



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE RECEPCIÓN PARA MATERIAL A
GRANEL EN UNA PLANTA PROCESADORA DE SEMILLAS.**

Tutores:

Académico: Ing. Osto José

Rodríguez José C.I.: 18.265.733

Industrial: Ing. Carlos Rodríguez

Utrera Francisco C.I.: 19.655.779

Naguanagua, Marzo de 2015



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE RECEPCIÓN PARA MATERIAL A
GRANEL EN UNA PLANTA PROCESADORA DE SEMILLAS.**

*Trabajo especial de grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo
para optar al título de Ingeniero Mecánico*

Tutores:

Académico: Ing. Osto José

Rodríguez José C.I.:18.265.733

Industrial: Ing. Carlos Rodríguez

Utrera Francisco C.I.: 19.655.779

Naguanagua, Marzo de 2015

Agradecimientos

En estos momentos de felicidad y logros en mi vida quiero agradecer a quien me han brindado su más sincero apoyo amor y amistad.

A Dios quien me da la fortaleza, que guía mi camino día a día para seguir adelante y luchar para alcanzar cualquier objetivo.

Por colocar en mi camino de alguna forma a todas las personas que han sido parte de este logro.

A mi madre por traerme a este mundo, por el amor y el cariño que fueron motivos para seguir adelante, fue guía durante esta maravillosa etapa, además de motivarme día a día, para ella este gran presente, y compensar con buenas ofrendas sus esfuerzos y sacrificios, por enseñarme lo grandioso que es la vida y los valores que se necesitan para ser una gran persona.

A mi padre por sus grandes consejos, por guiarme en el camino correcto y que gracias a su esfuerzo y esmero me ha colaborado en gran parte a realizar uno de mis más grandes sueños de niño.

A mi familia en general cuyo apoyo siempre estuvo presente siendo una fuente de optimismo para culminar este trabajo.

A todos mis amigos que han estado a lo largo de mi carrera y ahora son parte importante de mi vida.

A nuestro tutor ing. José Rubén Osto, gracias por su enorme colaboración y orientación para canalizar las ideas, también por toda su paciencia,

disponibilidad y dedicación para que este trabajo se realizara con el mayor de los éxitos.

A la Empresa C.R INAGRO; S.A. a Carlos Rodríguez y Francisco Rodríguez por proporcionarnos la gran oportunidad de desarrollar y concluir este trabajo para obtener beneficios mutuos.

A mi compañero de trabajo de grado José Javier Rodríguez que junto con el estuve compartiendo grandes momentos, y la última fase de mi carrera para terminar con esta meta.

A mi compañero Ing. Fabio Ruiz por su consejos que fueron de gran influencia para adaptarme a situaciones difíciles durante la carrera.

A la Universidad de Carabobo en especial a la escuela de Ingeniería Mecánica y sus profesores, por ser parte fundamental en el desarrollo de mis estudios y brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para enfrentar los nuevos retos que han de venir.

Francisco Alexander Utrera Cordido.

La realización de este trabajo de grado y por consecuencia la finalización de mi carrera universitaria no habría sido posible sin la ayuda de numerosas personas, a quienes quiero expresar mi más profundo agradecimiento:

En primer lugar a Dios por darme la bendición de llegar a este punto tan importante y gratificante de mi vida.

A mis padres Francisco J. Rodríguez y María D. Solano, a mis familiares y amigos.

A nuestro tutor el Ing. José Rubén Osto y a todos los profesores y personal que labora en la Universidad de Carabobo, por formar excelentes profesionales.

Finalmente quiero agradecer todo el esfuerzo realizado por mi compañero de trabajo de grado Francisco A. Utrera.

José J. Rodríguez

Dedicatorias

Con el mayor esfuerzo y con el apoyo incondicional que he sabido aprovechar, he cumplido en esta oportunidad con una de mis metas planteadas, esta meta es alcanzada y dedicada a las personas más influyentes en mi vida y que me brindaron gran parte de su conocimiento y experiencia la cuales fueron tomadas como herramientas para combatir cada una de las trabas que durante el transcurso de la carrera pude superar, a mis padres.

Yenis Cordido, Jesús Utrera

A mis hermanos los cuales han sido fuente de inspiración, ya que sus logros han sido de gran emoción para mi vida, además de su apoyo moral, educativo y gran parte de confianza y cariño que han demostrado.

Hermanos

A mis amigos de infancia que gracias a su apoyo incondicional, forman parte del día a día, en los momentos compartidos de felicidad, amor y emoción.

Amigos

A mis compañeros de la universidad durante la carrera estuvieron siempre presente, y pude contar con ellos en las buenas y en las malas, espero conservar siempre este vínculo que se formó en nuestras vidas.

Compañeros universitarios

Francisco Alexander Utrera Cordido.

A Dios;

Por darme salud y vida para disfrutar de éste momento...

A mi padre;

Por guiarme con el ejemplo de la humildad, la sabiduría y el trabajo arduo para alcanzar cada meta que me he propuesto...

A mi madre;

Por su cariño incondicional, ese que tanta falta hace cuando se está lejos de casa...

A mis familiares y amigos;

Por todo el apoyo recibido durante el desarrollo de mi carrera...

José J. Rodríguez

Introducción

El presente trabajo especial de grado está basado en el diseño de un sistema de transporte de materiales a granel. El área de las máquinas y aparatos de transporte es un campo de actividad muy interesante y variada, con un carácter particular resultante de una combinación de la mecánica, eléctrica, automatización y de la gran variedad de problemas y soluciones que ellos sobrellevan.

Las industrias buscan constantemente la solución al problema de cómo manejar sus materiales, rápida y eficientemente, con el mínimo de retrasos debido a la falta de mano de obra o a percances de la maquinaria. Los sistemas de transportadores modernos ofrecen la respuesta a casi todos estos requisitos, y diariamente aumenta su importancia en todos los procedimientos industriales. Debido a la diversidad de dichos procedimientos, los sistemas de transportadores también son muy distintos, para poder satisfacer los requisitos de cada uno.

El origen de la investigación surge de la necesidad que tiene la empresa C.R. Inagro, S.A. de implementar un nuevo sistema de recepción de materiales a granel, esto con el fin de habilitar una línea de procesamiento que se encuentra inoperativa por la falta de un sistema de recepción apropiado, a su vez se busca reducir los tiempos de descarga, reducir la cantidad de personal asignado a

dichas labores y por lo tanto reducir costos, obteniendo además un aumento en la capacidad de producción.

