Rodillos en espiral

**Rodillos inferiores:** Los rodillos inferiores son aquellos que se encargan en la trayectoria de retorno al trasladar la banda transportadora sin material hasta el punto de carga. Los fabricantes proporcionan las características técnicas así como su disposición interna y constructiva. Estos están sujetos a condiciones severas como las de los rodillos superiores. Los rodillos de retorno suelen tener el mismo diámetro que los rodillos superiores. La longitud de los rodillos inferiores es de vital importancia ya que estos

pueden ocasionar daños en los filos a consecuencia del rozamiento entre la cinta y la estructura durante el retorno, es por eso que el espaciamiento y la longitud de los rodillos debe ser como mínimo el ancho de los tambores.

Existen distintos tipos de rodillos de retorno, estos dependerán de las condiciones en las que se dé el funcionamiento. Algunos de estos diseños son:

- Rodillos de retorno con discos de goma
- Rodillos con manga de goma
- Rodillos en espiral o helicoidales

### Selección de los rodillos

La correcta elección del diámetro se tiene que tener en cuenta el ancho de la banda, en la siguiente tabla están indicados los diámetros de los rodillos aconsejables (RUMELCA, s.f., pág. 75).

**Tabla 21**

*Diámetros de rodillos recomendados*

Ancho de banda mm	Para velocidad 2 m/s		2 – 4 m/s			4 m/s		
	Ø rodillos mm		Ø rodillos mm			Ø rodillos mm		
500	89		89					
650	89		89	108				
800	89	108	89	108	133	133		
1000	108	133	108	133	133		159	
1200	108	133	108	133	159	133	159	
1400	133	159	133	159	133		159	
1600	133	159	133	159	194	133	159	194
1800	159	159	194	159	194			
2000	159	194	159	194	159		194	
2200 y superior	194		194			194		

*Fuente:* RUMELCA

*Para el caso de servicio ligero y teniendo en cuenta un ancho de banda de 18 pulg. seleccionamos un rodillo de un diámetro de 89 (mm).*

Se ha mencionado que uno de los factores importantes que hay que considerar en el diseño de una cinta transportadora es la velocidad de traslación de la banda, en relación con las condiciones de transporte requeridas.

Con la velocidad de la banda y el diámetro de los rodillos, se determina el número de revoluciones de los mismos según la siguiente fórmula:

$$\omega_R = \frac{V \cdot 1000 \cdot 60}{D \cdot \pi}$$

Donde:

D: Diámetro del rodillo (mm)

V: Velocidad de la banda (m/s)

$\omega_R$ : Velocidad angular del rodillo (rpm)

$$\omega_R = \frac{2,5 \times 60000}{89 \times \pi}$$

$$\omega_R = 536,48 \text{ rpm}$$

#### **4.4.3 Elección de los tambores de carga y descarga**

Para el diseño de tambores, se debe determinar el ancho de cara del tambor, el diámetro y la distancia entre apoyos. Se explicará con detalle cada uno de estos parámetros.

##### **Determinación del ancho de la cara del tambor**

Para calcular el ancho de cara del tambor, se necesita conocer el ancho de la banda y aplicar las ecuaciones siguientes según sea el caso.

$$F = B + 0,05 \quad \text{si } B < 1 \quad \text{o} \quad F = B + 0,075 \quad \text{si } B > 1$$

Donde:

F: Ancho de cara del tambor (m)

B: Ancho de banda (m)

$$F = 0,4572 + 0,05 = 0,51 \text{ m}$$

*Se debe revisar el catálogo del fabricante para comprobar que existe el tamaño de cara de tambor que se requiere. En caso contrario, se debe seleccionar el mínimo ancho de cara ofrecido por el fabricante que cumpla las ecuaciones anteriores.*

### **Determinación del diámetro de tambor**

Para la elección del diámetro del tambor, dependerá del tipo y espesor de la banda transportadora. La banda consta de una carcasa compuesta y de una cobertura de goma denominada cubierta; esta será sometida a tensiones. Se aplicarán fórmulas de resistencia de materiales para determinar las tensiones actuantes en función del número de capas, los diámetros de los tambores y el esfuerzo tangencial aplicado. Se muestra la siguiente ecuación para poder hallar el diámetro del tambor.

$$D_{\min} = \frac{360 \cdot T}{p \cdot \pi \cdot \varphi \cdot B}$$

Donde:

$T_e$ : Fuerza de accionamiento (kg)

p: Capacidad de transmisión tambor/banda (1600 a 2000 kg/m<sup>2</sup>)

$\varphi$ : Ángulo de contacto (°)

B: Ancho de banda (m)

$$D_{\min} = \frac{360 \times 696,67}{2000 \times \pi \times 210 \times 0,4572} = 0,41574 \text{ m} = 415,74 \text{ mm}$$

Los fabricantes indican el diámetro mínimo que se debe emplear. La Tabla 22 muestra diámetros normalizados s/DIN 22101 recomendados por Dodge (DODGE, s.f.).

**Tabla 22**

*Diámetros de tambores recomendados*

Arco de contacto (°)	Diámetro del tambor (mm)													
	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1400	1600	1800	2000	2200
30	8	10	11	18	25	31	40	61	71	81	91	101	111	121
40	6	8	10	15	21	26	35	52	61	69	78	87	95	104
50	5	7	8	12	18	23	30	45	53	60	68	76	83	91
60	5	7	8	12	18	22	29	44	51	58	66	73	80	88
70	5	7	9	13	18	23	31	46	53	61	69	77	84	92
80	6	8	9	14	20	25	33	50	58	66	75	83	91	100
90	6	8	10	15	21	26	35	53	62	71	80	89	98	107
100	7	9	11	16	23	28	38	57	67	75	85	94	103	112
110	8	10	11	18	20	25	31	51	61	81	91	106	120	134
120	8	10	11	18	25	32	43	64	75	86	96	107	118	128
130	9	11	13	20	28	35	46	70	82	94	105	117	129	140
140	10	12	14	22	32	39	53	79	92	105	118	131	144	157
150	11	13	16	25	35	44	59	89	103	118	132	147	161	175
160	12	15	18	28	39	49	66	98	114	131	147	164	180	196
170	13	17	20	31	44	54	73	109	127	146	163	182	200	218
180	15	18	22	34	48	61	81	121	141	161	182	202	222	243
190	13	17	20	31	44	54	73	109	127	146	163	182	200	218
200	12	15	18	28	39	49	66	98	114	131	147	164	180	196
210	11	13	16	25	35	44	59	89	103	118	132	147	161	175
220	10	12	14	22	32	39	53	79	92	105	118	131	144	157
230	9	11	13	20	28	35	46	70	82	94	105	117	129	140
240	8	10	11	18	25	32	43	64	75	86	96	107	118	128

*Fuente:* DODGE

*Para un arco de contacto de 210° y una tensión de trabajo unitaria de 19,28 N/mm, se tiene un diámetro de tambor de 400 mm aproximadamente según valores recomendados por Dodge.*

#### 4.4.4 Obtención del diámetro mínimo del eje del tambor

El eje del tambor es un elemento rotatorio de sección transversal circular cuya función es transmitir la potencia y el movimiento al sistema transportador. Dada la configuración geométrica de los tambores, los criterios de diseño más importantes que se deben considerar para diseñar el eje son:

- Deformación por flexión.
- Deformación por torsión.

Para el diseño de los ejes, primero se debe calcular la fuerza resultante sobre los tambores, la cual dependerá de las tensiones  $T_1$  (tensión máxima),  $T_2$  (tensión mínima) y del ángulo de contacto entre el tambor y la banda ; las ecuaciones son las siguientes:

$$R_T = (T_1 + T_2) \sin(\varphi/2) \quad \text{Tambores motrices}$$

$$R_T = (2 T_2) \sin(\varphi/2) \quad \text{Tambores no – motrices}$$

Para el caso de tambores motrices:

$$R_T = (T_1 + T_2) \sin(\varphi/2)$$

Donde:

$R_T$ : Fuerza resultante sobre el tambor (N)

Los demás parámetros se especificaron anteriormente.

$$R_T = (8813,28 + 2045,18) \sin(105)$$

$$R_T = 10488,47 \text{ N}$$

Luego se determinará el momento flector y el torque que actúan sobre el eje del tambor, las ecuaciones son las siguientes:

$$T = \frac{P_m \cdot 60 \cdot 10^6}{2\pi \cdot \omega_T}$$

Donde:

T: Torque en el tambor (N.mm)

$P_m$ : Potencia instalada del motor (kw)

$\omega_T$ : velocidad angular del tambor (rpm)

Esta última puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\omega_T = \frac{60000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

Donde:

V: Velocidad de la banda (m/s)

D: Diámetro del tambor (mm)

$$\omega_T = \frac{60000 \times 2,5}{\pi \times 400} = 119,37 \text{ rpm}$$

Teniendo la velocidad angular calculada podemos calcular el torque en el tambor de la siguiente manera:

$$T = \frac{19,98 \times 60 \times 10^6}{2\pi \times 119,37}$$

$$T = 1,59 \text{ MN. mm}$$

Luego se calcula el momento flector sobre el eje del tambor de la siguiente manera:

$$M = \frac{R_T (B_C - F)}{4}$$

Donde:

M: Momento flector en el tambor (N.mm)

Bc: Distancia entre apoyos (mm)

F: Ancho de cara del tambor (mm)

$$M = \frac{10488,47 (810 - 507,2)}{4}$$

$$M = 0,79 \text{ MN. mm}$$

El valor de Bc se determina de acuerdo a la geometría de la estructura del transportador, se puede emplear valores recomendados en la Tabla 23 en función del ancho de la banda y del tipo de tambor (BELT SOLIDS HANDLING, s.f.).

**Tabla 23**

*Distancia entre apoyos en los tambores*

Ancho de la banda (mm)	Distancia entre apoyos (mm)		
	Tambor motriz	Tambor de cola	Tambor adicional
400	760	760	630
450	810	810	680
600	1020	1020	840
750	1170	1170	990
900	1370	1370	1140
1050	1520	1520	1300
1200	1680	1680	1450
1350	1830	1830	1600
1500	1980	1980	1750
1650	2130	2130	1900
1800	2400	2400	2050

*Fuente:* BELT SOLIDS HANDLING

### Análisis Dinámico

Con los datos anteriormente calculados, se puede determinar el diámetro mínimo del eje del tambor debido a los esfuerzos combinados tanto de flexión como de torsión. Aplicando la fórmula ASME, el diámetro del eje se calcula con la siguiente ecuación:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot S_{sd}} \left( \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2} \right)}$$

Donde:

$d_s$ : Diámetro mínimo del eje (mm)

$S_{sd}$ : Esfuerzo permisible a corte del material del eje (acero NOM – 1045 T.C estandarizado recomendable según “ASME”)

$K_m$ : Factor de carga de momento flector = 2

$K_t$ : Factor de carga de torsión = 1,5

$M$ : Momento flector (N.mm)

$T$ : Torque (N.mm)

**Esfuerzo permisible a corte:** Se acostumbra tomar el menor valor de:

$$S_{sd} = 0,3 \times S_y \quad \text{o} \quad S_{sd} = 0,18 \times S_u$$

$$S_{sd} = 0,3 \times 529,56 = 158,87 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{sd} = 0,18 \times 627,62 = 112,97 \text{ N/mm}^2$$

Donde:

$$S_y = \text{Esfuerzo de fluencia} = 529,56 \text{ N/mm}^2$$

$$S_u = \text{Esfuerzo de rotura} = 627,62 \text{ N/mm}^2$$

Si en el eje existe canal chavetero o rosca, al valor del esfuerzo permisible se multiplica por 0,75.

$$S_{Sd} = 0,75 \times S_{Sd} = 0,75 \times 112,97 = 84,73 \text{ N/mm}^2$$

Reemplazando en la fórmula ASME para el cálculo de ejes:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 84,73} \left( \sqrt{(2 \times 793977,18)^2 + (1,5 \times 1598349,22)^2} \right)}$$

$$d_s = 55,71 \text{ mm}$$

**Tabla 24**

*Dimensiones de chavetas estándar DIN 6885*

Diámetro del eje (mm)		Ancho (mm)	Altura (mm)	
Más de	hasta		Alta	Plana
50	58	16	10	7

*Fuente:* Diseño de Elementos de Maquinas II – Msc. Ing. F. Alva Davila

El eje está sometido a flexión alternante y torsión continua, por tanto, se tiene:

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \times 793977,18}{\pi \times 55,71^3} = 46,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xz} = \frac{16 T}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau_{xz} = \frac{16 \times 1598349,22}{\pi \times 55,71^3} = 47,08 \text{ N/mm}^2$$

### Análisis Estático

Se obtiene los esfuerzos principales normales, que constituyen la base para el diseño estático de la siguiente manera:

$$\sigma_{A,B} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}$$

$$\sigma_{A,B} = \frac{46,77}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{46,77}{2}\right)^2 + 47,08^2}$$

$$\sigma_A = \sigma_1 = 75,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_B = \sigma_3 = -29,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_P = \tau_1 = \frac{16}{\pi \cdot d^3} \times \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$\tau_P = \tau_1 = \frac{16}{\pi \times 55,71^3} \times \sqrt{793977,18^2 + 1598349,22^2} = 52,57 \text{ N/mm}^2$$

Aplicando la teoría de la energía de distorsión:

$$S_A = \frac{S_y}{\sqrt{1 + \frac{\sigma_3}{\sigma_1} + \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right)^2}}$$

$$S_A = \frac{529,56}{\sqrt{1 + \left(\frac{-29,18}{75,95}\right) + \left(\frac{29,18}{75,95}\right)^2}}$$

$$S_A = 606,09 \text{ N/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$\eta = \frac{S_A}{\sigma_1} = \frac{96,98}{75,95} = 7,98$$

Como  $> 5,8$  (para fatiga) no falla estáticamente.

### Selección de rodamientos para tambores

Las cargas actuantes en los rodamientos constan de la fuerza resultante en el tambor  $R_T$ , más la fuerza de inercia adicional que corresponde al peso del tambor elegido. De tal manera que la carga total en el rodamiento está, definida por la siguiente ecuación:

$$F_R = \frac{R_T + W}{2}$$

Donde:

$F_R$ : Carga sobre el rodamiento (N)

$R_T$ : Fuerza resultante sobre el tambor (N)

$W$ : Peso promedio del tambor seleccionado (N)

#### Según el tipo de tambor:

$W_{TM}$ : Peso promedio del tambor motriz seleccionado (N) = 0,94 KN

$$F_{R-TM} = \frac{10,49 + 0,94}{2}$$

$$F_{R-TM} = 5,72 \text{ KN}$$

$W_{TC}$ : Peso promedio del tambor de cola seleccionado (N) = 1,3 KN

$$F_{R-TC} = \frac{10,49 + 1,3}{2} = 5,89 \text{ KN}$$

Se requiere seleccionar un rodamiento rígido de bolas que a 119,37 rpm, soporte una carga radial en el tambor motriz de 5,72 KN, y una carga radial en el tambor cola de 5,89 KN y una carga axial despreciable para ambos tambores. La duración debe alcanzar 20000 hrs. de funcionamiento según la Tabla 24 (Davila, 2011, pág. 125).

**Tabla 25***Duración del servicio para diferentes tipos de máquinas*

Clase de maquina	Horas
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, transportadores de faja, equipos de impresión, centrifugas y separadoras.	20000 a 30000

*Fuente:* Diseño de Elementos de Maquinas II – Msc. Ing. F. Alva Davila

*Datos:*

$$F_{RTM} = 5,72 \text{ KN} \quad , F_{RTC} = 5,89 \text{ KN} \quad , F_a = \text{poco representativa}$$

$$n = 119,37 \text{ rpm} \quad , L_n = 20000 \text{ hrs.}$$

Duración expresada en millones de revoluciones:

$$L = \frac{60nL_n}{10^6} = \frac{60 \times 119,37 \times 20000}{10^6} = 143,24$$

$$\text{Seguridad de carga requerida: } \frac{C}{P} = L^{1/P} = L^{1/3}$$

Donde:  $P = 3$  (para rodillos de bola)

La capacidad de la carga dinámica para el rodamiento en el tambor motriz requerida será:

$$C = F_{RTM} \times L^{1/3} = 5,72 \times 143,24^{1/3} = 29,90 \text{ KN}$$

La capacidad de la carga dinámica para el rodamiento en el tambor cola requerida será:

$$C = F_{RTC} \times L^{1/3} = 5,89 \times 143,24^{1/3} = 30,84 \text{ KN}$$

**La capacidad de la carga dinámica para el tambor motriz sería:**

$$C_{TM} = 29,90 \text{ KN}$$

### La capacidad de la carga dinámica para el tambor cola sería:

$$C_{TC} = 30,84 \text{ KN}$$

De las tablas de rodamientos rígidos de bolas escogemos a los que posean una capacidad de carga dinámica de por lo menos  $C_{TM} = 29,90 \text{ KN}$ , y  $C_{TC} = 30,84 \text{ KN}$  (Davila, 2011, pág. 152).

**Tabla 26**

*Tipo de rodamiento rígido de bolas*

RODAM N°	d mm	D mm	B mm	d <sub>i</sub> mm	D <sub>i</sub> mm	R mm	CAPAC. KN		RPM máx.	
							C	C <sub>O</sub>	grasa	aceite
SERIE 64										
6310	50	110	27	68.70	92.10	3.0	47.50	36.00	6300	7500

*Fuente:* Diseño de Elementos de Máquinas II – Msc. Ing. F. Alva Dávila

*Seleccionamos el rodamiento n° 6310, ya que es la que se aproxima más a las cargas dinámicas tanto para el tambor motriz como para el tambor cola.*

#### 4.4.5 Características de desempeño del reductor

##### Transmisión por tornillo sin fin y rueda dentada

Este tipo de transmisiones son empleadas para grandes reducciones de velocidad en un espacio reducido. El procedimiento de cálculo se realiza según la Norma AGMA, se incluyen las tablas correspondientes.

Se requiere diseñar un reductor de tornillo sin fin – rueda dentada para transmitir 30 hp en el eje de entrada. El reductor será accionado por un motor eléctrico a 1770 rpm, conectado directamente a su eje de entrada por medio de un acoplamiento flexible. El reductor debe suministrar 119,37 rpm. Usar un factor de servicio igual a 1,5.

Solución:

$$P = 30 \text{ hp} = 30,43 \text{ cv} ; n_w = 1770 \text{ rpm} ; n_g = 119,37 \text{ rpm} ; f_s = 1,5$$

Relación de velocidades:

$$m_g = \frac{1770}{119,37} = 14,83 \quad \Rightarrow \quad \frac{N_g}{N_w} = \frac{15}{1}, \frac{30}{2}, \frac{45}{3}, \frac{60}{4}$$

Si:  $N_g = 45$ ,  $N_w = 3$ ,  $\Rightarrow \phi_n = 20^\circ \Rightarrow N_{g\min} = 25$  (Tabla 26) (Davila, 2011, pág. 91)

### Tabla 27

*Número mínimo de dientes de la rueda dentada*

$\phi_n$	$N_g$
20	25
25	20

**Fuente:** Diseño de Elementos de Máquinas II - Ing. F. Alva Dávila

$$N_w = 3 \Rightarrow 10^\circ \leq \phi \leq 24^\circ \text{ (Tabla 27) (Davila, 2011, pág. 91)} \Rightarrow \phi_n = 20^\circ$$

### Tabla 28

*Límites del ángulo para la rueda dentada*

N° de entradas	Ángulo de avance
1	6°
1 – 2	12°
3 – 4	10° - 24°
5 – 6	15° - 36°
7	20°

**Fuente:** Diseño de Elementos de Máquinas II - Ing. F. Alva Dávila

=>  $N_{gmin} = 25 < 45$  dientes que tendría la rueda Ok!

Pero si:  $N_g = 45 \Rightarrow C_{gw} = 370$  mm como valor máximo.

**Tabla 29**

*Número de dientes recomendados para la rueda dentada de avance*

Distancia entre centros (mm)	Tipo cilíndrico	Tipo doble garganta
	Mínimo	Recomendado
50	20	20 – 40
75	25	24 – 50
100	25	30 – 50
125	25	30 – 50
200	25	40 – 60
250	29	40 – 60
380	35	50 – 60
500	40	50 – 70
610	45	60 – 80

*Fuente:* Diseño de Elementos de Máquinas II - Ing. F. Alva Dávila

Potencia de diseño:

$$P_{di} = 30,43 \times 1,5 = 45,65 \text{ cv}$$

Para dos entradas del tornillo:  $10^\circ \leq \lambda \leq 24^\circ$

(Davila, 2011, pág. 100) Nuevamente del monograma tenemos:

$$180 \leq C_{gw} \leq 370 \text{ mm}$$

$$(\lambda = 24^\circ) \quad (\lambda = 10^\circ)$$

Entonces, el paso axial:

$$P_x = 1, 1 \frac{1}{4}, 1 \frac{1}{2}, 1 \frac{3}{4}$$

Asumiendo:  $P_x = 1 \frac{1}{4} \Rightarrow 260 \leq C_{gw} \leq 290$  mm

Adoptando:  $C_{gw} = 275$  mm  $N_g = 45$  ,

$$P_X = 1 \frac{1}{4}'' \approx 31,75 \text{ mm} \quad N_W = 3$$

### Cálculo de las otras dimensiones de la transmisión

- Diámetro de paso de la rueda dentada:

$$D_g = \frac{P_X \times N_g}{\pi} = \frac{31,75 \times 45}{\pi} = 454,79 \text{ mm}$$

- Diámetro de paso del tornillo sinfín:

$$D_w = 2C_{gW} - D_g = 2 \times 275 - 454,79 = 95,21 \text{ mm}$$

- Ángulo de avance del tornillo:

$$\text{tg } \lambda = \frac{P_X \times N_W}{\pi \times D_W} = \frac{31,75 \times 3}{\pi \times 95,21} = 0,318 \Rightarrow 10^\circ \leq \lambda = 17,66 \leq 24^\circ \quad \text{Ok!}$$

- Adendo (a): para  $\phi_n = 20^\circ$

$$a = 0,3183 (p_x) = 0,3183 (31,75) = 10,11 \text{ mm}$$

- Dedendo (b):

$$b_g = 0,3683 (p_x) = 0,3683 (31,75) = 11,69 \text{ mm}$$

- Diámetro exterior del tornillo:

$$D_{ow} = D_w + 2a = 95,21 + 2 \times 10,11 = 115,43 \text{ mm}$$

- Diámetro de la garganta de la rueda dentada:

$$D_t = D_g + 2a = 454,79 + 2 \times 10,11 = 475,01 \text{ mm}$$

- Ancho de la rueda dentada:

$$F_g = 1,05 \sqrt{D_{ow}^2 - D_w^2} = 1,05 \sqrt{115,43^2 - 95,21^2} = 68,53 \text{ mm}$$

Usando un ancho de:  $F_g = 69 \text{ mm}$

- Ancho efectivo de la rueda dentada:  $F = F_g = 69 \text{ mm}$

$$F = \frac{2}{3} D_v = \frac{2}{3} (95,21) = 63,47 \text{ mm}$$

Se toma el menor valor:  $F = 64 \text{ mm}$

– Velocidad de deslizamiento:

$$V_s = \frac{\pi \times D_v \times n_v}{60000 \times \cos \lambda} = \frac{\pi \times 95,21 \times 1770}{60000 \times \cos 17,66^\circ} = 9,26 \text{ m/s}$$

– Carga tangencial:

$$W_{tg} = 1,3455 \times 10^{-3} \times K_S \times D_g^{0,8} \times F \times K_m \times K_V$$

### Por método AGMA

– Factor de material (acero maquinado fundido en moldes de arena):

$$K_S = 700 \text{ (Ancho efectivo del diente Fe, en mm.)}$$

– Factor de corrección por relación de transmisión:

$$K_m = 0,8 \quad \text{para} \quad m_g = 14,83$$

– Factor de velocidad:

$$K_V = 0,188 \text{ (depende de la velocidad de deslizamiento, m/s)} \quad V_s = 9,26 \text{ m/s}$$

–  $f = 0,0168$  con  $V_s = 9,26 \text{ m/s}$

$$W_{tg} = 1,3455 \times 10^{-3} \times 700 \times 454,79^{0,8} \times 64 \times 0,8 \times 0,188$$

$$W_{tg} = 1212,43 \text{ kg} - \text{fza}$$

Potencia en el eje:

$$P_{eje} = \frac{W_{tg} \times D_g \times n_v}{1,4325 \times 10^6 \times m_g}$$

$$P_{eje} = \frac{1212,43 \times 454,79 \times 1770}{1,4325 \times 10^6 \times 14,83}$$

$$P_{eje} = 45,94 \text{ cv} = 45,31 \text{ hp}$$

Quiere decir, que su eje de salida, el reductor puede entregar como máximo una potencia de 45,94 cv.