El desarrollo de este trabajo especial de grado, se ha estructurado de la siguiente manera; en el capítulo I se representa la situación problemática, el objetivo general, objetivos específicos, justificación, alcance y limitaciones de la investigación; el capítulo II se refiere al marco teórico de la investigación, que está definido por el camino que se obtendrá al conocimiento de un elemento en particular, precisamente se tiene que enunciar los antecedentes de la investigación así como las bases teóricas; el capítulo III incluye el marco metodológico, detallando la metodología y técnicas de investigación que se utilizaron para cumplir con los objetivos del presente trabajo, describiendo y analizando el tipo de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimientos y posteriormente la técnica de análisis de los mismos; el capítulo IV muestra la presentación y análisis de los resultados obtenidos así como también el desglose de cada uno de los objetivos específicos del presente trabajo; el capítulo V comprende todas aquellas conclusiones y recomendaciones acerca de los resultados obtenidos y por último las referencias bibliográficas, apéndices y anexos que sustentan el trabajo especial de grado desarrollado.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIAS	VI
INTRODUCCIÓN	1
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
CAPÍTULO I	20
EL PROBLEMA	20
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	20
1.2 OBJETIVOS	22
1.2.1 General	22
1.2.2 Específicos	22
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.4 LIMITACIONES	23
1.5 ALCANCE	23
1.6 ANTECEDENTES	24
CAPÍTULO II	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1 Reseña histórica de la empresa C.R. INAGRO S.A.	27
2.1.2 Almacenamiento refrigerado.	29
2.2 Historia de las Bandas Transportadoras	29
2.3 Bandas Transportadoras.	30
2.4 Empleo de bandas transportadoras.	31
2.5 Ventajas de las bandas transportadoras.	31
2.6 Descripción y clasificación	32
2.6.1 Cabezal motriz	32
2.6.2 Cabezal de retorno	33
2.6.3 Rodillos superiores	34
2.6.4 Cinta transportadora	34
2.6.5 Bastidores de soporte de rodillo.	35
2.6.6 Zona de transferencia de material	35
2.6.7 Clasificación de las bandas transportadoras	36
2.6.8 En el ramal superior de la banda.	36
2.7 Aplicaciones.	37
2.8 Parámetros de diseño	38
2.8.1 Ángulo de sobrecarga (β)	39
2.8.2 Ángulo máximo de inclinación (φ_{\max})	39
2.8.3 Máximo tamaño de granos a transportar	40
2.8.4 Abrasividad del material	40

2.8.5	Temperatura del material transportado.	40
2.8.6	Corrosividad del material.	40
2.8.7	Capacidad requerida.	40
2.8.8	Característica de flujo.	41
2.8.9	Trayectoria de la banda transportadora.	42
2.8.10	Proyección horizontal de la longitud total de la banda L .	42
2.8.11	Longitud de los tramos horizontales.	42
2.8.12	Proyección horizontal de los tramos inclinados.	43
2.8.13	Altura (H).	43
2.8.14	Longitud de los tramos inclinados (L_i).	43
2.8.15	Ángulo de inclinación de la banda (φ).	43
2.8.16	Longitud total de la trayectoria de la banda (L_t).	44
2.8.17	Ancho de la banda.	44
2.8.18	Velocidad de la banda transportadora.	45
2.8.19	Capacidad máxima de transporte.	47
2.8.20	Capacidad volumétrica de la banda transportadora.	50
2.8.21	Fuerzas en las bandas.	52
2.8.22	Calculo del peso de las partes móviles de la banda.	55
2.8.23	Fuerza para mover la banda en vacío y sus componentes.	58
2.8.24	Fuerza para desplazar el material horizontalmente.	58
2.8.25	Fuerza para desplazar el material horizontalmente.	59
2.8.26	Potencias en las bandas.	59
2.8.27	Potencia adicional por guía de carga.	60
2.8.28	Potencia adicional por carro descargadores o trippers.	60
2.8.29	Potencia teórica.	61
2.8.30	Potencia del motor.	62
2.8.31	Tensiones en las bandas.	63
2.8.32	Tensión en el lado apretado T₁ .	64
2.8.34	Tensión en el retorno de la banda.	66
2.8.35	Tensión de contrapeso T_{cp} .	68
2.8.36	Tensión mínima T₀ .	68
2.8.37	Recálculo de tensiones.	70
2.8.38	Ecuación de Euler-Eytelwein.	71
2.9	<i>Selección de elementos de la banda</i>	72
2.9.1	Selección de la banda.	72
2.9.2	La carcasa.	72
2.9.3	Carcasa con refuerzo metálico.	73
2.9.4	Determinación del tipo y número de telas.	74
2.9.5	Determinación del tipo y espesor de la goma de cobertura.	75
2.9.6	Selección de los rodillos superiores y de retorno.	76
2.10	<i>Diseño y selección de tambores.</i>	78
2.10.1	Determinación del ancho de cara.	78
2.11	<i>Cargas estáticas a soportar por los rodillos</i>	78
2.11.1	Determinación de la carga estática.	81
2.12	<i>Determinación del diámetro mínimo del eje del tambor.</i>	82
2.12.1	Selección de los rodamientos para el eje del tambor.	86
2.13	<i>Almacenamiento de materiales a granel.</i>	89
2.14	<i>Características de materiales.</i>	89
2.15	<i>Almacenamiento de materiales en recipientes – tolvas y silos.</i>	90
2.15.1	Tolvas.	90
2.15.2	Silos.	91
2.15.3	Materiales de construcción.	92
2.15.4	Sistema de alimentación y vaciado.	92

2.15.5 Consideraciones para el diseño de tolvas y silos.....	93
2.15.6 Factores principales que determinan el diseño dimensional de las tolvas y los silos.	93
2.16 Roscas Transportadoras.....	95
2.17 Componentes.....	95
2.18 Usos y Limitaciones.....	96
2.19 Roscas inclinadas y verticales.....	97
2.20 Elevadores de Cangilones.....	99
2.21 Componentes de un elevador de cangilones.....	99
2.22 Tipos de elevadores.....	100
2.22.1 Elevadores de descarga centrifuga.....	101
2.22.2 Elevadores de descarga perfecta.....	101
2.22.3 Elevadores continuos-cadena sencilla.....	101
2.22.4 Elevadores continuos – cadena doble.....	102
2.22.5 Elevadores continuos de correa.....	102
2.23 Usos.....	102
2.24 Tipos de cangilones.....	103
2.25 Capacidad.....	105
2.26 Mantenimiento.....	106
2.26.1 Concepto.....	106
2.27 Tipos de mantenimiento.....	106
2.27.1 Mantenimiento correctivo.....	107
2.27.1.2 Correctivo contingente.....	107
2.27.1.2 Correctivo programable.....	107
2.27.2 Mantenimiento preventivo.....	108
2.27.2.1 Mantenimiento predictivo.....	108
2.27.2.2 Preventivo periódico.....	108
2.27.2.3 Preventivo analítico.....	109
2.27.2.4 Preventivo progresivo.....	109
2.27.3 Preventivo técnico.....	110
2.28 Planeación en el mantenimiento.....	110
2.29 Órdenes de trabajo.....	111
2.30 Ficha técnica.....	111
2.31 Programas de mantenimiento.....	112
CAPÍTULO III.....	113
MARCO METODOLÓGICO.....	113
3.1 Nivel de la investigación.....	113
3.2 Tipo de investigación.....	113
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	114
3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	114
3.5 Aspectos administrativos.....	114
3.5.1 Recursos materiales.....	114
3.5.2 Recursos humanos.....	115
3.6 Metodología utilizada en la investigación.....	115
3.6.1 Estudiar la línea de recepción utilizada actualmente.....	115
3.6.2 Analizar los parámetros de operación de la línea existente.....	115
3.6.3 Realizar el diseño mecánico en detalle de la futura línea de recepción.....	115
3.6.4 Elaborar un plan de mantenimiento y operación.....	116
3.6.5 Evaluar la rentabilidad económica del proyecto.....	116
CAPÍTULO IV.....	117
CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	117
4.1 Estudio de la línea de recepción utilizada actualmente.....	117
4.1.2 Dispositivos disponibles para el proceso de recepción de material a granel.....	118
4.1.2.3 Capacidad del elevador de cangilones.....	119
4.1.2.4 Cálculo de la capacidad del elevador de cangilones.....	119

4.2 Analizar los parámetros de operación de la línea existente.....	122
4.2.1 Procesamiento de semillas y maíz en mazorca.....	123
4.2.2 Capacidad del transportador tipo bazuca.....	124
4.2.3 Parámetros de la bazuca.....	125
4.2.4 Registro de materiales y peso de los camiones recibidos.....	127
4.3 Diseño mecánico en detalle de la futura línea de recepción.....	128
4.3.1 Diseños planteados.....	128
4.3.2 Criterios de selección.....	135
4.3.3 Selección de la mejor solución.....	138
4.3.4 Diseño de los elementos de la línea de recepción.....	138
4.3.4.1 Diseño de la rejilla de recepción.....	138
4.3.4.2 Consideraciones de diseño de la rejilla.....	140
4.3.4.3 Análisis de esfuerzo estáticos a la rejilla de recepción.....	141
4.3.4.4 Diseño de la tolva de recepción.....	143
4.3.5 Diseño de la banda transportadora.....	146
4.3.5.1 Consideraciones de diseño.....	146
4.3.5.2 Ancho y velocidad de la banda transportadora.....	146
4.3.5.3 Capacidad volumétrica teórica $Q_v (m^3/h)$	147
4.3.5.4 Capacidad volumétrica nominal $Q_n (m^3/h)$	147
4.3.5.5 Capacidad de Transporte $Q_t (ton/h)$	148
4.3.5.6 Fuerzas que actúan en una banda transportadora.....	148
4.3.5.7 Peso de las partes móviles (G).....	149
4.3.5.8 Potencia de la banda.....	150
4.3.5.9 Potencia teórica (P).....	151
4.3.5.10 Potencia del motor.....	151
4.3.5.11 Tensiones en la banda.....	152
4.3.6 Selección del material de la banda transportadora.....	155
4.3.6.1 Selección del material.....	155
4.3.6.2 Selección del número de telas.....	155
4.3.7 Longitud de la banda transportadora.....	155
4.3.7.1 Ancho de cara del tambor.....	156
4.3.8 Dimensiones de los rodillos superiores e inferiores.....	156
4.3.9 Cargas estáticas a soportar por los rodillos.....	157
4.3.9.1 Consideración de factores de diseño de Carga estática de rodillos superiores.....	157
4.3.9.2 Carga estática de la estación de rodillos superiores.....	157
4.3.9.3 Carga estática de la estación de rodillos inferiores.....	158
4.3.10 Distancia entre apoyos.....	158
4.3.11 Determinación del diámetro del tambor.....	158
4.3.12 Determinación del diámetro mínimo del eje del tambor.....	162
4.3.13 Selección de rodamientos para el eje del tambor.....	163
4.3.14 Carga total sobre cada rodamiento.....	164
4.3.15 Diseño del rodillo inferior.....	165
4.3.15.1 Análisis de esfuerzo en el eje del rodillo inferior.....	167
4.3.16 Diseño de la estructura de soporte de la banda transportadora.....	169
4.3.17 Consideraciones de diseño.....	169
4.3.17.1 Análisis de esfuerzo estáticos a la estructura de soporte de la banda transportadora.....	170
4.3.18 Diseño de la fosa de recepción.....	172
4.3.19 Selección de motoreductor.....	173
4.3.20 Bomba de achique.....	174
4.3.21 Tolva de estación de descarga.....	174
4.3.22 Diseño de eje y tambor motriz.....	175
4.3.23 Análisis de esfuerzos al eje y al tambor motriz.....	175
4.3.23.1 Análisis de esfuerzos al eje motriz.....	177
4.3.24 Diseño de línea de recepción de material a granel acoplado.....	181

4.4 Diseño de sistema de supervisión y automatización de operación de la nueva línea de recepción de material a granel.....	182
4.4.1 Funcionamiento.....	182
4.4.2 Automatización para la operación del sistema.....	182
4.4.3 Lógica cableada del sistema automatizado.....	185
4.5 Plan de mantenimiento y operación para la línea de recepción.....	186
4.5.1 Programación de mantenimiento.....	186
4.5.2 Ficha técnica.....	186
4.5.3 Orden de trabajo.....	189
4.5.3.1 Mantenimiento preventivo.....	189
4.5.3.2 Mantenimiento correctivo.....	189
4.5.4 Personal y procedimientos para efectuar mantenimiento.....	192
4.5.4.1 Tolva.....	192
4.5.4.2 Revisar soldaduras.....	192
4.5.4.3 Elevador de cangilones.....	195
4.5.5 Programación.....	199
4.5.6 Inspección de los equipos en planta.....	200
4.5.7 Herramientas y equipos de mantenimiento.....	202
4.5.8 Problemas y posibles soluciones en una banda transportadora.....	203
4.6 Rentabilidad económica del proyecto.....	206
4.6.1 Producción actual.....	207
4.6.2 Capacidad de Producción actual.....	208
4.6.3 Capacidad Instalada por rubro.....	208
4.6.4 Capacidad a Utilizar.....	209
4.6.5 Implementación de nueva línea de recepción.....	209
4.6.6 Rentabilidad.....	211
4.6.7 Inversión inicial.....	212
4.6.8 Costos de producción.....	212
4.6.9 Utilidad neta.....	213
4.6.10 Determinación del valor actual (VA).....	213
CAPÍTULO V.....	215
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	215
5.1 CONCLUSIONES.....	215
5.2 Recomendaciones.....	218
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	219
ANEXOS.....	222