Fuerza de fricción:

$$W_f = \frac{f \times W_{tg}}{\cos \varnothing_n \times \cos \lambda^\circ - f \times \sin \lambda^\circ}$$

$$W_f = \frac{0,0168 \times 1212,43}{\cos 20^\circ \times \cos 17,66^\circ - 0,0168 \times \sin 17,66^\circ}$$

$$W_f = 22,88 \text{ kg} - f$$

Potencia perdida por fricción:

$$P_f = \frac{W_f \times V_S}{75} = \frac{22,88 \times 9,26}{75} = 2,83 \text{ cv}$$

Pérdidas menores de potencia: Se considerara las pérdidas producidas por fricción en los cojinetes, por agitación del lubricante, fricción en los sellos y otros, del 2%.

Potencia en el eje de entrada:

$$P_i = \frac{P_{eje} + P_f}{\eta_m} = \frac{45,94 + 2,83}{0,98} = 49,77 \text{ cv}$$

$$\Rightarrow 49,77 \text{ cv} = 49,09 \text{ hp} > 45,65 \text{ cv} = 45,03 \text{ hp} \quad \text{Ok!}$$

Eficiencia del reductor:

$$\eta = \frac{P_{eje}}{P_i} = \frac{45,94}{49,77} = 0,923 \Rightarrow \eta = 92,2 \%$$

**Resumiendo:**

$$D_g = 454,79 \text{ mm } \varnothing \quad , \quad D_w = 95,21 \text{ mm } \varnothing$$

$$D_{ow} = 115,43 \text{ mm } \varnothing \quad , \quad F_g = 64 \text{ mm} \quad , \quad a = 10,11 \text{ mm}$$

$$P_X = 31,75 \text{ mm} \quad , \quad D_t = 475,01 \text{ mm } \varnothing$$

$$D_{og} = 2C_{gw} - \sqrt{(D_w - 2a)^2 - (0,8F)^2}$$

$$D_{og} = 2 \times 275 - \sqrt{(95,21 - 2 \times 10,11)^2 - (0,8 \times 64)^2}$$

$$D_{og} = 495,21 \text{ mm } \emptyset$$

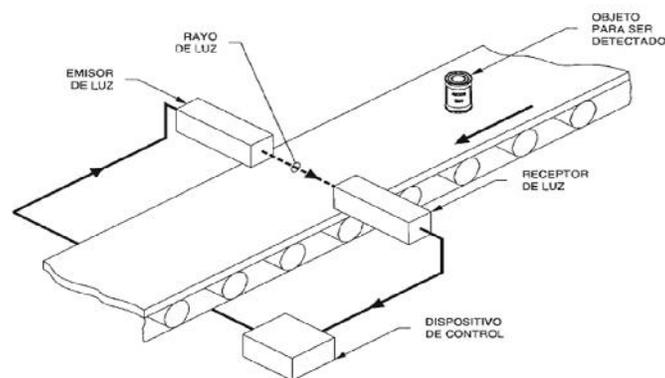
$$r = 0,1 \times F = 0,1 \times 64 = 6,4 \text{ mm}$$

$$L_w = \left( 4,5 + \frac{N_g}{50} \right) P_x = \left( 4,5 + \frac{45}{50} \right) \times 31,75 = 171,45 \text{ mm}$$

#### 4.4.6 Utilización de un sensor fotoeléctrico

Este tipo de sensores detectan la presencia o la usencia virtual de cualquier objeto sin tener contacto físico. Estos pueden satisfacer una amplia gama de necesidades de control; la posición, pueden contar, detectar tamaño o la altura, controlar velocidades de operación entre otros. La Figura 25 indica una aplicación usual del sensor fotoeléctrico (Autonics sensors & controllers, s.f.).

**Figura 25.** Sensor fotoeléctrico



**Fuente:** <https://www.bridgestone.com/products/diversified/conveyorbelt/es/products/relatedequipment.html>

Este tipo de sensores utilizan un rayo de luz para detectar la presencia o el movimiento de un objeto. Consisten de un emisor de luz y de un receptor. El emisor es

un diodo de emisión (LED) que emite una longitud de onda específica de luz. La luz infrarroja, las rojas visibles, la verde y la azul se utilizan como fuente de luz en la mayoría de los sensores fotoeléctricos.

Existen algunas ventajas en la utilización de sensores fotoeléctricos.

- Detección fiable debido a la tecnología que posee.
- Alta inmunidad a las perturbaciones ópticas.
- Los puntos de luz luminosos, son pequeños y exactos permitiendo una alineación del sensor rápida y sencilla.
- Son de fácil instalación y puesta en servicio.
- Máxima diversidad del sensor con el mínimo esfuerzo de montaje e instalación.

**Tabla 30**

*Tipo de sensor fotoeléctrico*

Principio del sensor	Principio de detección	Distancia de conmutación máx.	Tipo de conmutación del modelo	Tipo de conmutación	Conexión	modelo	Nº articulo
Sensores fotoeléctricos	energético	10 mm – 2000 mm	PNP	Conmutación claro/oscuro	Conector M12 de 4 pines	WTE280-2P2431	6044728
			NPN			WTE280-2N2431	6044729
			Relé	Conmutación a claro	Cable de 5hilos, 2 m	WTE280-2H1531	6044731
					Conexión de bornes	WTE280-2H4331	6044730

*Fuente:* SICK

*Se recomienda utilizar un sensor fotoeléctrico en el montaje para determinar si existe carga algún, en caso contrario no existiese dicha carga el sistema transportador debe apagarse automáticamente (SICK, s.f., pág. 24).*

#### 4.4.7 Estructura de soporte

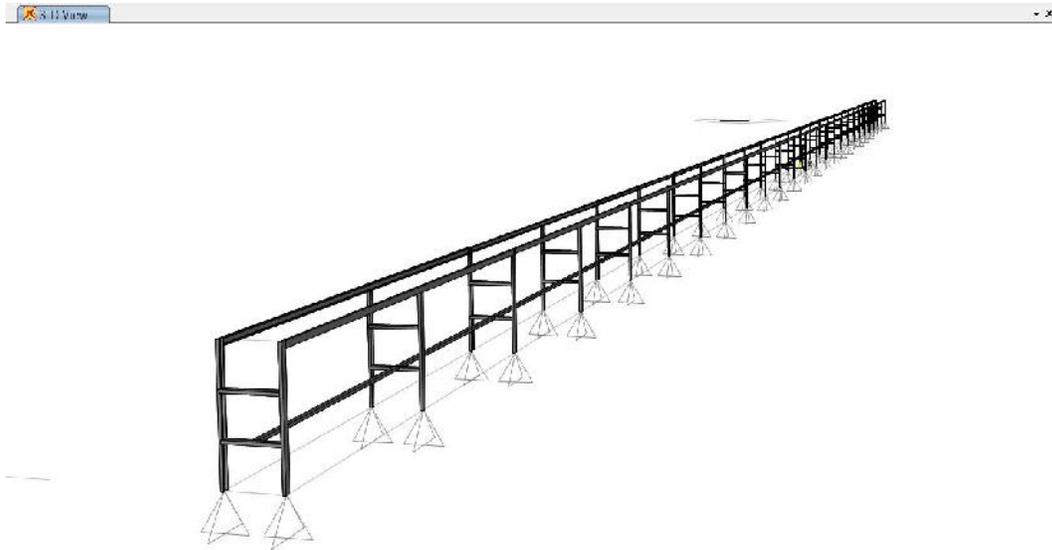
##### **Análisis del tipo de perfil para el soporte de la banda en SAP2000**

SAP2000 es un software especializado para diseño, implementando el método de los elementos finitos dentro de una interfaz gráfica 3D orientada a objetos. Se pueden analizar cualquier tipo de estructuras con este programa, e incluso diseñar elemento por elemento de manera precisa con los reglamentos más conocidos (ACI En EU, RCDF en México, EUROCODIGO en Europa, etc.) Para SAP2000 es muy importante entregar al usuario un interfaz sofisticado, intuitivo, versátil con el objeto de aportar diseños inigualables en instalaciones de transporte, industriales, de obras públicas, deportes y otras instalaciones (Software Shop, s.f.).

Haciendo uso de su moderno y potente entorno de diseño, SAP2000 ha demostrado ser el programa de diseño estructural más productivo e integrado en el mercado actual.

El SAP2000 es un programa interactivo ya que colabora de manera armoniosa con otras normativas muy relacionadas con su carácter. Este programa tiene en su base de datos la información relacionada con la norma AISC-LRFD93, ASTM, etc. Además, tiene una amplia librería donde ha recabado información concerniente al diseño estructural.

**Figura 26.** Diseño del soporte en SAP2000



**Fuente:** Elaboración propia

Tabla 31

Resultados para determinar el tipo de perfil del soporte

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD93													
Frame	DesignSect	Location	Pu	Tu	TotalRatio	PRatio	MMajRatio	MMinRatio	SRLimit	Cb	Fy	E	
Text	Text	mm	Kgf	Kgf-mm	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Kgf/mm2	Kgf/mm2	
1	C3x4.1	1461.9	-109.7061448	28.28692881	0.039200089	0.011679782	0.02326105	0.004259257	0.95	2.150591687	35.15348131	20389.01916	
2	C3x4.1	1461.9	-109.7061448	-28.28692881	0.039200089	0.011679782	0.02326105	0.004259257	0.95	2.150591687	35.15348131	20389.01916	
10	C3x4.1	738	-0.371776241	5.54217E-14	0.003326406	0	0	0.003306652	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
11	C3x4.1	369	-0.586976203	486.8105838	0.020882903	0	0.012733038	0.008131483	0.95	1.29654279	35.15348131	20389.01916	
13	C3x4.1	500	-93.25039015	-9.393939397	0.01222417	0.002542557	0.003113451	0.006568162	0.95	2.147090664	35.15348131	20389.01916	
14	C3x4.1	500	-93.25039015	9.393939397	0.01222417	0.002542557	0.003113451	0.006568162	0.95	2.147090664	35.15348131	20389.01916	
15	C3x4.1	0	-2.217590473	0	0.003661831	0	0	0.003589614	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
16	C3x4.1	369	-0.00502472	-91.63459424	0.023310942	0	0.005253051	0.018057734	0.95	1.302033055	35.15348131	20389.01916	
18	C3x4.1	3000	44.32821858	1.38378E-14	0.043646024	0.000897401	0	0.042748623	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
19	C3x4.1	500	-105.1796183	37.75906415	0.015125345	0.007774718	0.00124733	0.006103298	0.95	1.535794931	35.15348131	20389.01916	
20	C3x4.1	500	-105.1796183	-37.75906415	0.015125345	0.007774718	0.00124733	0.006103298	0.95	1.535794931	35.15348131	20389.01916	
21	C3x4.1	0	-1.746751197	2.46521E-14	0.003632803	0	0	0.003569635	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
22	C3x4.1	369	-0.12657354	-24.86509331	0.018375757	0	0.001813071	0.016558866	0.95	1.30512605	35.15348131	20389.01916	
23	C3x4.1	0	25.78044176	-1.65755E-14	0.039492953	0.000521911	0	0.018931084	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
24	C3x4.1	500	-103.487234	31.20365277	0.00997401	0.002821673	0.001030839	0.006144888	0.95	1.437697472	35.15348131	20389.01916	
25	C3x4.1	500	-103.487234	-31.20365277	0.00997401	0.002821673	0.001030839	0.006144888	0.95	1.437697472	35.15348131	20389.01916	
26	C3x4.1	0	-1.977226247	-9.274E-16	0.003524986	0	0	0.003461141	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
27	C3x4.1	369	0.038900741	-2.344430702	0.018267418	0	0.001421505	0.016845125	0.95	1.30577427	35.15348131	20389.01916	
28	C3x4.1	3000	19.32851893	1.60095E-14	0.036139805	0.000391296	0	0.035748509	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
29	C3x4.1	500	-105.561016	21.83606654	0.014689735	0.00780291	0.000721335	0.006165489	0.95	1.313348644	35.15348131	20389.01916	
30	C3x4.1	500	-105.561016	-21.83606654	0.014689735	0.00780291	0.000721335	0.006165489	0.95	1.313348644	35.15348131	20389.01916	
31	C3x4.1	738	-1.870934648	7.47387E-15	0.003607879	0	0	0.003546828	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
32	C3x4.1	369	-0.070778909	-2.301680625	0.017681853	0	0.000888687	0.01679095	0.95	1.30726904	35.15348131	20389.01916	
33	C3x4.1	3000	14.2617743	1.71783E-14	0.035528276	0.000288722	0	0.035239554	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
34	C3x4.1	500	-103.2220899	16.28444719	0.009460544	0.002814444	0.000537968	0.006108132	0.95	1.39173177	35.15348131	20389.01916	
35	C3x4.1	500	-103.2220899	-16.28444719	0.009460544	0.002814444	0.000537968	0.006108132	0.95	1.39173177	35.15348131	20389.01916	
36	C3x4.1	0	7.98441716	-7.063965325	0.014215736	0.007811144	0.000233352	0.006171239	0.95	2.266882865	35.15348131	20389.01916	
37	C3x4.1	369	0.072203571	-0.309820011	0.039492953	0	0.000713562	0.01677292	0.95	1.306269269	35.15348131	20389.01916	
38	C3x4.1	3000	11.08233675	1.32011E-14	0.035476471	0.000224356	0	0.035252115	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
39	C3x4.1	500	-105.3721483	12.99093538	0.01436438	0.007788949	0.000429143	0.006146288	0.95	2.160354381	35.15348131	20389.01916	
40	C3x4.1	500	-105.3721483	-12.99093538	0.01436438	0.007788949	0.000429143	0.006146288	0.95	2.160354381	35.15348131	20389.01916	
41	C3x4.1	738	-1.919448898	2.45269E-14	0.003568151	0	0	0.003506458	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
42	C3x4.1	369	-0.021979787	-0.795620506	0.017633998	0	0.000847443	0.016758667	0.95	1.302004097	35.15348131	20389.01916	
43	C3x4.1	3000	8.535800158	1.61777E-14	0.035428483	0.000172803	0	0.03525568	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
44	C3x4.1	500	-103.3152603	9.972221855	0.009271086	0.002816984	0.00032944	0.006124662	0.95	2.260130419	35.15348131	20389.01916	
45	C3x4.1	500	-103.3152603	-9.972221855	0.009271086	0.002816984	0.00032944	0.006124662	0.95	2.260130419	35.15348131	20389.01916	
46	C3x4.1	738	-1.953091852	2.45269E-14	0.003523244	0	0	0.003460687	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
47	C3x4.1	369	0.033467738	0.467901069	0.017592335	0	0.000810965	0.016780692	0.95	1.300285245	35.15348131	20389.01916	
48	C3x4.1	3000	5.543819864	1.52972E-14	0.035386184	0.000112232	0	0.035273952	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
49	C3x4.1	500	-105.6724149	7.063965325	0.014215736	0.007811144	0.000233352	0.006171239	0.95	2.266882865	35.15348131	20389.01916	
50	C3x4.1	500	-105.6724149	-7.063965325	0.014215736	0.007811144	0.000233352	0.006171239	0.95	2.266882865	35.15348131	20389.01916	
51	C3x4.1	738	-1.871816584	-1.90331E-14	0.003610628	0	0	0.00355086	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
52	C3x4.1	369	-0.07451107	-0.190531432	0.017388441	0	0.000582328	0.01680378	0.95	1.300190714	35.15348131	20389.01916	
53	C3x4.1	3000	2.693159728	1.46496E-14	0.035281599	0	0	0.035227078	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
54	C3x4.1	500	-103.3804625	4.33299627	0.00909043	0.002818762	0.000143144	0.006128524	0.95	1.879231425	35.15348131	20389.01916	
55	C3x4.1	500	-103.3804625	-4.33299627	0.00909043	0.002818762	0.000143144	0.006128524	0.95	1.879231425	35.15348131	20389.01916	
56	C3x4.1	0	-1.945356331	-4.72696E-15	0.003527797	0	0	0.003466353	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
57	C3x4.1	369	0.026976844	-0.156494391	0.017035113	0	0.000249392	0.016785174	0.95	1.303165236	35.15348131	20389.01916	
58	C3x4.1	3000	0.646688743	1.3652E-14	0.035165134	0	0	0.035152042	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
59	C3x4.1	500	-105.6677432	2.09342245	0.014050778	0.007810799	0	0.006170824	0.95	1.360460151	35.15348131	20389.01916	
60	C3x4.1	500	-105.6677432	-2.09342245	0.014050778	0.007810799	0	0.006170824	0.95	1.360460151	35.15348131	20389.01916	
61	C3x4.1	0	-1.87231473	2.85763E-14	0.003609114	0	0	0.003550445	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
62	C3x4.1	369	-0.07407446	0.372454058	0.016856871	0	0	0.016803026	0.95	1.271000869	35.15348131	20389.01916	
63	C3x4.1	3000	-0.23641257	1.452E-14	0.035169324	0	0	0.035226939	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
64	C3x4.1	500	-103.3043411	0.448003871	0.008955204	0.002816687	0	0.006123717	0.95	1.657858159	35.15348131	20389.01916	
65	C3x4.1	500	-103.3043411	-0.448003871	0.008955204	0.002816687	0	0.006123717	0.95	1.657858159	35.15348131	20389.01916	
66	C3x4.1	0	-1.95399736	-1.71465E-15	0.003521187	0	0	0.003459823	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
67	C3x4.1	369	0.034351426	-0.544223002	0.017007972	0	0.000228413	0.016778863	0.95	1.292265442	35.15348131	20389.01916	
68	C3x4.1	0	-0.069192651	-1.49461E-14	0.035113805	0	0	0.035088491	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
69	C3x4.1	500	-105.356923	-0.180927862	0.013938804	0.007787824	0	0.006145004	0.95	1.765349002	35.15348131	20389.01916	
70	C3x4.1	500	-105.356923	0.180927862	0.013938804	0.007787824	0	0.006145004	0.95	1.765349002	35.15348131	20389.01916	
71	C3x4.1	0	-1.921535276	-6.15179E-15	0.003565191	0	0	0.003504945	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
72	C3x4.1	369	-0.020323907	-0.399479061	0.016924985	0	0.000140494	0.016783855	0.95	1.294085188	35.15348131	20389.01916	
73	C3x4.1	0	0.717119652	-1.6099E-14	0.035132804	0	0	0.035118287	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
74	C3x4.1	500	-103.1948978	0.008311898	0.00891943	0.002813703	0	0.006105453	0.95	1.720427195	35.15348131	20389.01916	
75	C3x4.1	500	-103.1948978	-0.008311898	0.00891943	0.002813703	0	0.006105453	0.95	1.720427195	35.15348131	20389.01916	
76	C3x4.1	0	-1.988637283	-4.3893E-14	0.003527797	0	0	0.003466353	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
77	C3x4.1	369	0.073363461	0.220519173	0.016917205	0	0.000149383	0.016766337	0.95	1.293395052	35.15348131	20389.01916	
78	C3x4.1	3000	1.203095011	1.59324E-14	0.03510282	0	0	0.035078464	0.95	1	35.15348131	20389.01916	
79	C3x4.1	500	-105.5415053	-0.659894034	0.0139885								

#### 4.5 Puesta en marcha

Una vez establecido el montaje de la cinta, se proseguirá a efectuar las diferentes pruebas de funcionamiento. Es importante verificar antes de iniciar la puesta en marcha que todos los elementos estén situados en su posición, limpiar los restos de montaje y revisar que las conexiones en el motor eléctrico estén bien realizadas. La prueba se debe realizar en una primera instancia en vacío y luego con la carga que se efectuará en la cinta.

Cuando esté en marcha, los operarios deben observar y comprobar los siguientes apartados:

- Centrado de la banda.
- Observar que no hay ruidos anormales en los grupos motrices y los rodillos.
- Comprobar que no hay vibraciones.

Una vez comprobadas las condiciones anteriores, es poco probable que la cinta se descentre. Aun así, si ocurre el descentrado, se buscarán soluciones desarrolladas en la Tabla 32.