Índice de figuras

Figura 1.1. Transportador De Banda Tipo Bazuca.....	21
Figura 2.1 Elementos Básicos De Una Banda Transportadora. (Sanz, 2011).....	33
Figura 2.2 Angulo De Reposo Del Material (φ).....	38
Figura 2.3 Angulo De Sobrecarga (β).....	39
Figura 2.4 Rodillos En Terna.....	48
Figura 2.5 Rodillos En Bina.....	49
Figura 2.6 Rodillo Plano.....	49
Figura 2.7 Puntos De Transporte.....	52
Figura 2.8 Espaciamiento Entre Rodillos Superiores S_1 E Inferiores S_2	56
Figura 2.9 Carros Descargadores.....	60
Figura 2.10 Tensión Efectiva En La Banda.....	63
Figura 2.11 Tensiones En La Banda.....	66
Figura 2.12 Flecha De Pandeo Permisible En La Banda.....	69
Figura 2.13 Tambor Motriz.....	71
Figura 2.14 Carcasa Con Refuerzo Metálico.....	73
Figura 2.15 Roscas Transportadoras.....	95
Figura 2.16 Componentes De Transportadores De Rosca.....	96
Figura 2.17 Variación De La Capacidad Con Respecto A La Inclinación En Roscas Transportadoras.....	98
Figura 2.18 Roscas Verticales.....	98
Figura 2.19 Elevadores De Cangilones.....	99
Figura 2.20 Componentes De Un Elevador De Cangilones.....	100
Figura 2.21 Distintos Tipos De Elevadores.....	102
Figura 2.22 Tipos De Elevadores De Cangilones.....	104
Figura 4.1 Esquema De Sistema De Recepción Utilizado Actualmente.....	118
Figura 4.2 Transmisión De Elevador De Cangilones.....	120
Figura 4.3 Esquema De Sistema De Recepción En Paralelo.....	124
Figura 4.4 Relación De Transmisión De La Bazuca.....	125
Figura 4.5 Esquema De Diseño Uno.....	129
Figura 4.6 Esquema De Diseño Dos.....	129
Figura 4.7 Esquema De Diseño Tres.....	130
Figura 4.8 Esquema De Diseño Cuatro.....	131
Figura 4.9 Esquema De Diseño Cinco.....	131
Figura 4.10 Esquema De Diseño Seis.....	132
Figura 4.11 Esquema De Diseño Siete.....	133
Figura 4.12 Esquema De Diseño Ocho.....	134
Figura 4.13 Reacciones Que Generan El Camión Cargado.....	139
Figura 4.14 Diseño De Rejilla De Fosa De Recepción.....	141

Figura 4.15 Deformación Unitaria Estática De La Rejilla De Recepción.....	141
Figura 4.16 Desplazamiento Estático De La Rejilla De Recepción.....	142
Figura 4.17 Factor De Seguridad De La Rejilla De Recepción.....	142
Figura 4.18 Diseño A Fatiga De La Rejilla De Recepción (Vida Total).....	143
Figura 4.19 Diseño De La Tolva De Recepción Y Estructura De Soporte.....	144
Figura 4.20 Deformación Unitaria Estática De La Tolva De Recepción.....	145
Figura 4.21 Desplazamiento Estático De La Tolva De Recepción.....	145
Figura 4.22 Factor De Seguridad De La Tolva De Recepción.....	146
Figura 4.23 Tipos De Tambores Y Poleas.....	161
Figura 4.24 Rodillo Inferior.....	167
Figura 4.25 Análisis De Desplazamiento En Eje De Rodillo Inferior.....	167
Figura 4.26 Análisis De Momento Flector En El Eje De Rodillo Inferior.....	168
Figura 4.27 Análisis De Esfuerzo Cortante En Eje De Rodillo Inferior.....	168
Figura 4.28 Análisis De Factor De Seguridad En Eje De Rodillo Inferior.....	169
Figura 4.29 Estructura De Soporte De La Banda Transportadora.....	170
Figura 4.30 Análisis De Desplazamiento Estático A La Estructura De Soporte.....	171
Figura 4.31 Análisis De Tensión Y De Flexión A Estructura De Soporte.....	171
Figura 4.32 Factor De Seguridad De La Estructura De Soporte.....	172
Figura 4.33 Fosa De Recepción.....	172
Figura 4.34 Tolva De Descarga Acoplada Al Elevador.....	174
Figura 4.35 Eje Y Tambor Motriz.....	175
Figura 4.36 Factor De Seguridad De Eje Y Tambor Motriz.....	176
Figura 4.37 Análisis Estático De Tensiones.....	176
Figura 4.38 Análisis Estático De Desplazamiento.....	177
Figura 4.39 Análisis De Desplazamiento Estático En Eje De Tambor Motriz.....	177
Figura 4.40 Análisis De Esfuerzo Cortante En Eje De Tambor Motriz.....	178
Figura 4.41 Análisis De Momento Flector En Eje De Tambor Motriz.....	178
Figura 4.42 Factor De Seguridad Del Eje Del Tambor Motriz.....	179
Figura 4.43 Análisis De Desplazamiento Estático (Torsión).....	179
Figura 4.44 Factor De Seguridad Del Eje Motriz (Torsion).....	180
Figura 4.45 Vida Total Del Eje Motriz.....	180
Figura 4.46 Línea De Recepción De Material A Granel.....	181
Figura 4.47 Línea De Recepción De Material A Granel.....	181
Figura 4.48 Tablero De Sistema Automatizado.....	184
Figura 4.49 Lógica Cableada Del Sistema Automatizado.....	185
Figura 4.50 Ficha Técnica Para La Tolva De Recepción.....	186
Figura 4.51 Ficha Técnica Para El Transportador De Cinta.....	187
Figura 4.52 Ficha Técnica Para Un Elevador De Cangilones.....	188
Figura 4.53 Orden De Trabajo, Mantenimiento Preventivo.....	190

Figura 4.54 Orden De Trabajo, Mantenimiento Correctivo.....	191
Figura 4.55 Hoja De Inspección De Equipos.....	201

Índice de tablas

Tabla 2.1 Ángulos De Sobrecarga, De Reposo Y Fluidez Del Material.	41
Tabla 2.2 Ancho De Bandas Mínimos Recomendados.	46
Tabla 2.3 Velocidad De Banda Máxima Recomendada (M/S).	47
Tabla 2.4 Factor De Corrección De La Carga Según Su Ángulo De Inclinación	51
Tabla 2.5 Coeficientes De Fricción.	54
Tabla 2.6 Espaciamiento De Rodillos Superiores E Inferiores	56
Tabla 2.7 Peso De Los Rodillos	57
Tabla 2.8 Peso De La Cinta En Función Del Ancho De Banda.	57
Tabla 2.9 Potencia Adicional Para Banda Con Carro Trippers	61
Tabla 2.10 Eficiencia Mecánicas De Equipos Reductores	62
Tabla 2.11 Coeficiente De Fricción Entre El Tambor Y La Banda.	67
Tabla 2.12 Máxima Carga De Trabajo	74
Tabla 2.13 Tipo Y Espesor De La Cobertura De La Cara Portante De La Cinta En Función Del Tipo Y Tamaño Del Material Transportado Y También La Frecuencia De La Carga De La Cinta En Mm.	77
Tabla 2.14 Clasificación De Los Rodillos Según Cema	77
Tabla 2.15 Diámetros Recomendados Por Dodge Para Tambores En Función De La Tensión De Trabajo.	79
Tabla 2.16 Factor De Participación Para Los Distintos Tipos De Rodillos	80
Tabla 2.17 Factor De Servicio.	80
Tabla 2.18 Factor Ambiental.	80
Tabla 2.19 Factor De Choque	81
Tabla 2.20 Factor De Velocidad	81
Tabla 2.21 Distancia Entre Apoyo En Los Tambores	85
Tabla 2.22 Peso De Tambores Según Dodge.	88
Tabla 2.23 Características Del Material A Ser Transportado.	91
Tabla 2.24 Isometría Y Vista De Los Cangilones.	104
Tabla 2.25 Elevadores Centrífugos De Correa.	105
Tabla 4.1 Propiedades Del Cangilón.	119
Tabla 4.2 Propiedades De Los Materiales A Transportar.	127

Tabla 4.3 Peso Promedio De Camiones Recibidos En La Empresa.....	128
Tabla 4.4 Ventajas Y Desventajas De Los Diseños Planteados.....	134
Tabla 4.5 Ventajas Y Desventajas De Los Diseños Planteados.....	135
Tabla 4.6 Cumplimiento De Restricciones.....	136
Tabla 4.7 Posibles Soluciones Después De Restricciones.....	136
Tabla 4.8 Aplicación De Criterio Nro.1.....	137
Tabla 4.9 Aplicación De Criterio Nro.2.....	137
Tabla 4.10 Aplicación De Criterio Nro.3.....	137
Tabla 4.11 Aplicación De Criterio Nro.4.....	137
Tabla 4.12 Aplicación De Criterio Nro 5.....	137
Tabla 4.13 Criterio De Ponderación Para La Mejor Solución.....	138
Tabla 4.14 Valor Mínimo De Cubierta De Capa Según El Material.....	159
Tabla 4.15 Características Y Evaluación.....	159
Tabla 4.16 Valor Mínimo.....	160
Tabla 4.17 Parámetro Ctr.....	160
Tabla 4.18 Diámetro Mínimo Del Tambor.....	161
Tabla 4.19 Programación De Mantenimiento Para La Tolva De Recepción.....	200
Tabla 4.20 Programación De Mantenimiento Para El Elevador De Cangilones.....	201
Tabla 4.21 Programación De Mantenimiento Para La Banda Transportadora.....	202
Tabla 4.22 Capacidad Instalada Actualmente.....	208
Tabla 4.23 Capacidad Instalada Por Rubro.....	208
Tabla 4.24 Capacidad Instalada Según Proyecciones De Producción.....	210
Tabla 4.25 Estimación De Ingresos Brutos.....	211
Tabla 4.26 Costos De Producción Asociados A La Línea De Recepción Y Procesamiento De Materiales A Granel.....	212
Tabla 4.27 Estimación De Utilidad Neta.....	213
Tabla 4.28 Cálculo Del Valor Actual.....	213
Tabla 4.29 Cálculo Del Tiempo De Pago.....	214

CAPÍTULO I

El Problema

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La empresa C.R. INAGRO, S.A., ubicada en la carretera vía Flor Amarillo del Edo. Carabobo cuenta con unas instalaciones industriales dedicadas al procesamiento de semilla de distintos cereales. La empresa le consultó al personal encargado de la operación del proceso, respecto de las fallas o carencias que a juicio de ellos no le han permitido ser más eficientes y productivos en lo que están haciendo, al respecto hubo consenso en que uno de sus principales problemas tiene que ver con la forma en la que actualmente se le está dando entrada a la planta a los materiales a granel (sorgo, arroz, caraota, frijol, girasol y soya) y es que a diferencia de la línea de recepción de maíz en mazorca (que así debe ser recibido cuando será destinado al uso como semilla), la cual funciona a la perfección, la línea de recepción a granel deja mucho que desear.

Actualmente, en la empresa, están utilizando para tal fin un equipo portátil denominado “Bazuca” (véase Figura 1.1) que consiste en un largo tubo de metal de 0,254 m (10 pulg) de diámetro con una cinta transportadora en su interior accionada por un motor eléctrico y equipada con un bastidor con ruedas para poderla movilizar,

una pequeña tolva de recepción y un cono de descarga que permite elevar los materiales a granel desde los camiones hasta la parte superior de los cuartos de secado (hay que recordar que estos cereales son cosechados con una humedad relativa de entre 25 y 30% y para poderlos almacenar sin correr el riesgo de que se dañen por el ataque de hongos y bacterias hay que secarlos hasta que alcancen el 15% de humedad relativa). Ahora bien, por lo que se pudo observar, la operación del equipo mencionado es engorrosa, complicada y requiere de numeroso personal para posicionarlo debajo del camión y muchas veces inclusive de un herrero que debe colocar canaletas de metal para adaptarlo a las distintas alturas y posición de las descargas de los distintos vehículos que llegan a la empresa, lo cual genera pérdidas económicas por el desperdicio de tiempo y horas hombre de trabajo del personal de la empresa. Adicionalmente, se pudo constatar que este procedimiento de recepción le resta a la planta capacidad de procesamiento de maíz en mazorca en virtud de que se están utilizando los cuartos de secado y la línea de procesamiento destinados a estos materiales para secar y procesar los cereales a granel. Es de hacer notar que, el grueso de los materiales que se reciben en la planta (maíz y arroz), coinciden con el fin de la temporada lluviosa (octubre a diciembre) y por ser simultánea la llegada de estos materiales a la empresa la operación se complica al tener que descontaminar las diferentes líneas de proceso para cambiar de mazorca a granel y viceversa (por tratarse de semillas no puede haber ningún tipo de mezclas).



Figura 1.1. Transportador de banda tipo bazuca (Investigador).