Una vez centrada la banda, esta debe estar en marcha en vacío durante una hora aproximadamente. Mientras, debe medirse el consumo y las temperaturas así como comprobar si existen anomalías en el sistema.

Si aparecen vibraciones o ruidos anormales se deben eliminar.

Una vez corregidas las fallas de la cinta durante la prueba en vacío, se efectúa la prueba en carga. Es aconsejable hacer la prueba en vacío, se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Estanqueidad en las guías de carga.
- Centrado del material.
- Comportamiento de la banda en los radios cóncavos o convexos.
- Observar los posibles desbordes de material y corregirlos.

- Si existe adherencia de material en los rodillos inferiores, debido a una mala limpieza de la banda.

Del mismo modo que en el anterior punto, se deben eliminar todas las anomalías que se puedan presentar en la cinta.

#### **4.5.1 Alineamiento de la banda**

Para un buen desempeño de la banda, es necesario una correcta alineación de la misma. Este proceso consiste en ajustar los rodillos. Para ello, se debe considerar los siguientes aspectos:

- Todos los tambores y los rodillos están alineados por la línea central de la cinta.
- Los empalmes de la banda están rectos y encajados.
- Todos los rodillos y tambores ruedan libremente.
- Todos los rodillos y tambores deben estar limpios.
- Ausencia de imperfecciones en la banda.

Es importante, por seguridad, que antes de realizar ajustes en la banda el motor esté apagado eléctricamente de tal manera que no pueda ser encendido por una persona cercana o remota. La omisión de este punto puede provocar accidentes en los operarios.

El primer paso para el tensado de la banda es tensar el tensor. En nuestro caso, se trata de un tensor de tornillo horizontal en un tramo de cola.

El objetivo del tensor es:

- Mantener una tensión adecuada en la banda.
- Eliminar la holgura en la cinta al momento del arranque o durante las sobrecargas momentáneas.
- Proporcionan una reserva de longitud para permitir el re-empalme en caso que se solicite.
- Proporcionar un alineamiento del tambor con la línea central de la cinta.

El tensor a tornillo debe de estar alineado por la línea central de la cinta. Por otro lado, debe ajustarse hasta alcanzar un ajuste adecuado en la cual la cinta opere óptimamente.

El segundo paso es alinear la banda. Se debe producir un movimiento lento en la banda para visualizar las posibles correcciones que deben hacerse.

#### **4.5.2 Ajuste del faldón de carga**

El faldón de carga es un elemento cuya función consiste en evitar el desbordamiento durante la carga de material. Además, sirve también para centrar el material sobre la banda y retener el polvo. Existe la posibilidad de instalar un faldón de longitud completa dependiendo del material transportado y del tipo de rodillos.

Los protectores de goma son ajustables y reemplazables. Deben mantener un contacto ligero con la banda para reducir al mínimo de fricción. Una presión demasiado elevada puede quemar surcos en la cubierta de la banda, por lo tanto, se debe evitar.

#### **4.5.3 Guía de problemas comunes**

Pueden existir numerosos problemas en una cinta transportadora, a continuación se resumirán brevemente con una tabla donde se incluirán sus posibles causas, de mayor a menor probabilidad, y las posibles soluciones a esos problemas.

**Tabla 32***Problemas comunes en una cinta transportadora*

PROBLEMA	CAUSAS PROBABLES (de mayor a menor probabilidad)
Movimiento anormal en el tambor de cola	7-14-15-17-20
Desalineamiento respecto a los puntos de la línea	25-17-14-20-3-15
Una sección fuera de lugar en todos los puntos de la línea	2-11-1
Movimiento anormal en el tambor motriz	14-22-20-16
Deslizamiento de la banda	19-7-20-15-22
Deslizamiento de la banda en el arranque	19-7-22-10
Extensión excesiva de la banda	13-10-20-6-8-9
Separación en el empalme	23-10-20-14-19-2
Desgaste en la cubierta superior, roturas y rasgaduras	12-24-17-15-19-5
Desgaste en la cubierta inferior	20-15-9-21-22-9
Desgaste en los bordes o bordes con averías	25-3-14-9-1-20-2
La cubierta se hincha en ciertos tramos de la banda	9
Cubierta quebradiza	9
La banda endurecida o rajada	9-23-22
Ranuras o roturas en la cubierta superior	26-15-20-12
Ranuras o roturas en la cubierta inferior	15-20-22
Descomposición del tejido, armazón roto, roturas rasgaduras	12-21-5-10-9
Separación de pliegos	13-23-11-9-4

*Fuente:* <http://www.ramsosa.com/silladeimpacto/RAMSODVBproblemasysoluciones.html>

1. *Banda arqueada:* Evite almacenar los rodillos en zonas húmedas. Una banda nueva se debe enderezarse cuando se amolde.
2. *Banda incorrectamente empalmada:* Se debe volver a re-empalmar. Previa inspección.
3. *Banda ensanchada (o estirada de un lado):* Si la banda no se amolda correctamente o si no es nueva, se deberá sustituir la sección estirada y empalmarla con una pieza nueva.

4. *Velocidad de la banda demasiado rápida:* Reducir la velocidad.
5. *Tira de goma de la guía de carga inadecuada:* Instalar la banda de forma adecuada.
6. *Contrapeso demasiado pesado:* Hacer un recálculo del peso y ajustar la compensación del contrapeso o del tornillo adecuadamente.
7. *Contrapeso demasiado ligero:* Recalcular y hacer una compensación.
8. *Velocidad diferencial inadecuada en los tambores de inflexión:* Realice el ajuste necesario y observe la operación de cerca.
9. *Daño causado por ácidos químicos o aceites, o deterioro por materiales abrasivos, calor o moho:* utilice la banda diseñada para la condición específica. Para los materiales abrasivos que producen cortes y se meten entre las capas, repare con un remiendo frío o con un remiendo permanente. Resguarde la línea de la banda para protección contra lluvia, nieve o sol. No lubrique en exceso los rodillos cargadores.
10. *Impulsión adecuada:* Recalcule las tensiones máximas de la banda y seleccione la banda adecuada. Si se extiende demasiado la línea, considere utilizar un sistema de dos transportadores con un punto de transferencia. Si el caparazón no está lo suficiente rígido para la carga, instale una banda con la apropiada flexibilidad, cuando se corte el servicio.
11. *Borde usado o roto (penetración de humedad y contracción de la banda de un lado):* Repare el borde de la banda. Reemplace la sección excesivamente gastada o la sección que no encaje correctamente y empálmela en un nuevo pedazo de banda.
12. *Impacto excesivo de material en la banda:* Utilizar deflectores o instalar rodillos de impacto. En lo posible, cargar el material liviano o fino primero.
13. *Tensión excesiva:* Hacer un recálculo y ajustar la tensión.
14. *Rodillo o eje del tambor fuera de alineación con la línea central del transportador:* Realignar e instalar interruptores de límite para mayor seguridad.

15. *Rodillos paralizados*: Hacer un desmontaje para lubricarlos, sin exceder o substituir dichos componentes.
16. *Rodillos incorrectamente colocados*: Realizar un remontaje de los rodillos.
17. *Carga incorrecta*: El material debe tener una velocidad adecuada de funcionamiento; también, se deberá controlar el flujo de los alimentadores, los canales inclinados y las tolvas de descarga.
18. *Almacenaje o manejo inadecuado*: Colocar avisos de almacenaje y manejo de la banda previa autorización.
19. *Tracción escasa entre la banda y el tambor*: Incremente la tracción con tambores de apriete ajustables. Disminuya la velocidad de arranque del motor impulsor. Bajo condiciones mojadas, utilice un revestimiento acanalado. Instale los dispositivos correctos de limpieza en la banda y un interruptor centrífugo para la seguridad.
20. *Acumulación de material (en los tambores y en los rodillos)*: Limpie la acumulación e instale o revise los dispositivos de limpieza, rascadores principales y rascadores en “v”. Substituya o ajuste las láminas rascadoras.
21. *Material que cae entre la banda y el tambor*: Utilizar adecuadamente las tolvas de descarga, limpiar la acumulación.
22. *Desgaste del revestimiento del tambor*: Substituir el revestimiento del tambor. Realizar un reajuste de los pernos flojos.
23. *Tambores demasiado pequeños*: Realizar un recálculo para el diámetro.
24. *Velocidad relativa de la carga demasiado alta o demasiado baja*: Ajustar los canales inclinados o la velocidad de la banda.
25. *Carga de lado*: La carga de material se realiza en dirección de la trayectoria de la banda.
26. *Tolvas colocadas incorrectamente*: Instalación correcta de las tolvas de modo de evitar fricción con la banda.

## 4.6 Mantenimiento

El correcto mantenimiento de una instalación es fundamental para un buen funcionamiento y operación de cualquier equipo presente en él. Así como evitar averías tempranas y sus costes de reparación.

Según la frecuencia de uso y las condiciones de trabajo (ambiental sucio o con polvo, tipo de material transportado, climatología...) la frecuencia de mantenimiento será necesaria en mayor o menor medida.

Para llevar a cabo un buen mantenimiento, en primer lugar, se debe formar adecuadamente a los trabajadores que se enfrenten a trabajos de mantenimiento, reparación o funcionamiento de las máquinas (TAMESUR, s.f.).

- La regla principal y más importante es:
  - El trabajador debe obedecer siempre los procedimientos de seguridad y un riguroso programa de mantenimiento.
- La segunda regla, de igual de importancia que la primera es:
  - Debido a la experiencia y el uso diario de las operaciones de mantenimiento, el trabajador puede “relajarse”. Sin embargo, se tiene que tener muy en cuenta que las máquinas se comportan siempre igual, sin relajamientos. Por tanto, es de suma importancia mantener siempre la atención y la alerta para evitar situaciones peligrosas o riesgos innecesarios.
- Además de estas dos reglas generales, también se debe resaltar las siguientes advertencias:
  - Antes de realizar cualquier mantenimiento, lubricación o inspección, se debe verificar que el motor esté apagado eléctricamente.
  - No operar el equipo con algún protector de seguridad activado.
  - No toque o coloque piezas del cuerpo móvil cercano al transportador e impulsor del transportador.

- No utilizar algún objeto que cuelgue o de lo contrario deberá de estar bien sujeta cuando esté próximo al sistema transportador.
- Después de esta breve introducción en el mantenimiento, se desarrollará las operaciones necesarias y su frecuencia de utilización en una cinta transportadora.

## **Clasificación del mantenimiento**

### **Mantenimiento correctivo**

Es una actividad que se realiza después de la ocurrencia de una falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar a los equipos después de una falla de las condiciones de funcionamiento originales, por medio de la restauración o reemplazo de componentes o partes de equipos, debido al desgaste, daños o roturas.

### **Mantenimiento preventivo**

Es una actividad planificada en cuanto a inspección, detección y prevención de averías, cuyo objetivo principal es mantener los equipos bajo condiciones específicas de funcionamiento. Se ejecuta a intervalos determinados, de acuerdo con las sugerencias del fabricante, las condiciones operacionales y al historial de falla de los equipos.

### **Mantenimiento predictivo**

Es la aplicación de la tecnología en el proceso de detecciones tempranas para corroborar y detectar cambios de condiciones, que entregan información la cual permite tener conocimiento del estado de un componente en un momento determinado y como ha dado su comportamiento respecto al tiempo de funcionamiento. Es decir, permite asignar los recursos de acuerdo a las necesidades de cada equipo conocidas antes que ocurra la falla, mediante el monitorio de las condiciones de operación. El monitoreo de las condiciones no es más que un proceso que consiste en medir periódicamente una o varias variables asociadas a la máquina e interpretarlas con el fin de conocer el estado actual en que se encuentra.

### Determinación de la estrategia de mantenimiento

En la Tabla 33, se encuentra un resumen del tipo de mantenimiento que se realizará para el sistema transportador en la empresa “El Pino S.RL.”. Esto no implica que no se puedan realizar mejoras continuas con respecto a los mantenimientos.

**Tabla 33**

*Estrategia de mantenimiento*

TIPO DE MANTENIMIENTO	DE ITEM	FRECUENCIA DE CAMBIO Y/O MEDICION	RESPONSABLE
<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>			
1. Cintas	Cambio de cinta	Desgaste excesivo	Supervisor
	Cambio goma de guarderas	Desgaste excesivo	Supervisor
2. Reductor	Cambio de rodamiento	Rotura de sello	Supervisor
3. Tambor motriz y conducida	Cambio de engranaje	Indicio de fractura	Supervisor
	Cambiar tambor	Desprendimiento de goma	Supervisor
4. Rodillos	Cambiar rodillos	Desgaste del revestimiento y mal giro	Supervisor
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
1. Cinta	Alineamiento de la cinta	Centrado y tensado	Cabo
	Rises	Adherencia de material en el retorno	Cabo
	Inspección de alineación de la banda	Mensual	Cabo
2. Moto-reductor	Ampollas en la cubierta	Cortes pequeños en la cubierta	Cabo
	Alineación de motores y reductores	Semestral	Supervisor
3. Rodamientos	Nivel de aceite bajo	Cambiar lubricante	Cabo
	Suciedad en el aceite	Cambiar lubricante	Cabo
	Vibraciones	Piezas del reductor en malas condiciones	Supervisor
	Aumentar medida de limpieza	Cambiar lubricante	Cabo
4. Sistema eléctrico	Verificar sellos	En mal estado	Supervisor
	Limpieza y revisión del tablero de control	quincenal	Eléctrico
5. Estructura de soporte	Reajuste de tornillos	Semestral	Cabo

	Pintura y sellado de la estructura de soporte	Semestral	Cabo
<b>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>			
1. Cinta y chute	Medición espesores	Mensual	Cabo
	Análisis de temperatura	Quincenal	Cabo
	Supervisión de la banda	Cada arranque	Supervisor
2. Rodamiento, poleas y polines	Análisis de vibraciones	Quincenal	Supervisor
3. Reductores	Alineamiento de polines	Trimestral	Supervisor
	Análisis de aceite	Trimestral	Supervisor
	Análisis de temperatura	Quincenal	Supervisor
	Análisis de vibraciones	Quincenal	Supervisor
	Alineamiento de polines	Trimestral	Supervisor
	Análisis aceite	Trimestral	Supervisor

*Fuente:* Elaboración propia

### **Instrumentación y herramientas de medición**

Las posibles sugerencias de instrumentación de medición manual predictiva, para lograr una inspección técnica adecuada en los equipos.

#### **Instrumentos:**

- Medidor de espesores (ultrasonido); Rango [0.6-250] mm.
- Vibrómetro; Rango [0.08-600] mm.
- Analizador de aceite [básico]
- Termómetro laser; Rango [-40-650] °C
- Reloj comparador, Rango [0.2-50] mm.

**Nota:** Estos equipos requieren de personal calificado, con experiencia en mantenimiento predictivo. La administración debe capacitar a dos mantenedores, contratar personal externo o solicitar un servicio de mantenimiento predictivo. Lo que se requiere lograr con este sistema es:

- Eliminar el desmantelamiento innecesario.
- Incrementar la disponibilidad de las correas.
- Aumentar la confiabilidad de las correas.

- Identificar un trabajo de mantenimiento en alguna pieza específica del equipo.

**Se necesita establecer y considerar que:**

- La cinta transportadora opere óptimamente.
- Reducir el número de averías.
- Mantener una disponibilidad considerable.
- Realizar un mantenimiento de calidad para obtener confiabilidad en el sistema transportador.

#### **4.6.1 Reapriete de tornillos**

Después de 10 horas de su primera puesta en marcha, se procederá a realizar un reapriete general a los tornillos presentes en la instalación.

Esta operación deberá realizarse a las 50 horas de funcionamiento. Posteriormente, los reaprietes genéricos se repetirán cada 660 horas de funcionamiento, unos tres meses aproximadamente.

*Figura 27. Tornillos*



*Fuente:* <https://www.pinterest.es/pin/499266308663458974/>

#### 4.6.2 Engrase de rodamientos

El engrase de los rodamientos de los tambores se ejecutará cada 220 horas, es decir, un mes aproximadamente.

La carcasa llevará un engrasador situado en uno o en ambos laterales, como se aprecia en la Figura 28.

**Figura 28.** Engrase de rodamiento



**Fuente:** <http://proyesa.com.sv/site/index.php/producto/calentadores-por-induccion-timken/>

Es importante que el interior del rodamiento tenga la cantidad de grasa necesaria para evitar la entrada de polvo el cual perjudicaría la vida útil del rodamiento.

El fabricante en este caso, Maquiriados S.L., recomienda usar grasa del tipo SKF LGHB 2. Si no es posible, se debe utilizar grasa con las siguientes características técnicas.

<b>Rango de temperatura</b>	<b>-20°C a +150°C</b>
Temperatura de referencia	80°C
Densidad	0.9 kg/dm <sup>3</sup>
Espesante	Complejo de calcio sulfurado
Tipo de aceite básico	Mineral
Viscosidad del aceite básico	40 mm <sup>2</sup> /s a 40°C y 26.5mm <sup>2</sup> /s a 100°C

**Fuente:** [https://www.skf.com/binary/86-99598/13238ES\\_GreaseSelectionChart.pdf](https://www.skf.com/binary/86-99598/13238ES_GreaseSelectionChart.pdf)

### 4.6.3 Sustitución de rodillos

Los rodillos llegarán al final de su vida útil por el desgaste de sus elementos rotacionales. Cuando esto ocurra, será necesario cambiarlos por otros nuevos.

Para evitar un excesivo desgaste de los rodillos, se debe realizar inspecciones a todos los rodillos cada 40 horas de operación y limpiar las estaciones del material acumulado cada 40 horas como máximo.

**Figura 29.** Tipos de rodillos



**Fuente:** <https://www.dexve.es/rodillos-para-transportadores/>

### 4.6.4 Inspección de la banda

Es un elemento importante del sistema transportador, por ello, se deberán realizar las siguientes operaciones de mantenimiento:

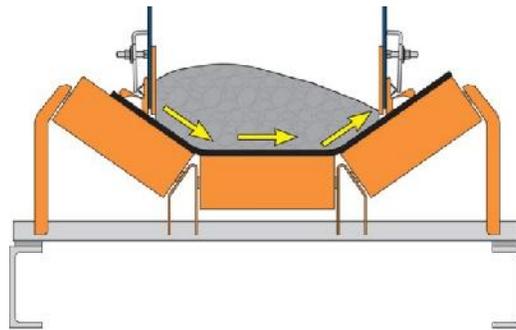
**Figura 30.** Inspección en bandas



**Fuente:** <http://www.besnard-ste.fr/es/coquillage/cinta-transportadora/>

- Se deberá inspeccionar la tensión cada 40 horas de funcionamiento.
- Se deberá comprobar la correcta alineación de la banda cada 40 horas de funcionamiento.
- En alguna ocasión, se puede producir la desalineación de la banda por utilizar materiales de ciertas características y/o realizar la carga de forma inadecuada.
- Se debe intentar corregir estas acciones para evitar desplazamiento.

**Figura 31.** Carga inadecuada en la banda



**Fuente:** <http://www.martin-eng-mx.com/resources/blog/centered-art-conveyor-belt-tracking-part-1>

- Se debe realizar inspecciones visuales cada 40 horas de funcionamiento, buscando posibles averías.

#### **4.6.5 Revestimiento del tambor**

Se debe revisar cada 40 horas de funcionamiento el revestimiento engomado del tambor motriz. Con el fin de eliminar la humedad y aumentar la adherencia con la banda, se debe observar principalmente el estriado o dibujo practicado.

**Figura 32.** Revestimiento del tambor motriz



*Fuente:* RUMELCA

En el momento que se observe un desgaste o deterioro excesivo y la banda patine sobre el tambor, se deberá proceder a reemplazar el recubrimiento.

#### **4.6.6 Motor-reductor**

El motor-reductor es el elemento que acciona el tambor motriz mediante conexión a un eje común, es lubricado por un depósito de aceite que posee en su interior. Existe una ventana transparente para visualizar fácilmente el nivel de aceite interior.

Esta operación debe hacerse diariamente, antes de la puesta en marcha de la máquina.

En cuanto al mantenimiento de este elemento, se debe realizar mediante el manual facilitado por el fabricante del motor-reductor. Este consta de los siguientes puntos:

- Periodos máximos utilizados del aceite.
- Tipo de aceite.
- Cantidad.
- Método de como efectuar estas operaciones de mantenimiento, alimentación eléctrica (potencia, intensidad y frecuencia).

Siempre se debe tener en cuenta que demasiado aceite puede causar goteos por rebose o recalentamientos. Por el contrario, la utilización de muy poco aceite puede causar el recalentamiento o daño a las piezas internas por exceso de fricción entre ellas.