En las visitas que se realizaron a la empresa C.R. Inagro, S.A. se pudo constatar que la misma cuenta con una línea completa de proceso de materiales a granel equipada con un sistema de secado del tipo secador de porción, pre-limpiadora, limpiadora, mesa gravimétrica, equipo de embolsado, etc., que no está siendo utilizada actualmente y que según palabras de los propietarios de la empresa pudiera ser reactivada partiendo del punto de inicio del diseño y construcción de la mencionada línea de recepción de materiales a granel.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Diseñar una línea de recepción para material a granel en una planta procesadora de semillas.

1.2.2 Específicos

- Estudiar la línea de recepción utilizada actualmente.
- Analizar los parámetros de operación de la línea existente.
- Realizar el diseño mecánico en detalle de la futura línea de recepción a granel.
- Diseñar sistema de supervisión y automatización de la operación de la nueva línea de recepción a granel.
- Elaborar plan de mantenimiento y operación para la línea de recepción.
- Evaluar rentabilidad económica del proyecto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente se está presentando una crisis a nivel mundial en la producción de alimentos en la que influyen una serie de factores tales como el desarreglo del clima, escases de insumos, desestimulo al trabajo del campo, etc. Es por ello que para el país resulta imperativo garantizar la soberanía alimentaria de nuestro pueblo que nos permita librarnos de la dependencia de las importaciones. En esa línea de pensamiento y dado que el gobierno nacional ha desarrollado una serie de políticas destinadas a incrementar la producción de alimentos en Venezuela se espera un incremento en la demanda de semillas de producción nacional en los años por venir por lo que la empresa C.R. Inagro, S.A. se ha propuesto incrementar su capacidad de producción de semillas en el mediano plazo para lo cual debe mejorar la eficiencia de su operación, con el fin de bajar los costos operativos e incrementar la capacidad de recibir simultáneamente maíz en mazorca y cereales a granel.

1.4 LIMITACIONES

- En caso de no existir disponibilidad de equipos y materiales en el mercado nacional para su selección, serán seleccionados en el mercado internacional.

1.5 ALCANCE

- Sólo se contempla el diseño de la fosa de recepción, la selección y dimensionamiento de los equipos de transporte de material, diseño de estructuras de soporte para estos equipos, diseño del acoplamiento de la línea

de recepción con la línea de procesamiento y el diseño del sistema de automatización.

- La construcción del diseño será decisión final de la empresa.

1.6 ANTECEDENTES

Holbrow y otros, (2002) realizaron un reporte de un programa experimental en la protección de explosiones de elevadores de cangilón por ventilación. El proyecto fue un esfuerzo con colaboración de la fundación Health and Safety Executive and manufacturers and users of bucketelevators a través de la British Materials Handling Board. Dos elevadores de cangilón fueron utilizados en el proyecto, un elevador de pierna simple y uno de pierna gemela. Para el polvo fueron utilizados índices de deflagración de polvos (KST) de hasta 211 bar m/s y las nubes de polvo fueron producidas mediante inyección de polvo bajo normal operación. Las reducciones de presión de las explosiones fueron medidas como derivación de los resultados. La orientación de los estudios se realizó bajo los términos de ventilación y espacio de acuerdo al valor KST del polvo.

Se determinó que el elevador de “Olds” provee una velocidad linear como función de la velocidad de rotación en los materiales granulados probados. Esto hace que el dispositivo sea útil como alimentador vertical. Sin una influencia significativa de la velocidad sobre el flujo másico, debería ser factible para la entrega repetida y controlada de material monitoreando el número de revoluciones. También se determinó que existe un impacto en el espacio radial del tornillo en el rendimiento, con un espacio ocupado del 5% se obtiene un rendimiento de 90% del flujo en un tornillo cerrado y con un 10% de espacio radial aún se obtiene un 85% de rendimiento. (McBride y Cleary, 2009).

Se ha determinado que los transportadores de tornillo (barreno) son ampliamente utilizados para el transporte y elevación de partículas a velocidades constantes y

controladas. Son usados en muchas aplicaciones en materiales a granel en industrias como mineral, agricultura, química, pintura, plásticos, cemento, arena, sal y procesamiento de alimentos, éstos se utilizan usualmente para el manejo desde contenedores de almacenaje para adicionar cantidades controladas de materiales como pigmentos, granulados o polvos. Muchos estudios de transportadores de tornillo son conducidos a examinar el rendimiento y el desarrollo de nuevos tipos. La mayoría de estos estudios son naturalmente experimentales. (Patel, 2012).

Rademacher, (1979) determinó que una de las desventajas de un elevador de cangilón simple es el reflujó o derrame. La baja capacidad y el alto consumo de potencia no siempre son las peores consecuencias, asumiendo que el cangilón no se llene por completo. La descarga de los cangilones es reconocida como un fenómeno extremadamente complicado que no puede ser analizado teóricamente, más aún cuando se refiere a materiales de flujo libre. Sin embargo, una aproximación analítica ha funcionado para el simple caso de cangilones cilíndricos llenos con material a granel cohesivo. Con el desarrollo aproximado a la teoría de derrame libre se han conseguido parámetros relevantes.

Shreekant y otros, (2002) estudiaron los efectos de limpieza de la semilla y manipulación, sobre la germinación de semillas de soja, y la integridad física fueron determinados con el cambio de contenido de humedad de la semilla. Además, el comportamiento y la pérdida de capacidad de almacenamiento de las semillas fueron determinadas por el daño resultante de la caída libre desde diferentes alturas, obteniendo que una caída libre de las semillas de soja de diferentes alturas sobre el suelo de cemento dio como resultado una mayor pérdida en la calidad que cuando se deja caer sobre el suelo de hierro galvanizado.

Zereiforoush y otros, (2010) explican que existe un nuevo tipo de elevador llamado elevador de Olds, que evita mucho de los problemas experimentados en los elevadores de cangilón tradicionales, transportadores de tornillo y transportadores neumáticos. Debido a su calmado modo de flujo, la eficiencia del transporte aumenta considerablemente y los peligros de explosión son inherentemente evitados. Los

rodamientos externos minimizan los costos de mantenimiento y permiten el manejo de materiales difíciles, calientes, abrasivos y/o corrosivos. La distancia entre la hélice y la carcasa y las bajas velocidades de deslizamiento entre la hélice y las partículas ayudan a minimizar el daño del material.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Reseña histórica de la empresa C.R. INAGRO S.A.

Esta empresa fue fundada en el año 1960 denominándose para aquel entonces, Procesadora de Semillas, C.A. (PROSECA), su fundador fue el grupo PROTINAL que para aquella época era líder en la producción de cereales en Venezuela, esta acotación se hace para exponer que fue construida con una visión muy futurista, tanto que ya en nuestras manos esta planta hasta el año 1999 y durante cuatro años, fue escogida para hacer el acondicionamiento del 100 % de la Semilla que producía la empresa transnacional SEMILLAS PIONEER DE VENEZUELA, cumpliendo siempre con todas las exigencias de la misma.