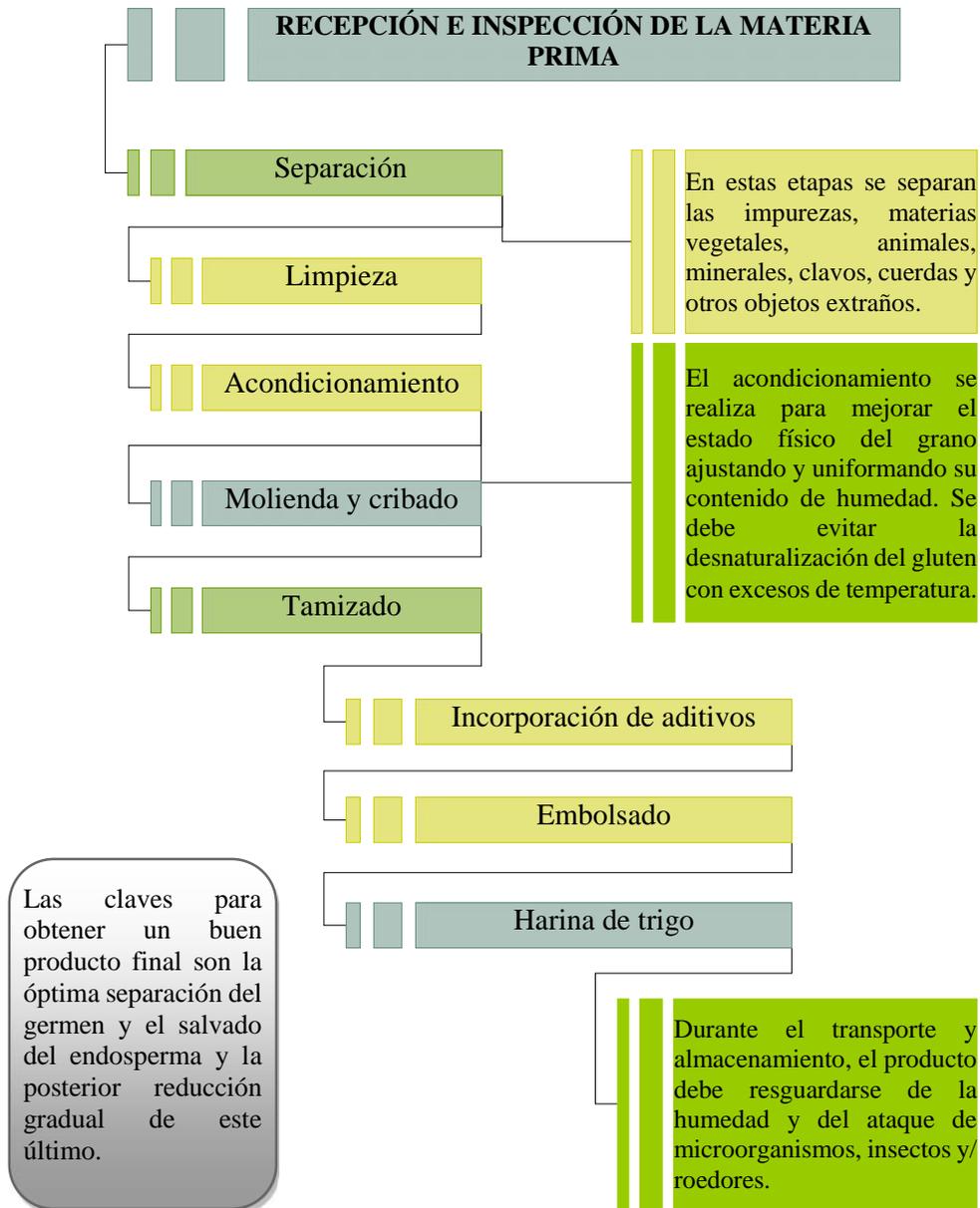
Semanalmente se debe inspeccionar visualmente que no existan goteos por las juntas existentes y comprobar el correcto apriete de cojinetes de fijación al eje.

#### **4.7 Proceso industrial**

Si bien el proceso de molturación de trigo blando ha registrado diversas mejoras tecnológicas en los últimos años enfocadas a conseguir una mayor productividad en la obtención de harinas, así con un mejor cumplimiento de las diferentes normativas que regulan esta actividad; el proceso en sí mismo y la tecnología básica de la industria harinera de trigo, no ha registrado apenas cambios esenciales en las últimas décadas.

El proceso de fabricación puede verse en el diagrama de flujo representado a continuación, se presenta de forma ligeramente simplificada para facilitar su comprensión.

## Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de trigo



El proceso de trabajo en la fábrica abarca las etapas de transporte y recepción del cereal, limpieza y preparación del trigo para la molienda, molturación y cernido, almacenamiento, empaquetado y distribución del producto final.

## 4.8 Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.8.1 Tablas y gráficas estadísticas

Del cuestionario aplicado a la Variable Independiente, que es aplicado a los trabajadores del molino “El Pino S.R.L.”.

**Tabla 34**

*Análisis e interpretación de resultados*

<b>Tablas de resultados</b>	<b>Análisis e interpretación</b>
TABLA 40 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 33% trabaja directamente involucrado con bandas transportadoras; mientras que el 67%, indirectamente.
TABLA 41 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 60% admite la importancia de las fajas transportadoras; mientras que el 40% no conoce.
TABLA 42 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 47% sabe que actualmente existe un proyecto de ampliación para las fajas transportadoras; mientras que el 53% no sabe.
TABLA 43 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 53% tienen experiencia de 1 a 3 veces en las bandas transportadoras; el 27% tiene experiencia de 4 a 6 veces. Mientras que el 20% tiene experiencia de 7 a más veces en las bandas transportadoras.
TABLA 44 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 73% considera necesario implementar las bandas transportadoras; mientras que el 27% no lo considera necesario implementar.
TABLA 45 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 80% cree que aumentará la producción con la implementación de fajas transportadoras; mientras que el 20% no cree.
TABLA 46 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 53% opina que mejorará la eficiencia en su trabajo con la ampliación de fajas transportadoras y el 27% opina que no mejorará. Mientras que el 20% dice que a veces mejorará.
TABLA 47 (Anexo II)	Del total de encuestados, se observa que el 47% conoce los mecanismos de revisión periódica de las bandas transportadoras; mientras que el 53% no conoce los mecanismos de revisión periódica.

TABLA 48  
(Anexo II) Del total de encuestados, se observa que el 47% de los trabajadores cuenta con las herramientas ante una falla en las bandas transportadoras, el 20% no cuenta. Mientras que el 33% a veces cuenta con las herramientas ante una falla en las Bandas transportadoras.

TABLA 49  
(Anexo II) Del total de encuestados, se puede observar que el 87% dice sí considera que la empresa cuenta con la capacidad e infraestructura para solucionar la ampliación de bandas; mientras que 13% opina que no.

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.8.2 Contrastación de hipótesis

##### Contrastación de la $H_{01}$

$H_{E1}$ . Es probable determinar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.

$H_{O1}$ . No es probable determinar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”. Según se puede observar, la encuesta de campo en la pregunta 1 de la variable dependiente se tiene la siguiente tabla de correlación.

**Tabla 35**

*Frecuencia observada  $H_{O1}$*

Trabajadores	Ampliación de fajas transportadoras (fo)		Total
	Si	No	
Varones	51	21	72
Damas	9	4	13
Total	60	25	85

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 36***Frecuencia esperada  $H_{01}$* 

Trabajadores	Ampliación de fajas transportadoras (fo)		Total
	Si	No	
Varones	50.82	21.18	72
Damas	9.18	3.82	13
Total	60	25	85

*Fuente:* Elaboración propia**Tabla 37***Cálculo de  $\chi^2$  (chi-cuadrado)  $H_{01}$* 

Relación	Fo	Fe	(Fo-Fe) <sup>2</sup> / Fe
Vsi	51	50.82	0.00064
Dsi	9	9.18	0.00353
Vno	21	21.18	0.00153
Dno	4	3.82	0.00849
Total	85	85	$X^2 = 0.01419$

*Fuente:* Elaboración propia

Para aceptar o rechazar la hipótesis nula, se propone un nivel de significación del 5% (0.05) y g.l. = 1.

Como la  $X^2$  (calculada) es menor que la  $X^2$  (tabla), luego se acepta la  $H_{01}$ .

$0.01419 < 3.84$ .

### Contrastación de la hipótesis $H_{02}$

$H_{E2}$ . Es probable precisar la producción de harina de trigo en el molino El Pino-Majes.

$H_{02}$ . No es probable precisar la producción de harina de trigo en el molino El Pino-Majes.

Según se puede observar, la encuesta de campo en la pregunta 2 de la variable dependiente tiene la siguiente tabla de correlación.

**Tabla 38**

*Frecuencia observada  $H_{02}$*

Trabajadores	Transporte de agregados				Total
	Malo	Regular	Bueno	Muy malo	
Varón	17	35	11	9	72
Dama	3	5	4	1	13
Total	20	40	15	10	85

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 39**

*Frecuencia esperada  $H_{02}$*

Trabajadores	Transporte de agregados				Total
	Malo	Regular	Bueno	Muy malo	
Varón	16.94	33.88	12.71	8.47	72
Dama	3.06	6.12	2.71	1.53	13
Total	20	40	15	10	85

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 40***Cálculo de  $x^2$  (chi-cuadrado)  $H_{02}$* 

Relación	Fo	Fe	(Fo-Fe) <sup>2</sup> / Fe
Vm	17	16.94	0.000213
Dm	3	3.06	0.000118
Vr	35	33.88	0.037025
Dr	5	6.12	0.204967
Vb	11	12.71	0.230063
Db	4	2.71	0.614006
Vmb	9	8.47	0.033164
Dmb	1	1.53	0.183595
Total	85	85	$X^2 = 1.303151$

*Fuente:* Elaboración propia

Para aceptar o rechazar la hipótesis nula, se propone un nivel de significación del 5% (0.05) y g.l. = 3.

Como la  $X^2$  (calculada) es menor que la  $X^2$  (tabla), luego se acepta la  $H_{02}$ .

$1.303151 < 7.82$ .

## **CAPÍTULO V**

### **ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En este marco, se hace una descripción que pretende ser el instrumento de orientación en la administración del proyecto “Influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo”, con financiamiento de la empresa del molino “El Pino S.R.L.”.

Es pertinente considerar, para la elaboración del presupuesto:

- Administrar de forma eficiente los recursos del proyecto.
- Realizar planeaciones presupuestales por componente.
- Ejecutar informes de ejecución presupuestal.
- Ejercer control sobre las solicitudes de los recursos materiales y costos respectivamente.

La distribución que se realice, es la que aparecerá en la siguiente descripción del presupuesto y diagrama de actividades.

Se describen los diversos conceptos que pueden ser considerados para la elaboración de este presupuesto tanto en gasto corriente como de inversión.

## 5.1 Costo, presupuesto y asignación de recursos del proyecto

MS-Project "BANDA TRANSPORTADORA"												
Id	Nombre de tarea	Costo fijo	Acumulación de costos fijos				Costo total	Previsto	Variación	Real	Restante	
2	INICIO	S/. 0.00	Prorratio				S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	
4	Fundamentación y toma de datos	S/. 0.00	Prorratio				S/. 700.00	S/. 0.00	S/. 700.00	S/. 0.00	S/. 700.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	16 horas	0 días	lun 06/08/18	mar 07/08/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	8	Útiles de escritorio	1	1	0 días	lun 06/08/18	mar 07/08/18	S/. 200.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 200.00	
5	Analizar los tipos de fajas transp	S/. 0.00	Prorratio				S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	24 horas	0 días	mié 08/08/18	vie 10/08/18	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
6	Analizar el proceso de operación	S/. 0.00	Prorratio				S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	24 horas	0 días	lun 13/08/18	mié 15/08/18	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
7	Investigar el tipo de banda a emp	S/. 0.00	Prorratio				S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	24 horas	0 días	jue 16/08/18	lun 20/08/18	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
8	Investigar sobre los tipos de rodil	S/. 0.00	Prorratio				S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	24 horas	0 días	mar 21/08/18	jue 23/08/18	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
9	Investigar sobre el tipo de moto r	S/. 0.00	Prorratio				S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	24 horas	0 días	vie 24/08/18	mar 28/08/18	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
10	Investigar sobre los diferentes m	S/. 0.00	Prorratio				S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	24 horas	0 días	vie 24/08/18	mar 28/08/18	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
12	Elaboración en SAP2000 e Inven	S/. 0.00	Prorratio				S/. 1,600.00	S/. 0.00	S/. 1,600.00	S/. 0.00	S/. 1,600.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	2	Diseñador	100%	64 horas	0 días	mié 29/08/18	lun 10/09/18	S/. 1,600.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,600.00	
13	Presentación e impresión del pro	S/. 0.00	Prorratio				S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	
15	Requisición de materiales que se l	S/. 0.00	Prorratio				S/. 44,070.00	S/. 0.00	S/. 44,070.00	S/. 0.00	S/. 44,070.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	9	Perfil C3x4.1	52 var.	52 var.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 4,420.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 4,420.00	
	10	Soportes superiores	53 und.	53 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 1,060.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,060.00	
	11	Soportes inferiores	25 und.	25 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	12	Rodillo superior	53 und.	53 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 3,710.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 3,710.00	
	13	Rodillo inferior	25 und.	25 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 1,500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,500.00	
	14	Plancha de 1/4" ASTM A36	1 m2.	1 m2.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 80.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 80.00	
	15	Chumacera	4 und.	4 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 400.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 400.00	
	16	Tambor motriz	1 und.	1 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 750.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 750.00	
	17	Tensor	1 und.	1 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 200.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 200.00	
	18	Tambor de cola	1 und.	1 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 550.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 550.00	
	19	Banda transportadora	155 m.	155 m.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 18,600.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 18,600.00	
	20	Borde de banda	155	155	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 3,875.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 3,875.00	
	21	Motor 30HP	1 und.	1 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 4,200.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 4,200.00	
	22	Reductor	1 und.	1 und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 1,850.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,850.00	
	23	Recubrimientos industriales	1 Kit.	1 Kit.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 400.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 400.00	
	28	Electrodos	10 kg.	10 kg.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 400.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 400.00	
	29	Lijar	0.5 x100und.	0.5 x100und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 75.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 75.00	
	30	Disco de corte	0.5 x100und.	0.5 x100und.	0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	32	Transporte			0 días	mié 12/09/18	mar 18/09/18	S/. 1,000.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1,000.00	
16	Preparación de piezas para la co	S/. 0.00	Prorratio				S/. 2,850.00	S/. 0.00	S/. 2,850.00	S/. 0.00	S/. 2,850.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	3	Peón mecánico	100%	24 horas	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 240.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 240.00	
	4	Capataz mecánico	100%	24 horas	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 300.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 300.00	
	5	Soldador	100%	24 horas	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 450.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 450.00	
	6	Oficial mecánico	100%	24 horas	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 360.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 360.00	
	24	Herramientas de taller mecánico	1 Kit.	1 Kit.	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 300.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 300.00	
	25	Equipo oxicorte y soldeo	1	1	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	26	Soldadora eléctrica	1	1	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	27	Esmeril	1	1	0 días	mié 19/09/18	vie 21/09/18	S/. 200.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 200.00	
17	Ensamble y soldado del mecanis	S/. 0.00	Prorratio				S/. 3,300.00	S/. 0.00	S/. 3,300.00	S/. 0.00	S/. 3,300.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	3	Peón mecánico	100%	32 horas	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 320.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 320.00	
	4	Capataz mecánico	100%	32 horas	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 400.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 400.00	
	5	Soldador	100%	32 horas	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 600.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 600.00	
	6	Oficial mecánico	100%	32 horas	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 480.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 480.00	
	24	Herramientas de taller mecánico	1 Kit.	1 Kit.	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 300.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 300.00	
	25	Equipo oxicorte y soldeo	1	1	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	26	Soldadora eléctrica	1	1	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	27	Esmeril	1	1	0 días	lun 24/09/18	jue 27/09/18	S/. 200.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 200.00	
18	Acabado de pulido y pintado	S/. 0.00	Prorratio				S/. 900.00	S/. 0.00	S/. 900.00	S/. 0.00	S/. 900.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	3	Peón mecánico	100%	16 horas	0 días	vie 28/09/18	lun 01/10/18	S/. 160.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 160.00	
	4	Capataz mecánico	100%	16 horas	0 días	vie 28/09/18	lun 01/10/18	S/. 200.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 200.00	
	6	Oficial mecánico	100%	16 horas	0 días	vie 28/09/18	lun 01/10/18	S/. 240.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 240.00	
	31	Compresora de aire	1	1	0 días	vie 28/09/18	lun 01/10/18	S/. 300.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 300.00	
20	Montaje e instalación de la band	S/. 0.00	Prorratio				S/. 1,650.00	S/. 0.00	S/. 1,650.00	S/. 0.00	S/. 1,650.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	3	Peón mecánico	100%	24 horas	0 días	mar 02/10/18	jue 04/10/18	S/. 240.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 240.00	
	4	Capataz mecánico	100%	24 horas	0 días	mar 02/10/18	jue 04/10/18	S/. 300.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 300.00	
	6	Oficial mecánico	100%	24 horas	0 días	mar 02/10/18	jue 04/10/18	S/. 360.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 360.00	
	7	Técnico electricista	100%	24 horas	0 días	mar 02/10/18	jue 04/10/18	S/. 450.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 450.00	
	24	Herramientas de taller mecánico	1 Kit.	1 Kit.	0 días	mar 02/10/18	jue 04/10/18	S/. 300.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 300.00	
21	Análisis del funcionamiento del si	S/. 0.00	Prorratio				S/. 900.00	S/. 0.00	S/. 900.00	S/. 0.00	S/. 900.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	16 horas	0 días	vie 05/10/18	mar 09/10/18	S/. 500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 500.00	
	2	Diseñador	100%	16 horas	0 días	vie 05/10/18	mar 09/10/18	S/. 400.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 400.00	
22	Elaboración del plan de mantener	S/. 0.00	Prorratio				S/. 250.00	S/. 0.00	S/. 250.00	S/. 0.00	S/. 250.00	
	<u>Identificador</u>	<u>Nombre del recurso</u>	<u>Unidades</u>	<u>Trabajo</u>	<u>Retraso</u>	<u>Comienzo</u>	<u>Fin</u>	<u>Costo</u>	<u>Costo previsto</u>	<u>Costo real</u>	<u>Costo restante</u>	
	1	Proyectista	100%	8 horas	0 días	mié 10/10/18	mié 10/10/18	S/. 250				



### 5.3 Análisis financiero

#### Aplicando el VAN

Es la diferencia entre el valor actual de los cobros y el valor actualizado de los pagos; es decir, el valor de todos los flujos de caja esperados respecto a un mismo tiempo. El VAN se puede interpretar de la siguiente manera:

- VAN > 0: Se generan beneficios para la empresa.
- VAN = 0: Los beneficios y pérdidas son nulos, pero se pierde tiempo.
- VAN < 0: Existen pérdidas económicas y también se pierde tiempo.

Se rechazará cualquier inversión donde el VAN es negativo ya que descapitaliza la empresa.

$$VAN = -I_0 + \frac{F_{C1}}{(1+i)} + \frac{F_{C2}}{(1+i)^2} + \frac{F_{C3}}{(1+i)^3} + \frac{F_{C4}}{(1+i)^4} + \frac{F_{Cn}}{(1+i)^n}$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial

$F_C$ : Flujo de caja del proyecto (ingresos menos egresos)

$i$ : Costo de oportunidad del capital

$t$ : Tiempo

$n$ : Vida útil del proyecto

$i = 12$  meses

$i = 5\%$  bimestral

$$\frac{5}{100} = 0.05\% \Rightarrow 1 + i = 1.05$$

TIEMPO	INV. INICIAL	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO		
BIMESTRAL	DESEMBOLSO	INGRESO MENOS EGRESO	FUNCIÓN VA	FLUJO NETO
0	-60720.00	0.00	-60720.00	-60720.00
1	0.00	15000.00	14285.71	14285.71
2	0.00	18000.00	16326.53	16326.53
3	0.00	12000.00	10366.05	10366.05
4	0.00	17000.00	13985.94	13985.94
5	0.00	16000.00	12536.42	12536.42
6	0.00	17000.00	12685.66	12685.66
			VAN	19466.31

*Fuente:* Elaboración propia

\*\* Si el resultado es positivo, significa que el negocio rinde por sobre el costo de capital exigido.

### Aplicando el TIR

Se deberá comparar la tasa interna de rendimiento (T.I.R.) del proyecto con el tipo de interés vigente en el mercado. Si la diferencia es positiva, se puede llevar a cabo el proyecto (teniendo en cuenta el factor riesgo). Si la diferencia es negativa, los flujos generados no pueden hacer frente ni siquiera al coste del capital (al pago de los intereses por el uso de unos recursos financieros que se han tomado prestados).

En el caso de elegir un proyecto, se escogerá aquel que tenga la mayor diferencia positiva.

$$-I_0 + \frac{F_{C1}}{(1+i)} + \frac{F_{C2}}{(1+i)^2} + \frac{F_{C3}}{(1+i)^3} + \frac{F_{C4}}{(1+i)^4} + \frac{F_{Cn}}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial

$F_C$ : Flujo de caja del proyecto (ingresos menos egresos)

$i$ : Costo de oportunidad del capital

$t$ : Tiempo

$n$ : Vida útil del proyecto

0	1	2	3	4	5	6	TIR
-60720	15000	18000	12000	17000	16000	17000	14%

*Fuente:* Elaboración propia

$$\text{TIR} = 14\% \geq 5\%$$

\*\* La tasa TIR supera la tasa de descuento de 5%, por lo tanto, es rentable.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Como la  $X^2$  (calculada) es menor que la  $X^2$  (tabla), ( $0.01419 < 3.84$ ), se acepta la  $H_{01}$  con un 5% nivel de significación y g.l.= 1; se rechaza la Hipótesis alterna que significa que es necesaria y probable la implementación de fajas transportadoras en el molino “El Pino S.R.L.”.

**SEGUNDA:** Como la  $X^2$  (calculada) es menor que la  $X^2$  (tabla), ( $1.303151 < 7.82$ ) se acepta la  $H_{02}$  con un 5% nivel de significación y g.l. = 3; se rechaza la Hipótesis alterna que significa, que no debe precisarse significativamente la producción de harina de trigo lo que implica que se debe precisar la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.” por la ampliación de fajas transportadoras.

**TERCERA:** Esta clase de transporte por su eficiencia es uno de los pilares de la industria por muchos factores lo cual hizo que muchos procesos productivos mejoraran.

Este tipo de proceso también ha hecho que la industria cree productos con una mayor calidad y le da valor agregado a un corto periodo de tiempo.

Las bandas y rodillos transportadores han reducido los costos de producción en la industria.

**CUARTA:** Se ha probado que los proyectos productivos de implementación de fajas transportadoras, es factible y posible solo utilizando las tecnologías que proporcionan el fabricante de esta rama de producción; el uso de catálogos y técnicas de diseño son necesarias para llevar adelante el proyecto.

**QUINTA:** Los protocolos de diseño no solo abarcan la información técnica del fabricante, sino otros dominios del saber como seguridad e higiene industrial y normas de calidad.

**SEXTA:** El presente estudio aplicativo beneficiará a la población de manera directa e indirecta en su proceso de desarrollo social y económico.

**SÉPTIMA:** Los alcances del presente proyecto han sido previstas de manera satisfactoria y va en acorde con el desarrollo económico de nuestro país.

**OCTAVA:** Se solicita a los futuros proyectistas de sistemas de transporte, recurrir y mejorar la presente tesis en función al espacio y tiempo.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Contratar a una empresa calificada para que realice la ampliación de las fajas transportadoras.

**SEGUNDA:** Realizar los cálculos con precisión y exactitud en el diseño de las fajas teniendo en cuenta los parámetros correspondientes.