EQUIPOS:

Área del Terreno: 20.000 m².

Área de Construcción: Aprox. 8.000 m².

Las áreas de construcción están compuestas por: 2 áreas independientes de Oficinas de aprox. 300 m² c/u, Galpones con paredes de bloque y techo de asbesto, 9

cuartos fríos con capacidad de almacenamiento de aprox. 3.000.000 kg. de semilla, Torre de aprox. 7,5 m de altura donde se encuentran la mayor parte de la maquinaria para el procesamiento de la semilla, 10 cuartos para el secado estacionario de la semilla con capacidad de 25.000 kg.(maíz en mazorca) cada uno, 2 áreas de Laboratorio para los controles de germinación, fitosanitarios, calidad y desarrollo de investigación.

En cuanto a equipos y maquinarias se refiere la Planta cuenta con:

- Montacargas.
- Volteo para la tusa.
- Tractor para acarreo.
- Transportadores y elevadores para los diferentes procesos.
- Equipo para el secado de la semilla que utiliza como combustible gas natural.
- Desgranadora.
- Limpiadora-preclasificadora.
- Tren de clasificadora-seleccionadora.
- Mesa de gravedad.
- Tratadora.
- Balanza-Ensacadora.
- Empaquetadora de Paletas.
- Línea independiente para el proceso de Parentales: secadora, limpiadora-preclasificadora, tratadora, ensacadora, entre otros.
- Secadores de porción.
- Cinco (5) equipos de 12 Ton. c/u instalados en los cuartos fríos.
- Un (1) equipo de 10 Ton.
- Un (1) equipo de 40 Ton.
- Balanza de recepción con capacidad para 30 Ton.

2.1.2 Almacenamiento refrigerado.

La planta posee cinco cavas con capacidad para aprox. 250.000 kg. c/u., una cava con capacidad para 700.000 kg. y tres cavas con capacidad para 400.000 kg, C/u., lo que significa una capacidad total de almacenamiento de aproximadamente 3.150.000 kg de semilla, las cuales serán mantenidas durante el tiempo necesario a una temperatura de 10°C (50°F) y una humedad relativa de 50% aproximadamente.

2.2 Historia de las Bandas Transportadoras.

Castro y otros (2011) expone que las primeras bandas 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 instalaciones se realizaban sobre terreno relativamente plano, así como en cortas distancias.

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

Sanz (2011), expresa que durante los años 20, la compañía minera de Henry Clay Frick demostró que los transportadores de cinta podían trabajar sin ningún problema en largas distancias. Estas instalaciones se realizaron bajo tierra, desde una mina de carbón 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.

Durante la Segunda Guerra Mundial, los componentes naturales de los transportadores se volvieron muy escasos, permitiendo que la industria de polímeros se dedicara a crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales. Desde entonces se han desarrollado muchos materiales para aplicaciones muy concretas dentro de la industria, como las bandas con aditivos antimicrobianos para la industria de la alimentación o las bandas con características resistentes para altas temperaturas.

Con el paso del tiempo las bandas transportadoras fueron evolucionando su construcción, diseño y funcionamiento apegándose a las necesidades y características de los procesos de producción.

2.3 Bandas Transportadoras.

Las bandas transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua para conducirlo a otro punto.

Por otra parte, las bandas transportadoras son elementos de una gran sencillez de funcionamiento, que una vez instalada en condiciones suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continua.

Las bandas transportadoras se emplean cuando los materiales deben ser desplazados en cantidades relativamente grandes entre posiciones específicas de una ruta fija. La mayoría de estos sistemas son impulsados mecánicamente; algunos emplean la gravedad para trasladar la carga entre puntos de diferente altura.

2.4 Empleo de bandas transportadoras.

Sanz (2011), el empleo de las Bandas Transportadoras es muy diverso entre las cuales se pueden destacar los siguientes:

- Las industrias extractivas (Minas subterráneas y a cielo abierto, canteras).
- Las Industrias siderúrgicas (Parques de carbón y minerales).
- Instalaciones portuarias de almacenamiento, carga y descarga de barcos, aviones, vehículos terrestres.
- Centrales Térmicas (Parques de almacenamiento y transporte a quemadores de carbón, así como la evacuación de las cenizas producidas).
- Industrias agrícolas (Transporte de cereales, cosechas).
- Industria Automotriz.
- Industria Químico - Farmacéutica.
- Industria Alimenticia.

2.5 Ventajas de las bandas transportadoras.

Sanz (2011), las ventajas básicas de las bandas transportadoras sobre otros medios de transporte son numerosas. A continuación, se destacarán las más importantes y que han hecho de las bandas transportadoras el primer método para el manejo de materiales a granel:

- Alta capacidad de transporte.
- Fácil adaptación al perfil de terreno.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Mínima degradación del material siendo transportado.

- Consideraciones ambientales.
- Mínimo personal de trabajo por metros de manda.
- Peso liviano de la estructura de soporte del transportador.
- Posibilidad de múltiples puntos de carga y descarga.
- Movilidad y extensibilidad.
- Bajo requerimiento de potencia.
- Versatilidad en las fuentes de poder.
- Control.
- Detención temprana de fallas.
- Seguridad,
- Sencilla protección a la intemperie.

2.6 Descripción y clasificación.

La banda transportadora, en principio es sencilla, constando básicamente de los siguientes elementos (figura 2.1):

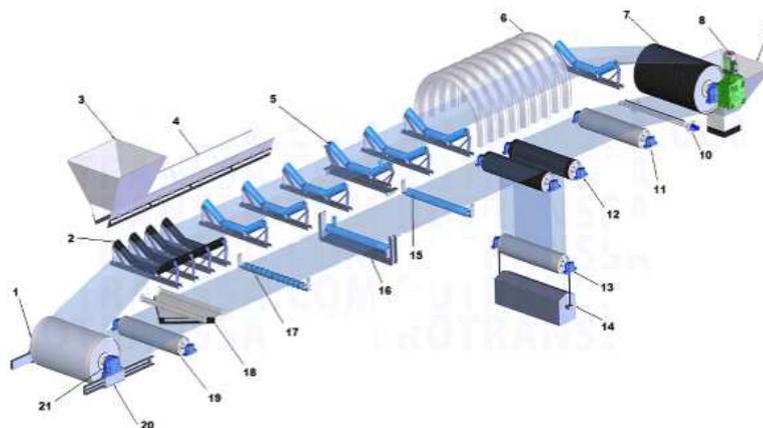
2.6.1 Cabezal motriz.

Hinojosa (2002) lo define como el encargado de imprimir la fuerza a la banda para transportar el material y consta de tambor motriz, tambor adicional, eje del tambor, chumacera, motor, sistema de transmisión de potencia que por lo general comprende un reductor de velocidad y sistema catalina – cadena o polea – banda. En muchos casos en el cabezal motriz se ubica un sistema de limpieza de la banda por medio de un rascador pendular u otro dispositivo similar.