**TERCERA:** Se recomienda que en la planta de producción año a año se vayan dando mejoras continuas para implantar normas de calidad vigentes como la ISO9001 versión 2015, las cuales tienen que ver con que el personal tenga acceso cognoscitivo de la estadística; es decir, personal más eficiente y preparado, maquinarias nuevas. Estas servirán para que el proceso sea más automatizado y preciso, producto de calidad, para que puedan ser reconocidos como una de las mejores empresas procesadoras.

**CUARTA:** El presente estudio de investigación queda abierto para que otros profesionales o investigadores puedan ampliar y/o mejorar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrea Blanco, E. (s.f.). *Cintas transportadoras*. Obtenido de Open Course Ware:  
[https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12.\\_cintas.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/12._cintas.pdf)
- Anonimo. (12 de Septiembre de 2014). *Calculo de banda transportadora*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/239488843/Capitulo-4-Calculo-de-Banda-Transportadora>
- Anonimo. (04 de Octubre de 2016). *Historia de cinta transportadora*. Obtenido de Prototipo de cinta transportadora:  
<http://cintatransportadoraprototipo.blogspot.com/2016/10/linea-de-tiempo-de-cinta-transportadora.html>
- Autonics sensors & controllers. (s.f.). *Sensores fotoelectricos*. Obtenido de <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-fotoelectricos.pdf>
- BELT SOLIDS HANDLING. (s.f.). *Belt Conveyor. Volumen 6, n°2*.
- Catalogo 699 Belt Conveyor Idlers , North American, Inc. (s.f.). *Nordstrong Equipment Limited*. Obtenido de [http://www.nordstrongequipment.com/images/files/cema-idlers/Nordstrong\\_Conveyor\\_Idlers\\_Catalogue\\_pdf\\_1.pdf](http://www.nordstrongequipment.com/images/files/cema-idlers/Nordstrong_Conveyor_Idlers_Catalogue_pdf_1.pdf)
- CEMA BELT BOOK. (s.f.). *Fajas Transportadoras para Material a Granel*. Obtenido de Sixth Edition: [https://www.cemanet.org/wp-content/uploads/2011/09/BB5thEd\\_Chapter-61.pdf](https://www.cemanet.org/wp-content/uploads/2011/09/BB5thEd_Chapter-61.pdf)
- CLR. (s.f.). *Aplicaciones de los tornillos sinfin*. Obtenido de <https://clr.es/blog/es/aplicaciones-tornillos-sinfin/#more-1267>
- CONTITECH. (s.f.). *Conveyor Belt Group*. Obtenido de Manual de Ingenieria Bandas Transportadoras:  
[http://www.academia.edu/8454036/Manual\\_Ingenieria\\_CONTITECH-\\_BANDAS\\_TRANSPORTADORAS](http://www.academia.edu/8454036/Manual_Ingenieria_CONTITECH-_BANDAS_TRANSPORTADORAS)

- Conveyor Belt Group. (s.f.). *Manuel de Ingenieria Bandas Transportadoras*. Obtenido de CONTITECH: <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2016/05/manual-ingenieria-bandas-transportadoras.pdf>
- Cortes Cortes, M., & Iglesias Leon, M. (2004). *Generalidades sobre Metodologia de la Investigacion*. Obtenido de Universidad Autonoma del Carmen (Coleccion de material didactico): [httpwww.unacar.mxcontenidogacetaedicionesmetodologia\\_investigacion.pdf](httpwww.unacar.mxcontenidogacetaedicionesmetodologia_investigacion.pdf)
- Davila, M. I. (2011). *Diseño de Elementos de Maquinas II*. Lima - Peru: Impresion Pool Producciones SRL.
- DODGE. (s.f.). *Diametros Recomendados en Funcion de la Tension de Trabajo Unitaria Tu*.
- DUNLOP. (s.f.). *Conveyor Belts Technical Characteristics*.
- EL PERUANO. (04 de Abril de 2008). Normas Legales. págs. 370004 - 370007.
- EL PERUANO. (15 de Julio de 2016). Normas Legales. págs. 593077 - 593078.
- GOODYEAR. (s.f.). Handbook of conveyor and Elevator Belt. 6.2. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/32142916/Goodyear-Conveyor-Handbook>
- Ingmoralesuabc. (16 de Noviembre de 2012). *Bandas o cintas transportadoras*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/113446661/Bandas-o-Cintas-Transportadoras>
- Lopez Arenales, I. (s.f.). *Bandas*. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/3.pdf>
- PIRELLI. (s.f.). Datos Orientativos. *Manual de Calculo de Cintas Transportadoras*. Obtenido de <https://sistemamid.com/preview/manual-de-calculos-de-cintas-transportadoras-pirelli-pdf>
- ROULUNDS. (s.f.). Catalogo de Bandas Transportadoras. Obtenido de <http://www.kosser.net/sites/default/files/catalogs/barmex-bandas-catalogo-roulunds-416296.pdf>
- RUMELCA. (s.f.). Rodillos y Componentes para el Transporte por Banda de Material a Granel. *BULK HANDLING*.

SCRIBD. (12 de 09 de 2014). Obtenido de Calculo de banda transportadora:  
<https://es.scribd.com/document/239488843/Capitulo-4-Calculo-de-Banda-Transportadora>

SCRIBD. (s.f.). DEUTSCHE NORM. *Conveyors for Bulk Materials DIN 22101*. Obtenido de  
<https://es.scribd.com/document/352243251/Din-22101>

SICK. (s.f.). Catalogo Sensor Intelligence.

Software Shop. (s.f.). *Software Integrado para Analisis Estructural y Diseño*. Obtenido de SAP2000: <https://www.software-shop.com/producto/sap2000>

TAMESUR. (s.f.). *Cinta transportadora*. Obtenido de Manual de instrucciones, uso y mantenimiento: <http://www.tamesur.es/documentos/documento29.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO I

#### CUESTIONARIO

La encuesta es anónima. Marque con un aspa cada una de las preguntas.

¿El desempeño de su trabajo está vinculado con las bandas transportadoras?

Directamente    \_\_\_

Indirectamente    \_\_\_

¿Admite la importancia de las bandas transportadoras en el molino?

SI            \_\_\_

NO            \_\_\_

¿Sabe si actualmente existe un proyecto de ampliación para las fajas transportadoras?

SI            \_\_\_

NO            \_\_\_

¿Cuántas veces ha tenido experiencia en el manejo de las fajas transportadoras?

1 a 3 veces            \_\_\_

4 a 6 veces            \_\_\_

6 a más veces            \_\_\_

¿Considera necesaria la ampliación para las fajas transportadoras?

SI            \_\_\_

NO            \_\_\_

¿Cree que aumentara la producción con la ampliación de fajas transportadoras?

SI        \_\_\_

NO        \_\_\_

¿Mejoraría la eficacia en su trabajo con la ampliación de las fajas transportadoras?

SI        \_\_\_

NO        \_\_\_

¿Conoce los mecanismos de revisión periódica para las fajas transportadoras?

SI        \_\_\_

NO        \_\_\_

¿Cuándo se produzca una falla mecánica, en las fajas transportadoras, usted podrá repararla?

SI        \_\_\_

NO        \_\_\_

¿Considera que la empresa tiene la capacidad e infraestructura para instalar la ampliación de las fajas transportadoras?

SI        \_\_\_

NO        \_\_\_

**GRACIAS.**

**ENCUESTA DE CAMPO**

La encuesta es anónima, se le sugiere responder con sinceridad.

¿Considera Ud. Necesario e importante implementar las fajas transportadoras?

SI        \_\_\_

NO        \_\_\_

¿El transporte de Agregado es?

MALO                    \_\_\_

REGULAR                \_\_\_

BUENO                    \_\_\_

MUY BUENO            \_\_\_

**GRACIAS.**

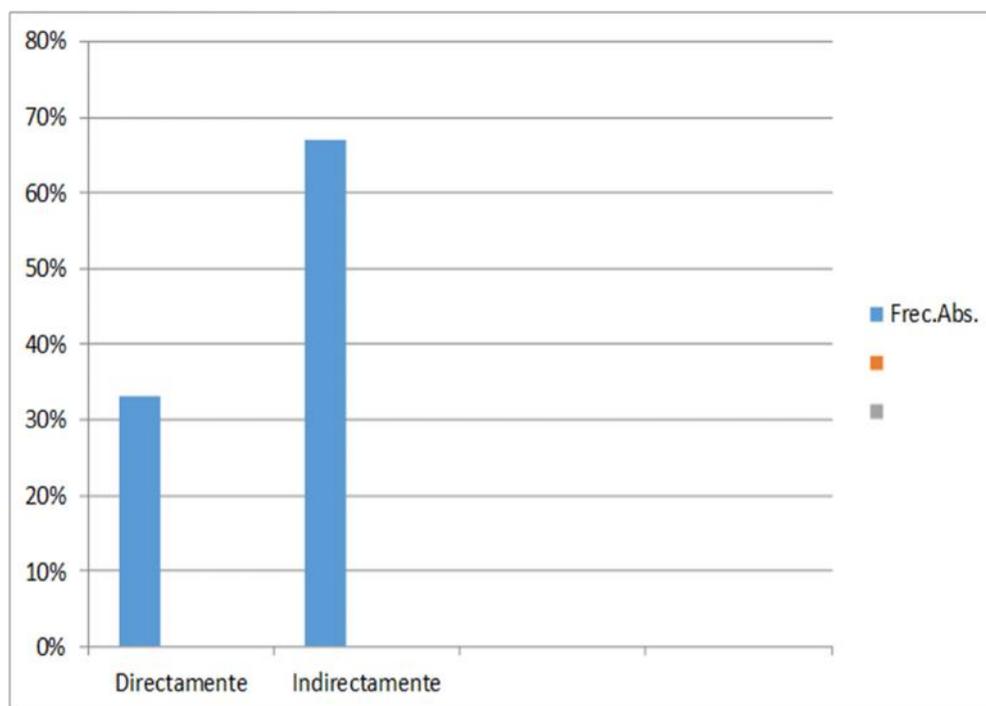
## ANEXO II

**Tabla 41***Desempeño del trabajo vinculado con las fajas transportadoras*

	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Directamente	5	0.33	33%
Indirectamente	10	0.67	67%
Total	15	1.00	100%

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: Desempeño de su trabajo vinculado con las fajas transportadoras

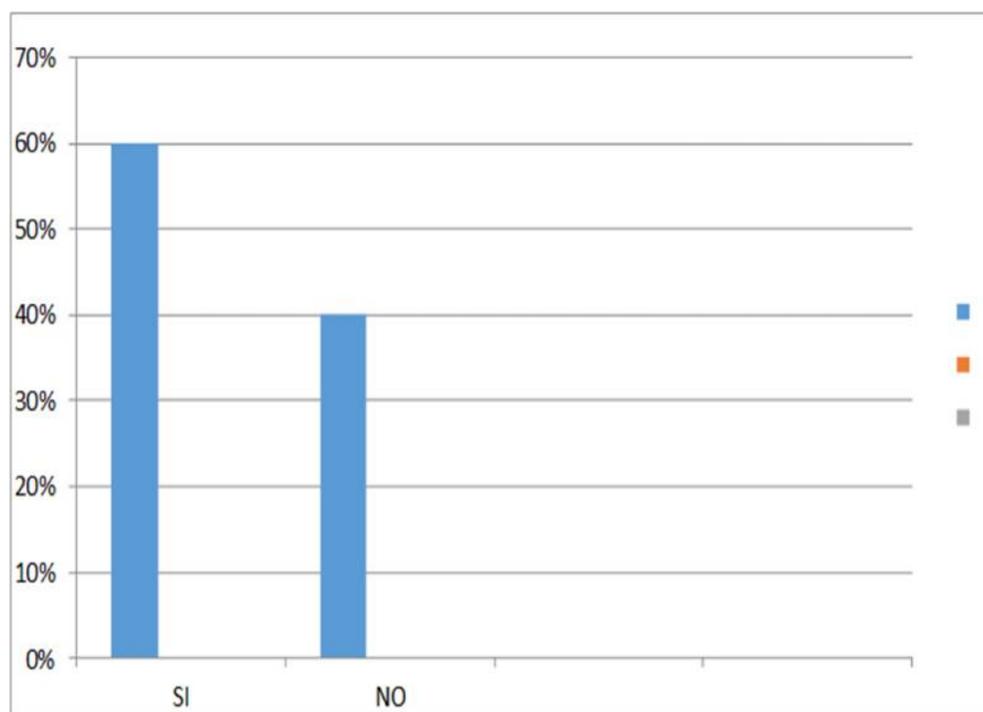
*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 42***Aceptación de la importancia de las fajas transportadoras*

	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	9	0.60	60
No	6	0.40	40
Total	15	1.00	100%

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: Aceptación de la importancia de las fajas transportadoras

*Fuente:* Elaboración propia

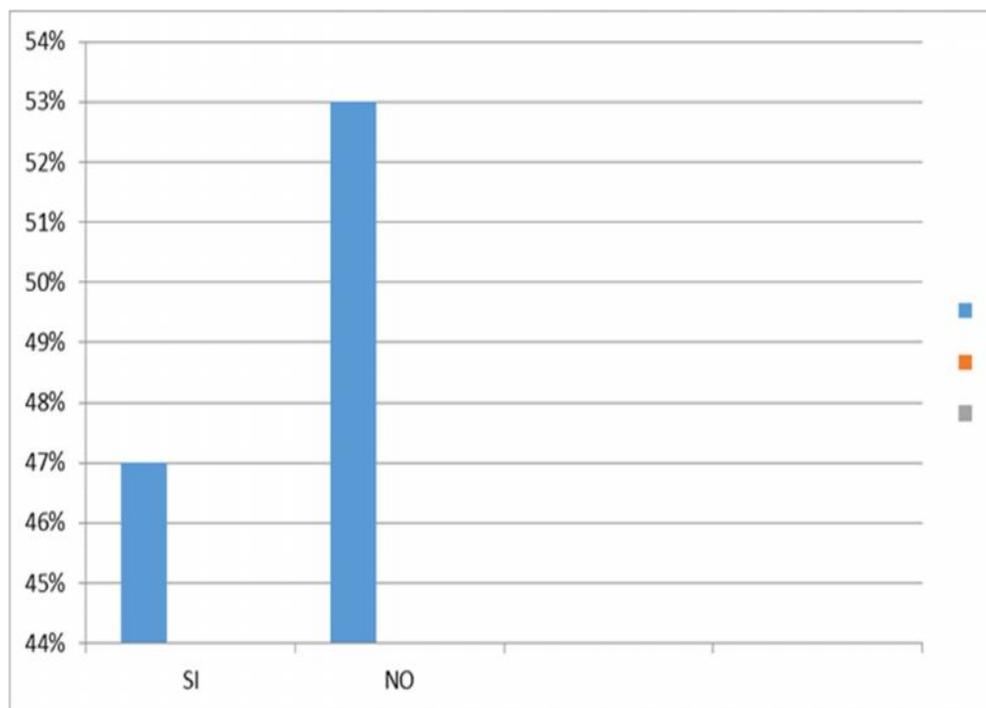
**Tabla 43**

*Sabe si actualmente existe un proyecto de ampliación para las fajas transportadoras*

	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	7	0.47	47
No	8	0.53	53
Total	15	1.00	100%

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: Sabe si actualmente existe un proyecto de ampliación para las fajas transportadoras



*Fuente:* Elaboración propia

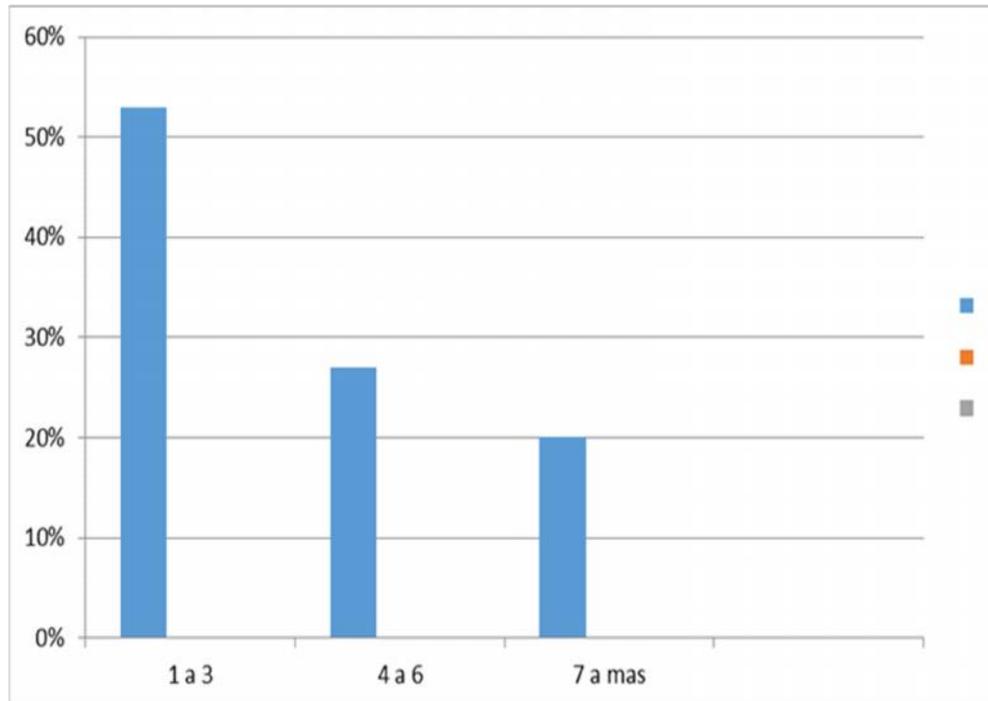
**Tabla 44**

*Las veces que ha tenido experiencia en el manejo de fajas transportadoras*

Las veces que falla	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
1 a 3	8	0.53	53
4- 6	4	0.27	27
7 a mas	3	0.20	20
Total	15	1.00	100%

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: Las veces que ha tenido experiencia en el manejo de fajas transportadoras



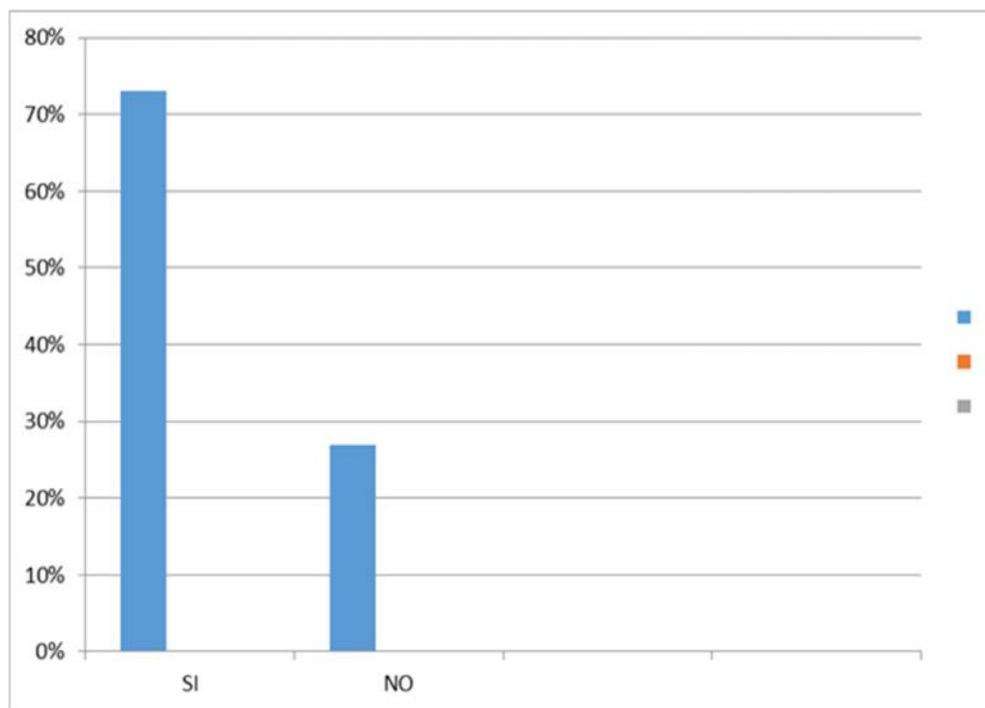
*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 45***Considera necesario implementar las fajas transportadoras*

Ampliar fajas	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	11	0.73	73
No	4	0.27	27
Total	15	1.00	100%

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: Considera necesario implementar las fajas transportadoras

*Fuente:* Elaboración propia

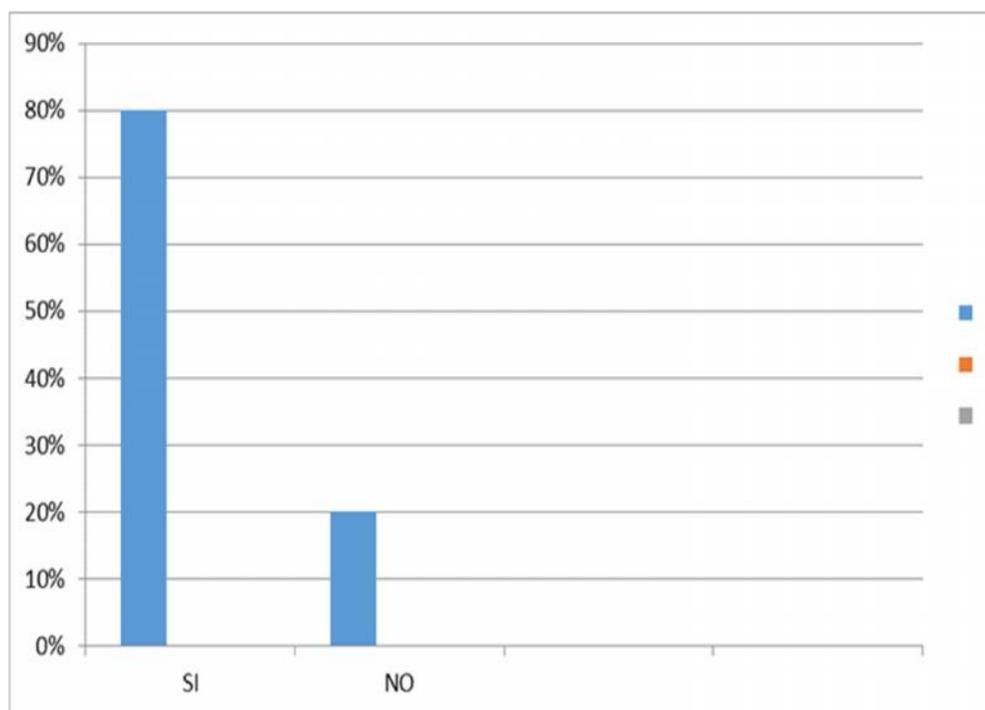
**Tabla 46**

*La ampliación de fajas transportadoras aumentará la producción*

Mejorar la producción	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	12	0.80	80%
No	3	0.20	20%
Total	15	1.00	100%

**Fuente:** Elaboración propia

Gráfico: La ampliación de fajas transportadoras aumentara la producción



**Fuente:** Elaboración propia

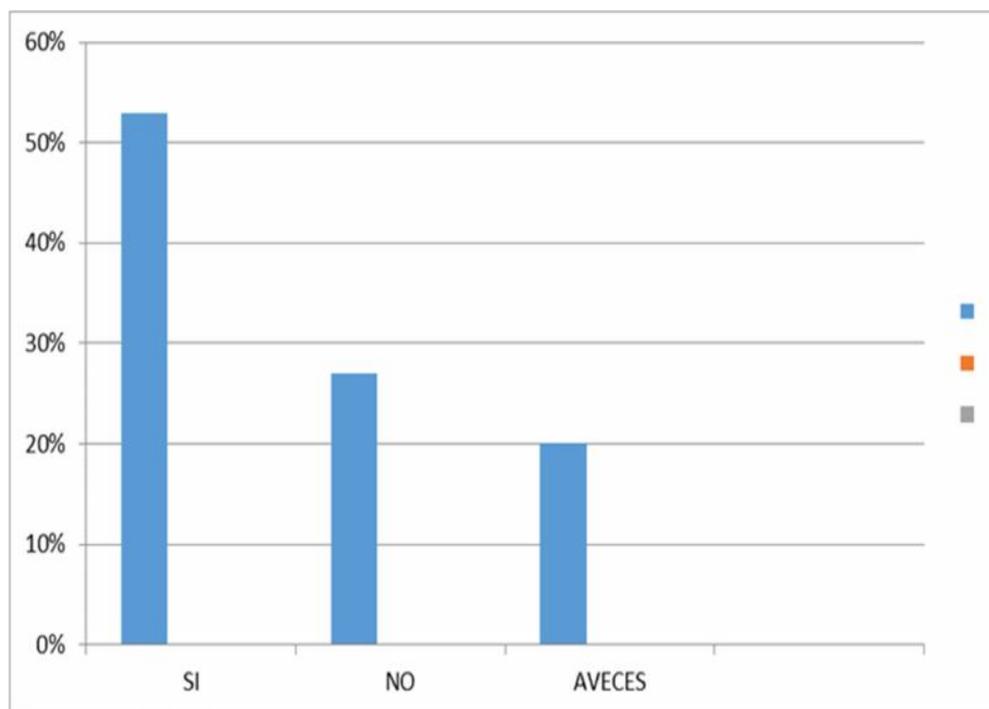
**Tabla 47**

*Mejora de la eficacia en su trabajo con la ampliación de fajas transportadoras*

Mejorar la eficiencia	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	8	0.53	53
No	4	0.27	27
A veces	3	0.20	20
Total	15	1.00	100%

**Fuente:** Elaboración propia

Gráfico: Mejora de la eficacia en su trabajo con la ampliación de fajas transportadoras



**Fuente:** Elaboración propia

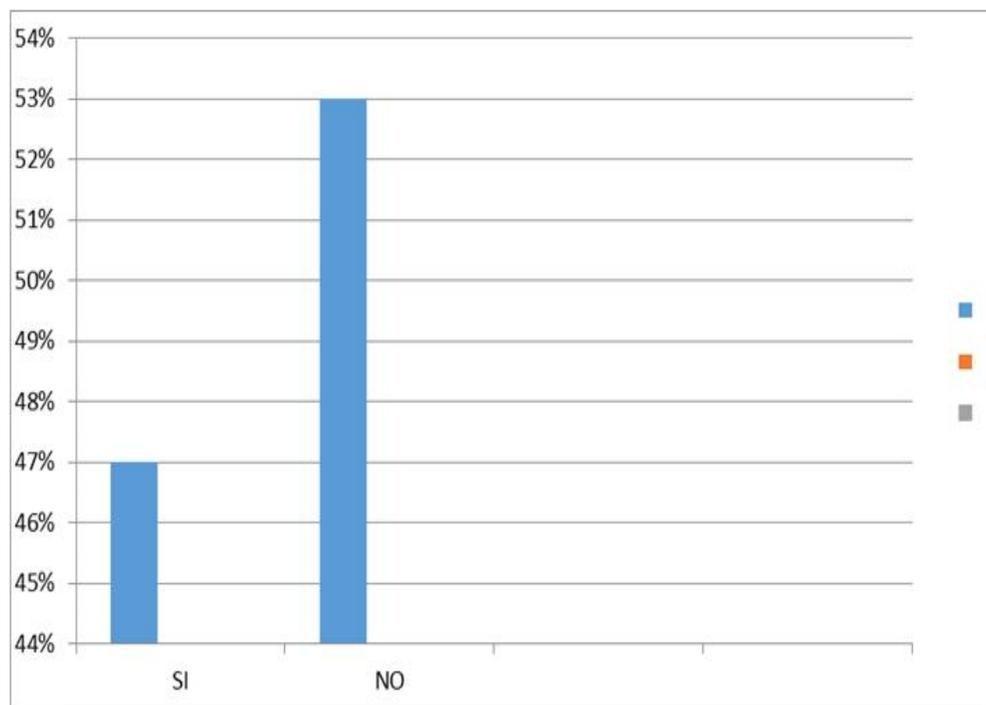
**Tabla 48**

*Conoce los mecanismos de revisión periódica para las fajas transportadoras*

Procedimientos de revisión	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	7	0.47	47
No	8	0.53	53
Total	15	1.00	100%

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: Conoce los mecanismos de revisión periódica para las fajas transportadoras



*Fuente:* Elaboración propia

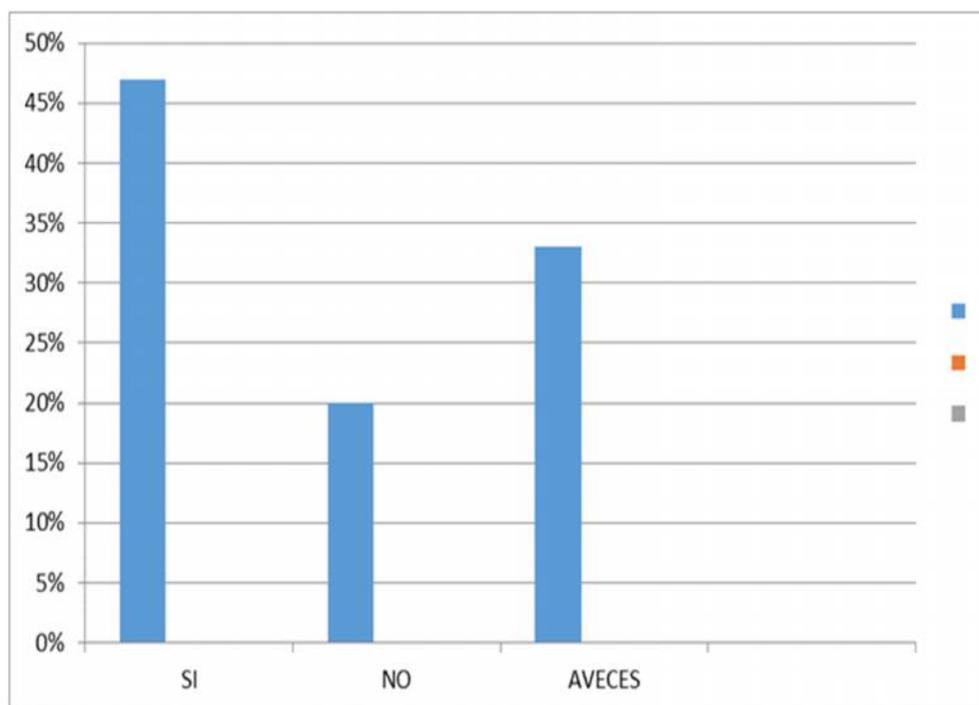
**Tabla 49**

*Ante una falla mecánica en las fajas transportadoras Ud. podrá reparar*

Falla	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	7	0.47	47
No	3	0.20	20
A veces	5	0.33	33
Total	15	1.00	100

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: Ante una falla mecánica en las fajas transportadoras Ud. podrá reparar



*Fuente:* Elaboración propia

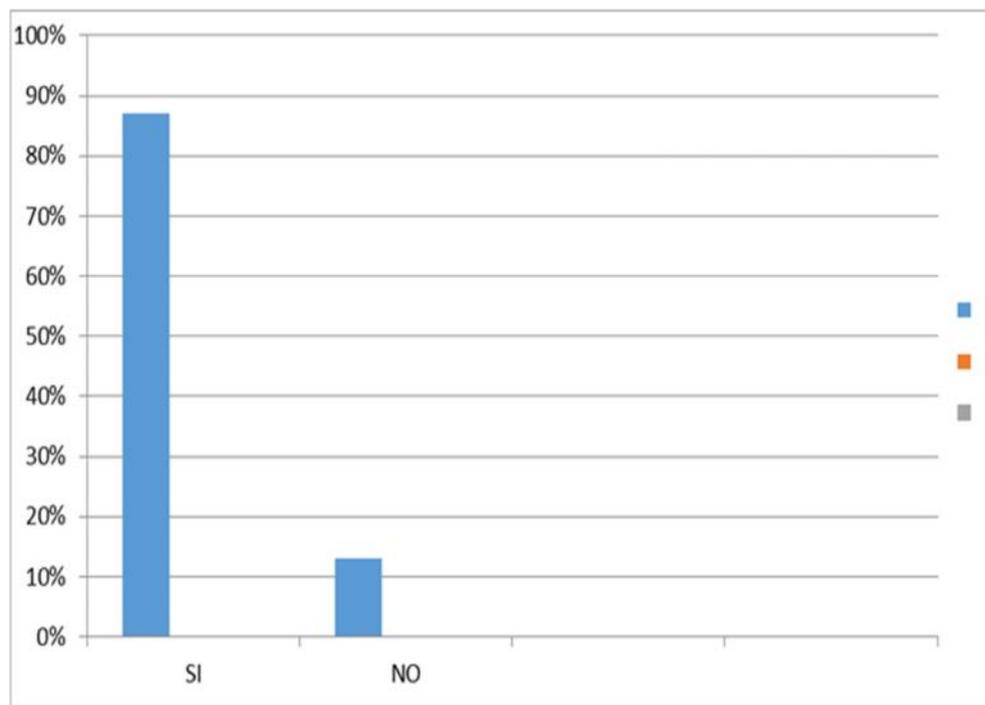
**Tabla 50**

*La empresa tiene la capacidad e infraestructura para la implementación*

Capacidad e infraestructura	Frec. Absoluta	Frec. Relativa	Frec. Porcentual
Si	13	0.87	87
No	2	0.13	13
Total	15	1.00	100%

*Fuente:* Elaboración propia

Gráfico: La empresa tiene la capacidad e infraestructura para la ampliación



*Fuente:* Elaboración propia

## ANEXO III

### SEGURIDAD PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### Consideraciones de seguridad aplicable a las instalaciones de transportadores:

1. Antes de completar la instalación, todo el personal y supervisores deben tener una completa instrucción en el uso del sistema y de todos sus equipos.
2. Un programa de entrenamiento en seguridad para el personal de operaciones, mantenimiento y de supervisión recorrerá un largo camino, en lo que se refiere al establecimiento y el mantenimiento de las normas más altas de seguridad en el lugar de trabajo.
3. Se recomienda una “verificación de seguridad” coincidente con la finalización de la instalación y las corridas de prueba del transportador y equipo asociado. La verificación debe incluir todos los equipos de operación mecánicos y eléctricos, más las estructuras, pasillos, escaleras, pisos, alturas libres de paso, y vías de acceso. En esta etapa se revelan las necesidades de vigilancia adicional, dispositivos de seguridad y señales de advertencia.
4. El sistema transportador no debe ser utilizado para manejar otro tipo de material distinto para el cual fue diseñado.
5. Solo se permite al personal entrenado operar el sistema transportador. Ellos deben tener un completo conocimiento del proceso de operación, dispositivos de seguridad, controles eléctricos y señales de advertencia, capacidad y límites de funcionalidad del transportador.
6. La ubicación y la operación de todos los dispositivos de control y seguridad deben ser de conocimiento de todo el personal. Las áreas circundantes se deben de mantener libres de obstrucciones, también se debe de mantener una vista despejada de los dispositivos de seguridad todo el tiempo.
7. Una “inspección al paso” del sistema transportador es un buen medio para que el personal de mantenimiento bien entrenado pueda problemas a partir del ruido inusual provocados por los componentes del sistema transportador.
8. Se debe establecer un programa que proporcione inspecciones frecuentes de todo el equipo.

9. Las manos y pies nunca deben estar en contacto con algún componente del transportador, y no se debe permitir a nadie subirse al transportador en movimiento o funcionamiento.
10. Nadie está autorizado para subir, saltar o cruzar sobre el transportador en movimiento, o caminar o trepar en la estructura del transportador, sin el uso de los pasillos, pisos, escaleras, o cruces habilitados.
11. El buen cuidado es un prerrequisito para las condiciones de seguridad. Todas las áreas aledañas al transportador se deben de mantener libres de desechos y obstáculos, incluyendo equipos, componentes inactivos o en desuso.
12. Cualquier transportador que se encuentre en condiciones de operación inseguras, en las que no se tienen todos los dispositivos de seguridad y vigilancia en excelentes condiciones, no se deben de manipular.
13. Todo el personal deben estar protegidos por medios apropiados en el área donde la caída del material representa un riesgo. Pueden usarse señales de advertencia.
14. El mantenimiento es un requisito para una operación segura en transportadores. El mantenimiento, incluye la lubricación el cual debe de realizarse cuando el equipo este desconectado.
15. Un buen alumbrado contribuye con un ambiente seguro de trabajo.
16. Durante la vida útil del equipo, sus condiciones de operación y ambientales pueden requerir cambios. Debe haber un continuo esfuerzo para detectar y tratar en el menor tiempo posible cualquier nueva posibilidad de peligro respecto a la seguridad asociada a estos cambios. Si el peligro no puede ser eliminado se deben de instalar señales de advertencia.
17. Utilizar el Equipo de Seguridad Personal básico (lentes de seguridad, botas con casquillo y casco) al momento de realizar actividades que requieran su uso.
18. No te muevas de tu lugar de trabajo. El trabajo que tu realizas es importante, asegúrate de no abandonar tu área de trabajo a menos de que estés autorizado por tu supervisor. No interrumpas el trabajo de otros o hagas cualquier cosa que pueda reducir la producción.

## ANEXO IV

**MATRIZ DE CONSISTENCIA.- Influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma 2018.**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOS	TECNICA	INSTRUMENTO
Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general					
<p>-¿cómo es la influencia de las fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma 2018?</p> <p><b>Problemas específicos.</b></p> <p>1. ¿Cuál es la importancia de fajas transportadoras en el molino “El Pino S.R.L.”?</p> <p>2. ¿Cómo es la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”?</p>	<p>-Determinar la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma 2018.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p><b>1.</b> Especificar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.</p> <p><b>2.</b> Precisar la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.</p>	<p>-Influencia de la implementación de fajas transportadoras para la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”, Majes - Caylloma.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p><b>HE1.</b> Es probable determinar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.</p> <p><b>HOE1.</b> No es probable determinar el tipo de fajas transportadoras para el transporte de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.</p> <p><b>HE2.</b> Es probable precisar la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.</p> <p><b>HO2.</b> No es probable precisar la producción de harina de trigo en el molino “El Pino S.R.L.”.</p>	<p><b>-Variable independiente (X).</b> Influencia de la implementación de fajas transportadoras.</p> <p><b>-Variable dependiente (Y).</b> Producción de harina de trigo.</p>	<p>-Diseño de fajas transportadoras</p> <p>-Realizar los pasos necesarios para la selección de una faja transportadora.</p> <p>-Determinar los componentes de fabricación.</p> <p>-Determinar la necesidad en el proceso de producción de una faja transportadora.</p>	<p><b>Tipo</b> de investigación no experimental.</p> <p><b>Nivel</b> explicativo.</p> <p><b>Diseño</b> correlacional de enfoque longitudinal.</p> <p><b>Ox</b></p> <p><b>Mr</b></p> <p><b>Oy</b></p> <p><b>r:</b> Correlacion</p> <p><b>Ox:</b> Variable independiente.</p> <p><b>Oy:</b> Variable dependiente.</p> <p><b>Población</b> fajas transportadoras.</p> <p><b>Muestra</b> prototipo de fajas de transportadoras.</p>	<p>Para la V.I. se aplicara una Encuesta a los trabajadores.</p> <p>Para la V.D. Se aplicará Encuesta a los usuarios</p>	<p>Se aplicará un Cuestionario para la V.I.</p> <p>Se aplicará un Cuestionario. Para la V.D.</p>

## GLOSARIO DE TERMINOS

A	Área de la sección transversal del material sobre la banda (m)
a	Adendum (mm)
B	Ancho del a banda (m)
b	Ancho útil de carga de la banda (m)
b <sub>g</sub>	Dedendum (mm)
B <sub>C</sub>	Distancia entre apoyos (mm)
C	Factor de fricción por longitud de banda
C <sub>d</sub>	Capacidad dinámica de la banda (N)
C <sub>dr</sub>	Carga por desalineamiento de rodillos (kg)
C <sub>gw</sub>	Distancia entre centros (mm)
C <sub>ro</sub>	Carga sobre los rodillos superiores (kg)
d	Diámetro de los rodillos (mm)
D	Diámetro de los tambores (m)
D <sub>b</sub>	Diámetro del rollo de banda (N/mm)
d <sub>s</sub>	Diámetro del eje del tambor (mm)
D <sub>g</sub>	Diámetro de paso de la rueda dentada (mm)
D <sub>og</sub>	Diámetro exterior de la rueda dentada (mm)
D <sub>ow</sub>	Diámetro exterior del tornillo (mm)
D <sub>t</sub>	Diámetro exterior en la garganta de la rueda dentada (mm)
D <sub>w</sub>	Diámetro de paso del tornillo sin fin (mm)
E	Módulo de elasticidad de la banda (N/mm)
F	Ancho de la cara del tambor (m)
F <sub>g</sub>	Ancho del diente de la rueda dentada (mm)
F <sub>e</sub>	Ancho efectivo del diente de la rueda dentada (mm)
f	Factor de fricción de las partes móviles
F <sub>1</sub>	Fuerza para mover la banda en vacío (N)
F <sub>2</sub>	Fuerza para mover la carga horizontal (N)
F <sub>3</sub>	Fuerza para elevar o bajar la carga (N)
F <sub>r</sub>	Fuerza aplicada sobre los rodamientos (N)

G	Peso de las partes móviles (kg/m)
$G_b$	Peso de la banda por unidad de longitud (valores promedios) (kg/m)
$G_{ro}$	Peso de los rodillos superiores (kg)
$G_{ru}$	Peso de los rodillos inferiores (kg)
H	Altura desde el punto de alimentación al de descarga (m)
k	Factor de reducción de área por inclinación de banda
$K_m$	Factor de corrección por relación de transmisión
$K_s$	Factor de material
$K_v$	Factor de velocidad
$K_l$	Factor de ajuste por tamaño de material
L	Proyección horizontal de la longitud total de la banda (m)
$L_w$	Longitud del tornillo (mm)
$L_{10h}$	Vida nominal de los rodamientos (horas de servicio)
$L_h$	Longitud de todos los tramos horizontales de la banda (m)
$L_i$	Longitud total de todos los tramos inclinados (m)
$L_p$	Proyección horizontal de todos los tramos inclinados (m)
$L_t$	Longitud total de la banda (m)
m	Coefficiente de transmisión
$m_g$	Relación de transmisión
M	Momento flector (N.mm)
$M_{pm}$	Carga del material por metro de banda (kg/m)
N	Número de capas de la carcasa
$N_g$	Número de dientes de la rueda dentada
$N_w$	Número de entradas del tornillo sin fin
$n_g$	Número de RPM de la rueda dentada
$n_w$	Número de RPM del tornillo sin fin
P	Potencia teórica (kw)
$P_a$	Potencia adicional por rascadores y carros descargadores (kw)
$P_{di}$	Potencia de diseño (cv)
$P_d$	Carga dinámica equivalente (N)
$P_f$	Potencia de pérdida por fricción (cv)
$P_i$	Potencia de entrada (cv)

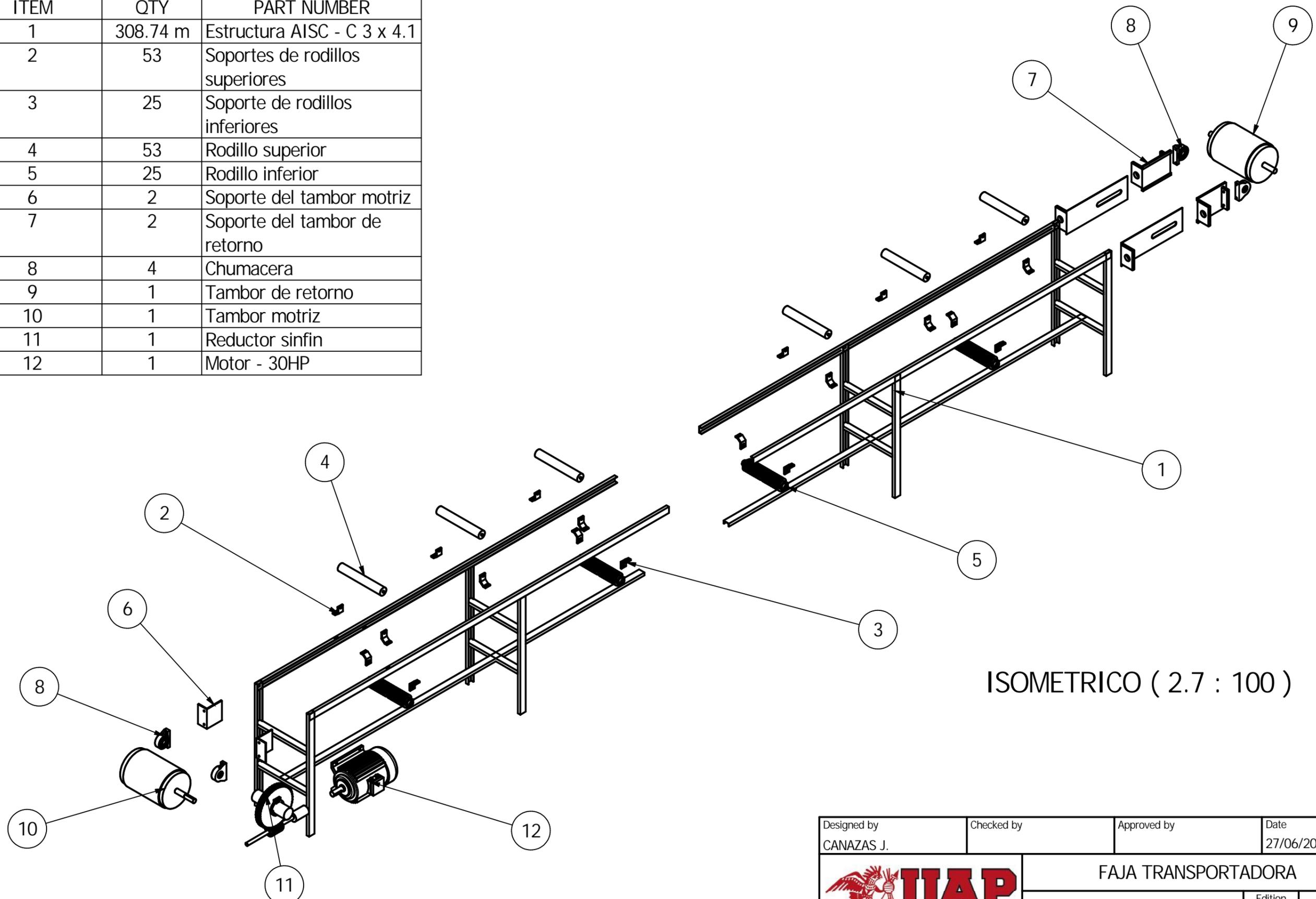
$P_m$	Potencia del motor (kw)
$P_o$	Potencia de salida (cv)
$P_s$	Potencia adicional por guías de carga (kw)
$P_x$	Paso axial del tornillo sin fin
$Q_t$	Capacidad máxima de la banda (ton/h)
$Q_v$	Capacidad volumétrica de la banda ( $m^3/h$ )
$R_t$	Fuerza resultante sobre el tambor (N)
$r_e$	Radio de redondeo en el extremo del círculo exterior de la rueda dentada (mm)
$S_1$	Espaciamiento de los rodillos superiores (m)
$S_2$	Espaciamiento de los rodillos inferiores (m)
$S_{sd}$	Esfuerzo permisible ( $N/mm^2$ )
$S_y$	Esfuerzo de fluencia ( $N/mm^2$ )
$S_u$	Esfuerzo de rotura ( $N/mm^2$ )
$T$	Torque en el tambor (N/mm)
$T_1$	Tensión en el lado apretado (N)
$T_2$	Tensión en el lado flojo (N)
$T_3$	Tensión en el retorno (N)
$t_b$	Espesor de la banda (m)
$T_{cp}$	Tensión del contrapeso (N)
$t_d$	Diámetro del tambor de enrollamiento de la banda
$T_e$	Tensión efectiva
$T_M$	Temperatura de operación de la banda (F)
$T_o$	Tensión mínima (N)
$T_u$	Tensión de trabajo unitaria (N/mm)
$V$	Velocidad de la banda (m/s)
$V_s$	Velocidad de deslizamiento (m/s)
$W_b$	Peso de la banda por unidad de área ( $kg/m^2$ )
$W_{bt}$	Peso de la banda por unidad de longitud (valores reales) (kg/m)
$W_C$	Peso de la cubierta ( $kg/m^2$ )
$W_f$	Fuerza de fricción (kgf)
$W_R$	Peso de la carcasa ( $kg/m^2$ )

$W$	Peso del tambor (N)
$W_{Tb}$	Peso total del rollo de banda (kg)
$W_{tg}$	Carga tangencial en la rueda dentada (kgf)
	Ángulo de reposo del material ( $^{\circ}$ )
	Ángulo de sobre carga del material ( $^{\circ}$ )
$\epsilon$	Eficiencia del tipo de transmisión
$n$	Ángulo de presión normal
	Ángulo de avance del tornillo sin fin
	Peso específico del material ( $\text{ton/m}^3$ ) ( $\text{lb/pe}^3$ )
$\eta$	Eficiencia (motor, transmisión)
$\mu$	Coeficiente de fricción entre tambor y banda
	Ángulo de contacto entre el tambor y la banda ( $^{\circ}$ )
$R$	Velocidad angular de los rodillos (rpm)
$T$	Velocidad angular del tambor (rpm)

## ABREVIATURAS

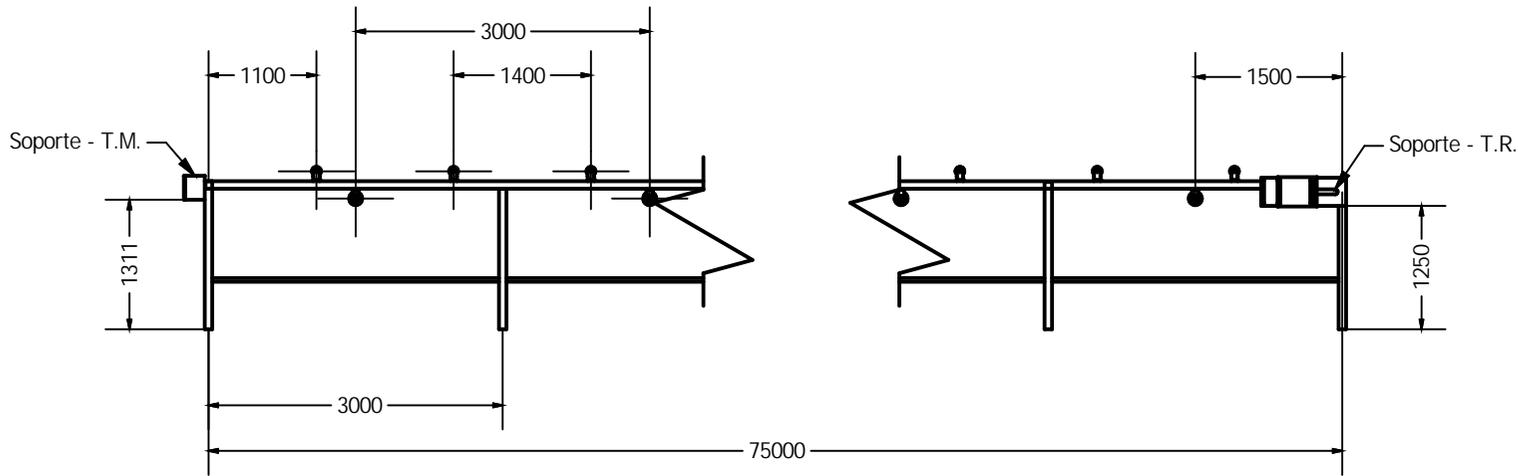
°	Grados
cv	Caballo de vapor
F	Grados Fahrenheit
h	Hora
hp	Caballo de fuerza
kg	Kilogramo
kg-f	Kilogramo fuerza
kw	Kilovatios
lb	Libra
Lb/pie <sup>3</sup>	Libra por pie cubico
m	Metro lineal
m/s	Metro por segundo
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cubico
mm	Milímetro
N	Newton
pie <sup>3</sup>	Pie cubico
piw	Libras por pulgada de ancho de banda
pug	Pulgadas
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundo
ton	Tonelada métrica (1000kg o 2200lb)
Ton/h	Toneladas por hora
Ton/m <sup>3</sup>	Tonelada por metro cubico

PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	308.74 m	Estructura AISC - C 3 x 4.1
2	53	Soportes de rodillos superiores
3	25	Soporte de rodillos inferiores
4	53	Rodillo superior
5	25	Rodillo inferior
6	2	Soporte del tambor motriz
7	2	Soporte del tambor de retorno
8	4	Chumacera
9	1	Tambor de retorno
10	1	Tambor motriz
11	1	Reductor sinfin
12	1	Motor - 30HP

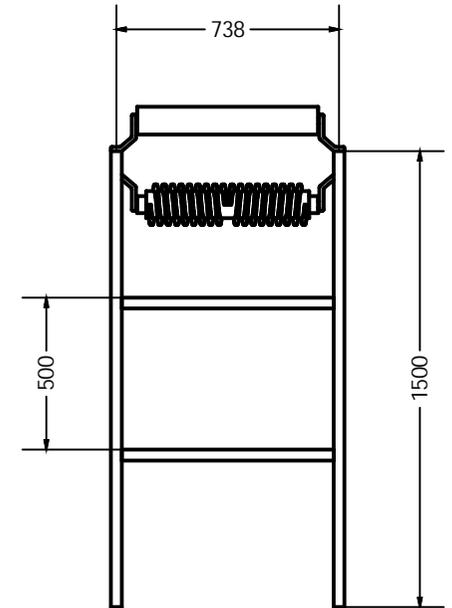


ISOMETRICO ( 2.7 : 100 )

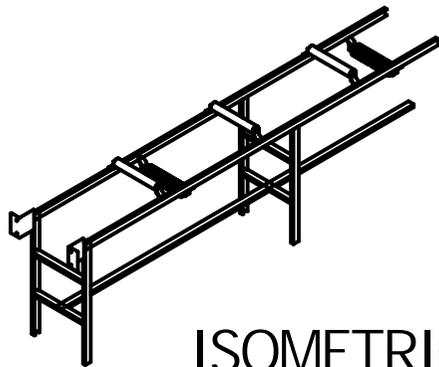
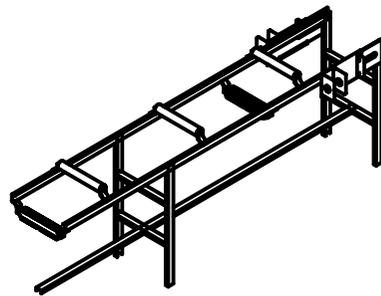
Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 27/06/2018
		FAJA TRANSPORTADORA	
		Edition	Sheet 1 / 12



LATERAL ( 1.3 : 100 )



FRONTAL ( 1 : 25 )

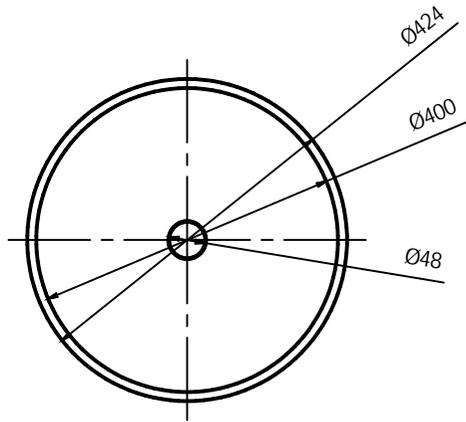


ISOMETRICO ( 1.3 : 100 )

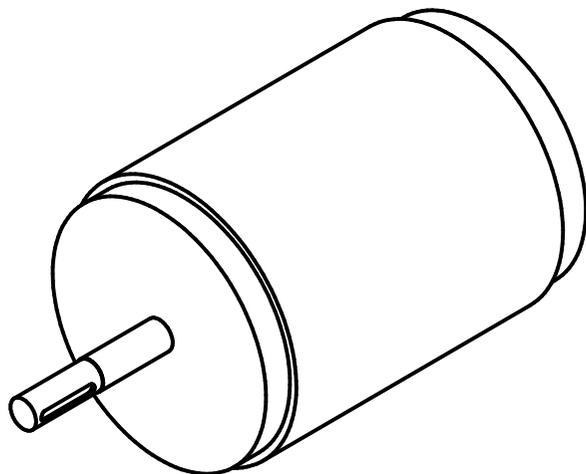
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero A-36
Perfil	AISC - C3x4.1
Acabado	Pintura con anticorrosiva

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
	FAJA TRANSPORTADORA		
	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LA BANDA	Edition	Sheet 2 / 12

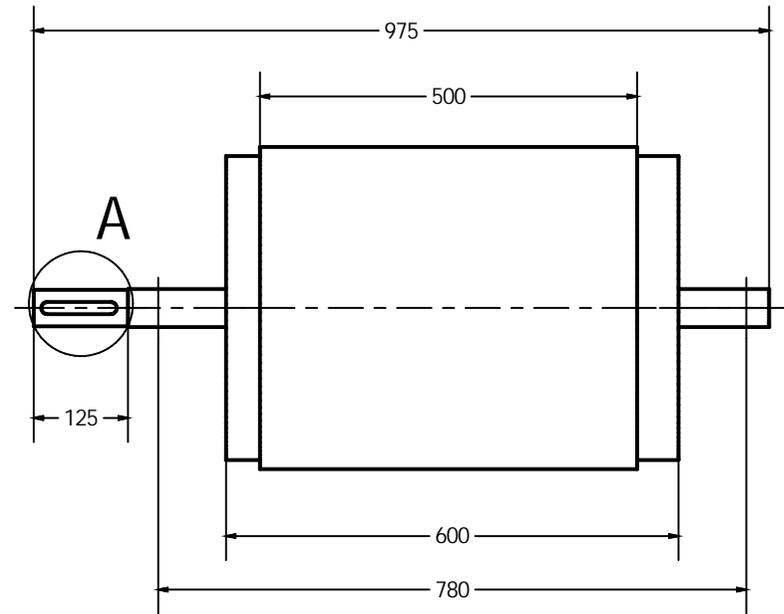
LATERAL ( 0.1 : 1 )



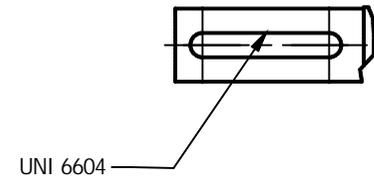
ISOMETRICO ( 0.1 : 1 )



FRONTAL ( 0.1 : 1 )



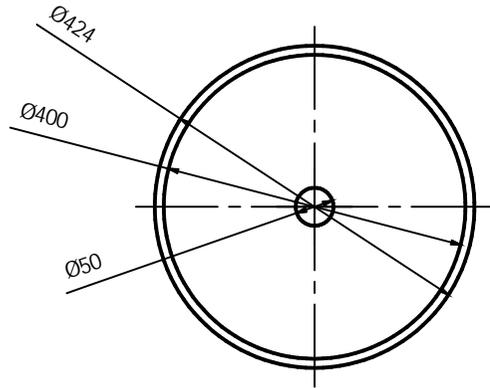
A ( 1 : 5 )



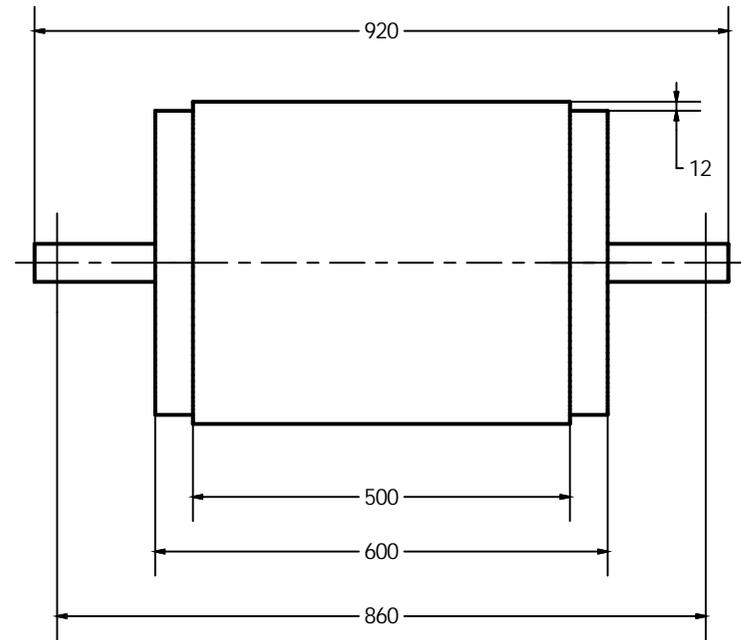
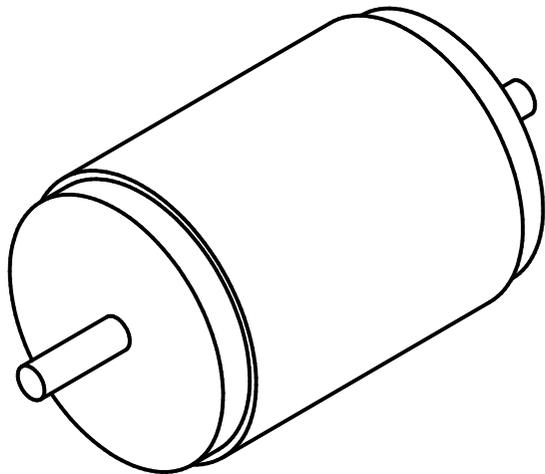
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero aleado de alta resistencia
Acabado	Pintura con antioxidol
Revestimiento	Goma romboidal de 12 mm

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
		FAJA TRANSPORTADORA	
		TAMBOR MOTRIZ	Edition Sheet 3 / 12

LATERAL ( 0.1 : 1 )



ISOMETRICO ( 0.1 : 1 )

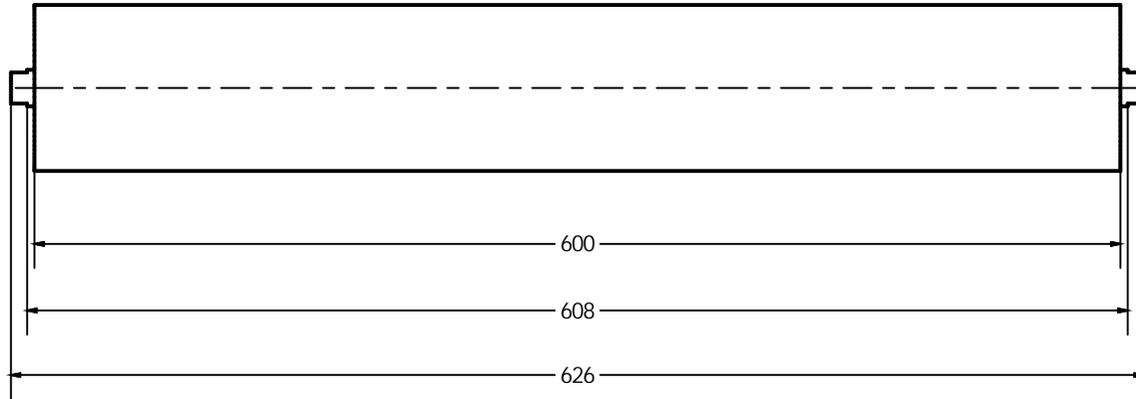


FRONTAL ( 0.1 : 1 )

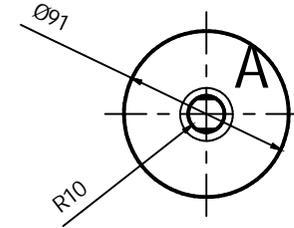
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero aleado de alta resistencia
Acabado	Pintura con antioxidol
Revestimiento	Goma romboidal de 12 mm

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
	FAJA TRANSPORTADORA		
	TAMBOR DE COLA	Edition	Sheet 4 / 12

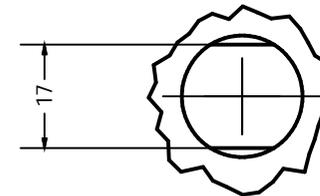
FORNTAL ( 0.24 : 1 )



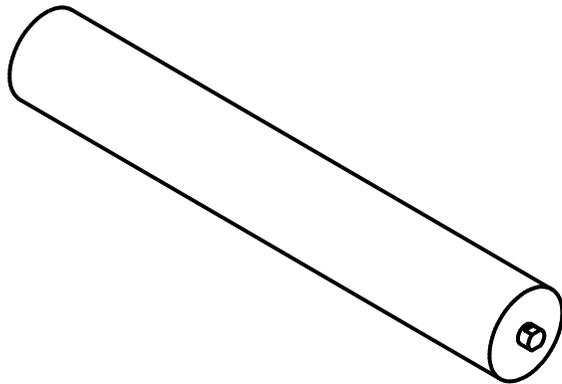
LATERAL ( 0.24 : 1 )



A ( 0.8 : 1 )



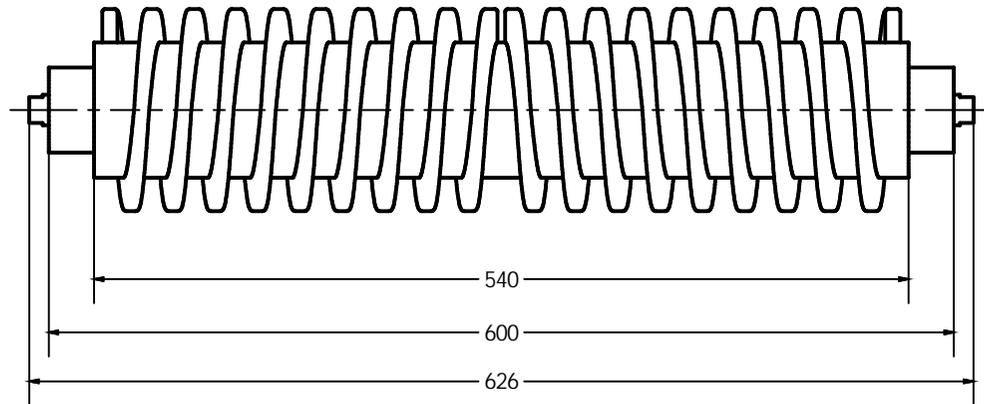
ISOMETRICO ( 0.15 : 1 )



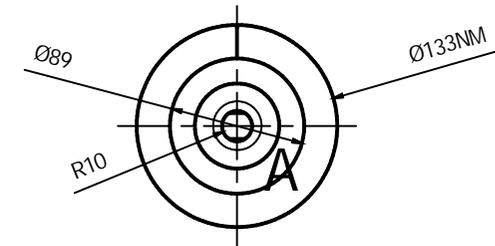
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Tubo de acero S235JR
Acabado	Pintura con anticorrosiva
Eje	Con casquilla ch=17

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
	FAJA TRANSPORTADORA		
	RODILLO SUPERIOR	Edition	Sheet 5 / 12

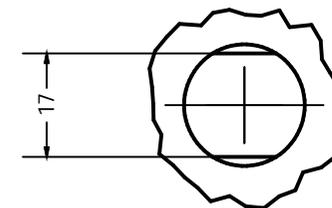
FRONTAL ( 0.2 : 1 )



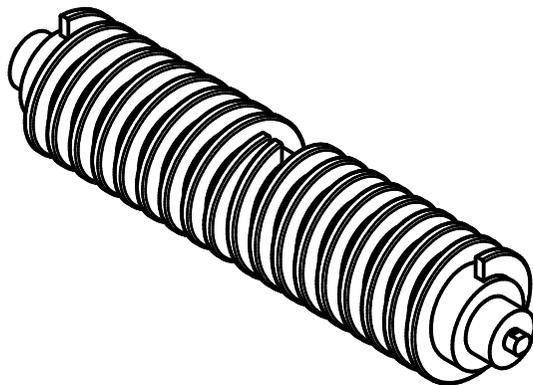
LATERAL ( 0.2 : 1 )



A ( 0.8 : 1 )



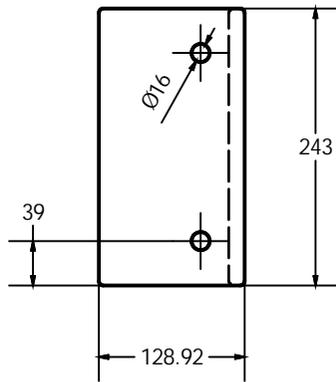
ISOMETRICO ( 0.15 : 1 )



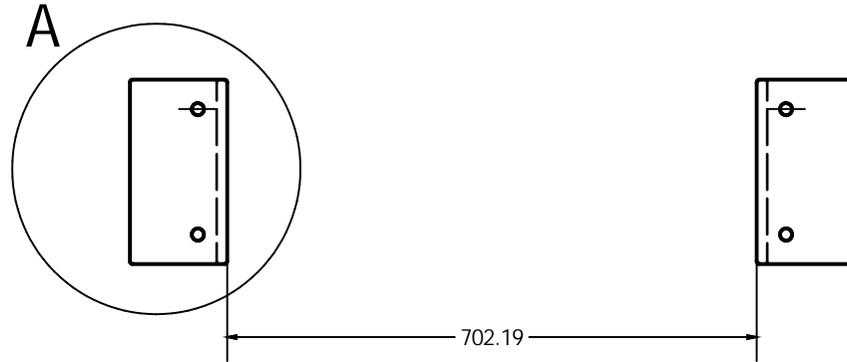
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Tubo de acero S235JR con anillos de PVC
Acabado	Pintura con anticorrosiva
Eje	Con casquillo ch=17

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
		FAJA TRANSPORTADORA	
		RODILLO DE RETORNO	Edition Sheet 6 / 12

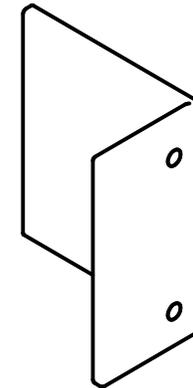
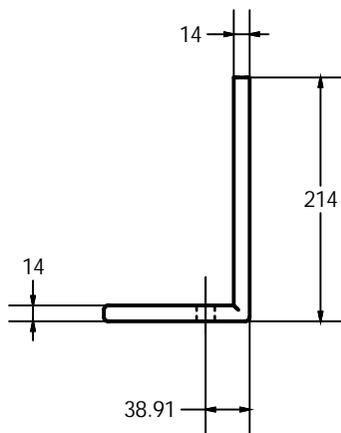
A ( 0.15 : 1 )



FRONTAL ( 0.1 : 1 )



SUPERIOR ( 0.15 : 1 )

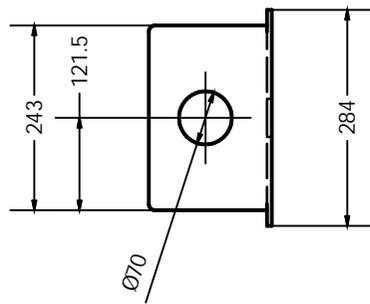


ISOMETRICO ( 0.15 : 1 )

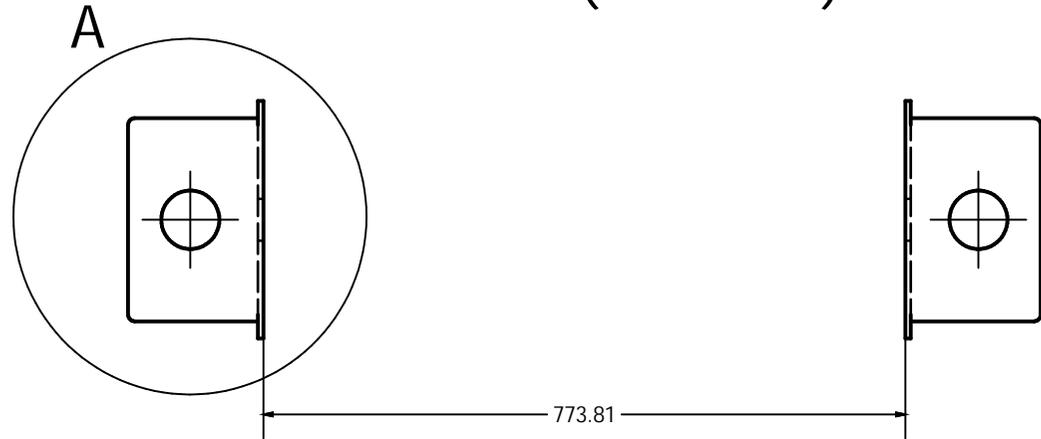
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero ASTM A-36
Acabado	Pintura con anticorrosiva

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
	FAJA TRANSPORTADORA		
	SOPORTE TAMBOR MOTRIZ	Edition	Sheet 7 / 12

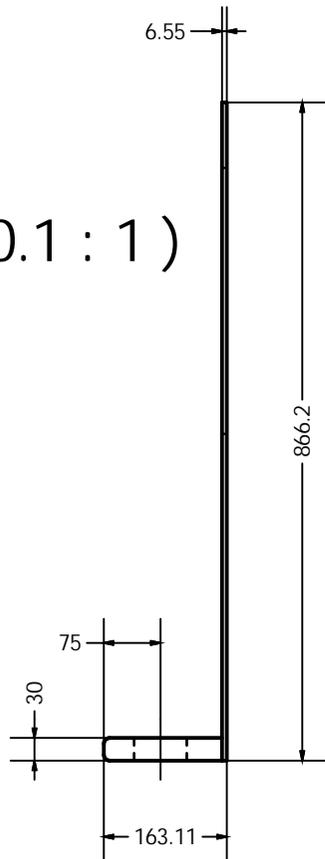
A (0.1 : 1)



FRONTAL (0.11 : 1)

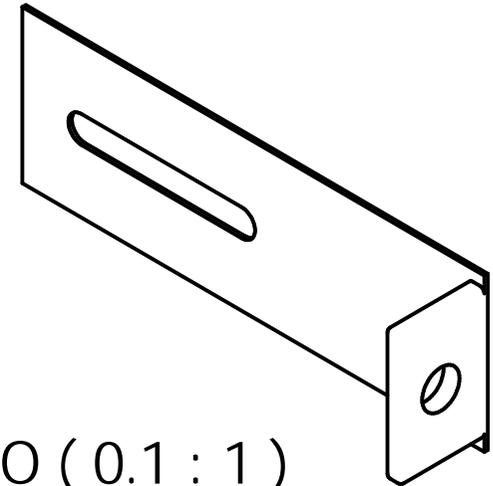


SUPERIOR (0.1 : 1)



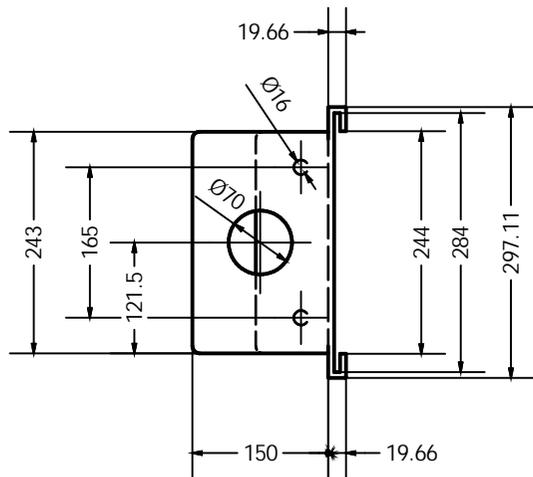
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero ASTM A-36
Acabado	Pintura con anticorrosiva

ISOMETRICO (0.1 : 1)

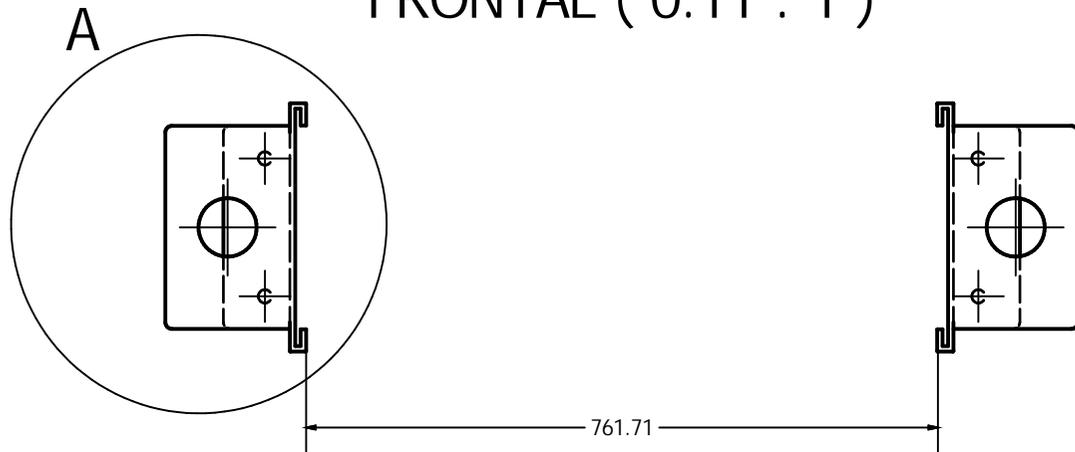


Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
	FAJA TRANSPORTADORA		
	SOPORTE TAMBOR COLA 1	Edition	Sheet 8 / 12

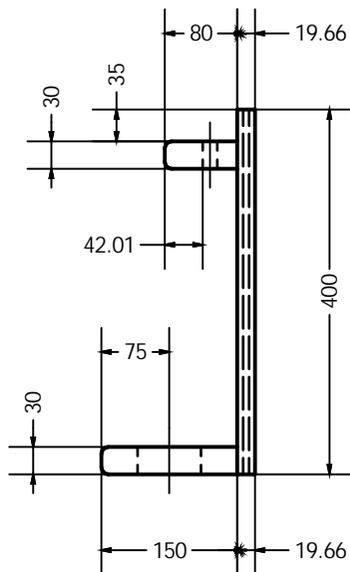
A ( 0.12 : 1 )



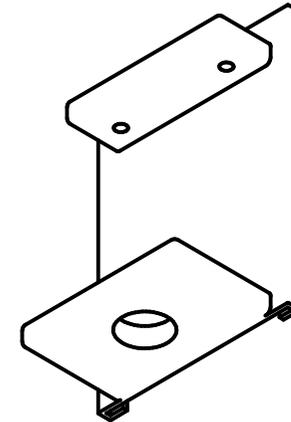
FRONTAL ( 0.11 : 1 )



SUPERIOR ( 0.12 : 1 )



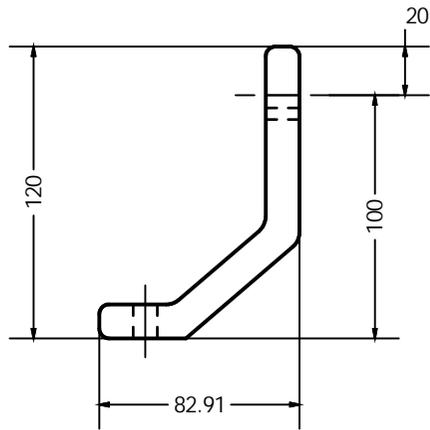
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero ASTM A-36
Acabado	Pintura con anticorrosiva



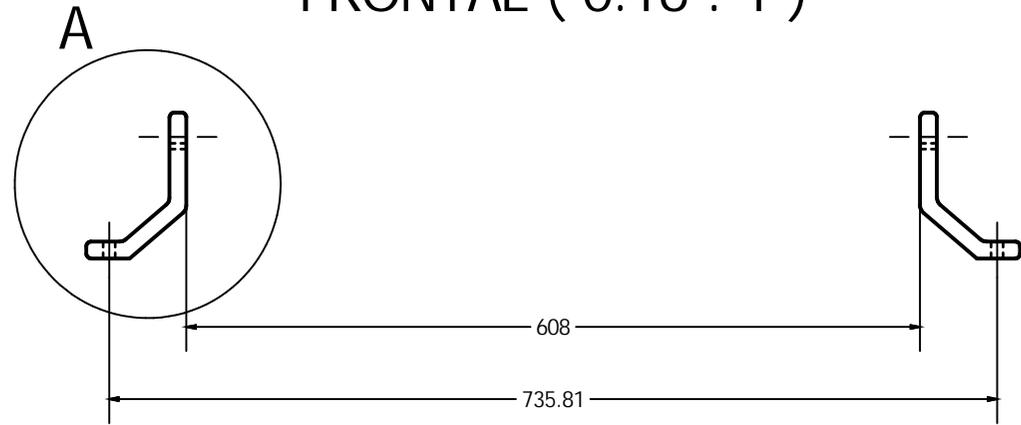
ISOMETRICO ( 0.12 : 1 )

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
	FAJA TRANSPORTADORA		
	SOPORTE TAMBOR COLA 2	Edition	Sheet 9 / 12

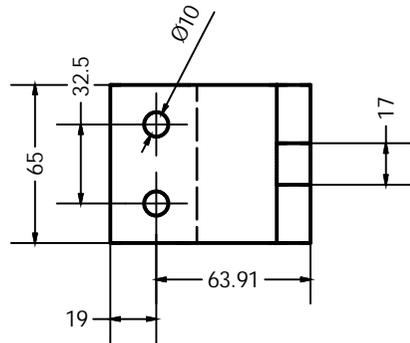
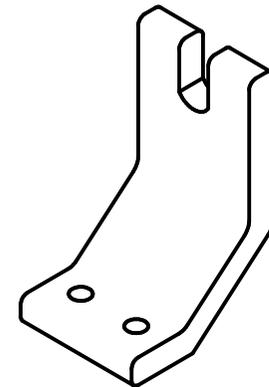
A ( 0.32 : 1 )



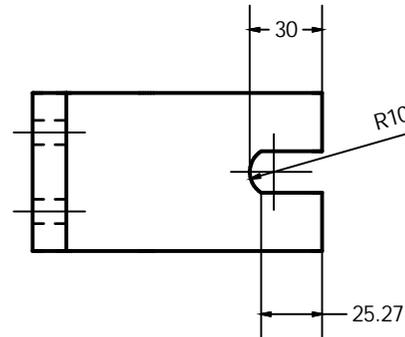
FRONTAL ( 0.16 : 1 )



ISOMETRICO ( 0.32 : 1 )



SUPERIOR ( 0.32 : 1 )

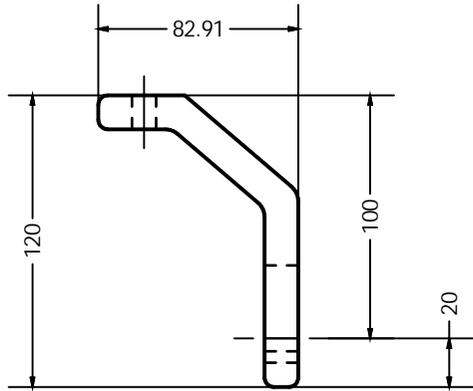


LATERAL ( 0.32 : 1 )

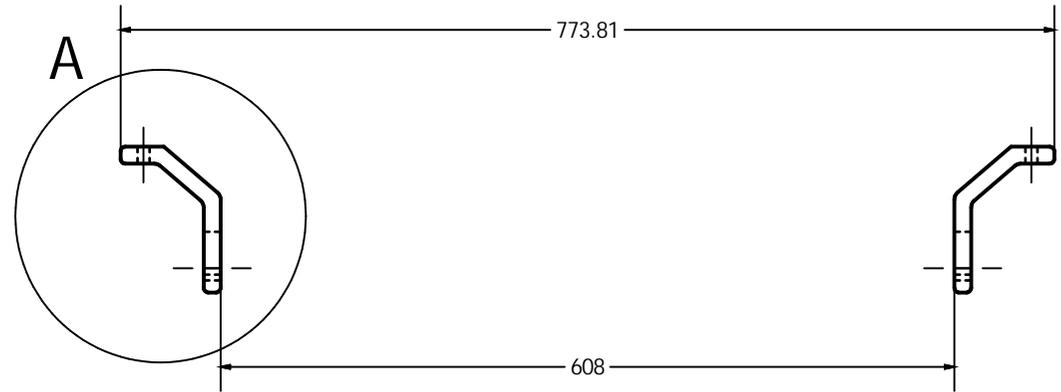
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero ASTM A-36
Acabado	Pintura con anticorrosiva

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
		FAJA TRANSPORTADORA	
		SOPORTE SUPERIOR	Edition Sheet 10 / 12

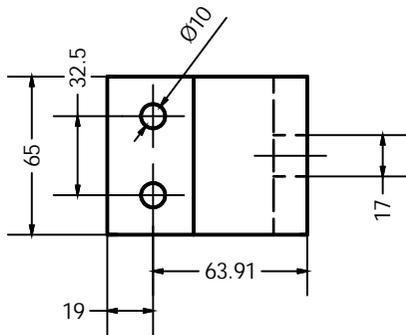
A ( 0.32 : 1 )



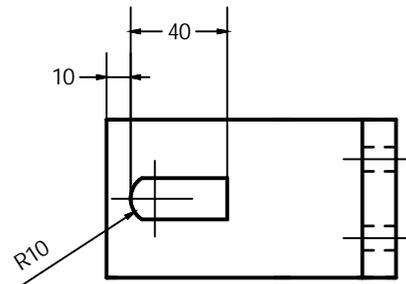
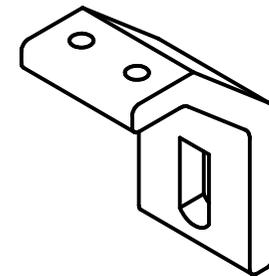
FRONTAL ( 0.16 : 1 )



INFERIOR ( 0.32 : 1 )



ISOMETRICO ( 0.32 : 1 )

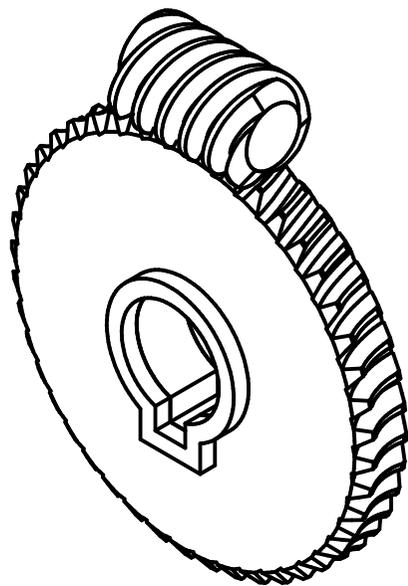


LATERAL ( 0.32 : 1 )

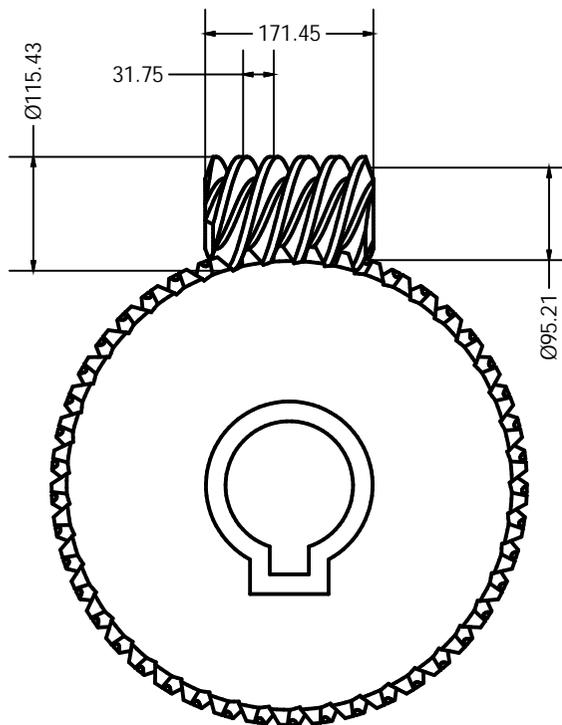
PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero ASTM A-36
Acabado	Pintura con anticorrosiva

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
		FAJA TRANSPORTADORA	
		SOPORTE INFERIOR	Edition Sheet 11 / 12

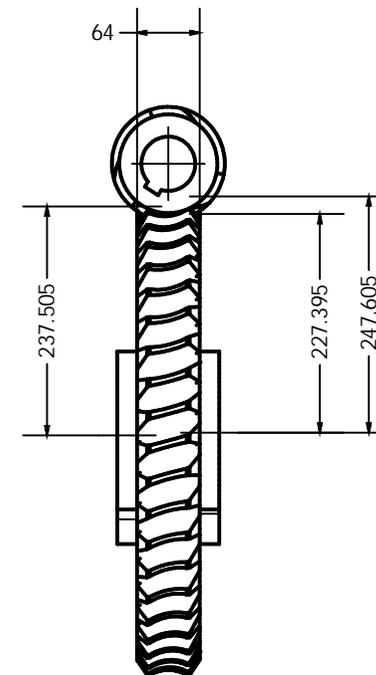
ISOMETRICO ( 0.14 : 1 )



FRONTAL ( 0.13 : 1 )



LATERAL ( 0.13 : 1 )



PLANO DE DETALLE	
DESCRIPCION	EJECUCION
Unidades	mm
Material	Acero maquinado fundido en moldes de arena

Designed by CANAZAS J.	Checked by	Approved by	Date 24/06/2018
	FAJA TRANSPORTADORA		
	REDUCTOR SINFIN	Edition	Sheet 12 / 12