2.6.2 Cabezal de retorno.

Gómez (2008), define que la estación de reenvío consta del tambor de cola, tambor adicional, eje del tambor, chumacera, unidad limpiadora con rascador pendular o fijo, y si la longitud de la banda no supera los 50 metros, se pueden usar tensores de usillos para el templado de la banda en el cabezal de retorno, aunque tienen el inconveniente de no poder controlar el grado de tensado de la banda.

Para longitudes mayores se emplea el tensado por gravedad mediante el uso de una estación tensora de contrapeso. Como se observa en la (figura 2.1) elementos (12, 13,14).



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Tambor de reenvío. | 12. Tambor de desvío. |
| 2. Estación de impacto. | 13. Tambor de contrapeso. |
| 3. Tolva de descarga. | 14. Contra peso. |
| 4. Guía de descarga. | 15. Estación de retorno con rodillo recto. |
| 5. Rodillos superiores. | 16. Estación autocentrante de retorno. |
| 6. Capotaje. | 17. Estación de retorno con rodillo limpiador. |
| 7. Tambor motriz. | 18. Rascador en V. |
| 8. Motor reductor. | 19. Sistema de tensión. |
| 9. Tolva de recogida de material. | 20. Soporte. |
| 10. Rascador de cabeza. | 21. Chumacera. |

Figura 2.1 Elementos básicos de una banda transportadora. (Sanz, 2011)

2.6.3 Rodillos superiores.

Hinojosa (2002), expone que son los encargados de formar la cama del recorrido del material sobre la banda. Dada la gran importancia que tienen los rodillos en una cinta, han sido objeto de normalización por parte de los fabricantes en lo que concierne a sus medidas exteriores, con el propósito de lograr una intercambiabilidad entre los rodillos correspondientes a un mismo ancho de banda, sin embargo esto no obliga a nada respecto a la disposición interna. Existe una gran variedad de disposiciones constructivas de los rodillos, así como sus características de resistencia, capacidad de carga estanqueidad, fricción, entre otros. Que pueden ser conocidas por medio de los catálogos de los fabricantes.

La separación entre rodillos de una banda transportadora, se establece en función de la anchura de esta y de la densidad del material transportado. Mientras que el diámetro del rodillo se elige según sea el ancho de la cinta, su velocidad de movimiento, tipo de carga y en particular de las dimensiones de los trozos.

2.6.4 Rodillos inferiores.

Son los encargados de transportar la cinta transportadora en su trayectoria de retorno sin material, al igual que los superiores los fabricantes proporcionan las características de dicho rodillos, así como su disposición interna y constructiva.

2.6.4 Cinta transportadora.

Fuenmayor (2014), es el elemento más importante de una banda, la cinta consiste en un tejido de alambre o textil (armadura o carcasa) que es la encargada de absorber las fuerzas de tracción generada. Para lograr la unión de muchas capas de tejido y para

la protección contra danos y humedad, los tejidos textiles, son vulcanizados con una capa de goma o plástico. Como 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 textil o alambre, los cálculos, 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, consecuencia de su adaptación 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.

2.6.5 Bastidores de soporte de rodillo.

Fuenmayor (2014), consta simplemente de un par de largueros longitudinales en los que se apoyan los soportes de los rodillos, apoyándose a su vez en el suelo mediante patas. Pueden fabricarse cercha para soporte de la banda en el caso del transporte del material en altura. Existen distintos tipos de cercha que se pueden emplear o el ingeniero puede diseñar su propia cercha de acuerdo a las circunstancias del proyecto.

2.6.6 Zona de transferencia de material.

Hinojosa (2002), expone que el material es vertido sobre la cinta y éste causa un impacto en ella, este impacto es perjudicial por lo tanto debe aminorarse, para ello debe procurarse que la altura de la caída sea mínima; cuando el material a transportar es una mezcla de granos finos y gruesos, a veces, se diseña la tolva de caída de tal forma, que los finos formen un lecho sobre la banda, que amortigüen el impacto de los trozos gruesos. Los rodillos en la zona de carga son del tipo de impacto y situados más próximos unos de otros. Para evitar el desbordamiento lateral del material, éste es

encausado a una cierta longitud mediante una chapa lateral, con placa de goma, llamada guía de carga (ver figura 2.1 elemento 4).

2.6.7 Clasificación de las bandas transportadoras.

Hinojosa (2002), dadas las condiciones muy diversas a las que pueden adaptarse, existen muchos tipos de bandas, pudiendo hacerse una clasificación de la siguiente manera.

Por su trazado.

- Horizontales.
- Inclınadas (ascendente o descendente).
- De trazado mixto (horizontales e inclinado, con zonas de transición).

Por su sistema de tensado.

- De tensor de husillo (para longitudes de hasta 50-75 metros).
- De tensor de carro.
- De tensor de contrapeso (ambas para longitudes mayores de 50-75 metros).

Por el tipo de rodillo.

- Planas.
- En binas.
- En terna.

2.6.8 En el ramal superior de la banda.

Con otros perfiles.

- Planas.
- En V.

Por la función de los rodillos.

- Normales lisas.
- Engomadas contra impacto.
- Auto-alineadoras.
- De retorno lisas.
- De retorno con disco de goma.
- De retorno con auto-limpiadores.

Bandas especiales.

- Bandas desplazables sobre ruedas, con altura variable.
- Bandas desplazables sobre rieles con posibilidad de descarga en varios silos.
- Bandas reversibles.
- Bandas desplazables circularmente.
- Bandas de rodillos suspendido.

2.7 Aplicaciones.

Fuenmayor (2014), las aplicaciones de las bandas transportadoras son ampliamente diversas. Debido a sus características son igualmente útiles para manejar materiales a granel o en bultos y en general cualquier material que no se adhiera a la cinta. La cinta de construcción normal no resisten materiales que estén a más de 80° C, pero actualmente los fabricantes de cintas han desarrollado materiales sintéticos especiales que pueden trabajar altas temperaturas, resistentes al calor y a la flama. Los trasportadores de cinta permiten tanto pequeñas como grandes velocidades en marcha silenciosa. El corte transversal de la cinta absorbe grandes fuerzas de tracción y por eso permite en el transporte grandes capacidades.

Hinojosa (2002), define los siguientes parámetros considerados para el cálculo y diseño de la banda de la siguiente manera.

2.8 Parámetros de diseño.

A continuación se describen los parámetros técnicos que se requieren para efectuar los cálculos más importantes en el diseño de la banda transportadora. Estos parámetros deben tomarse en cuenta para la correcta selección de materiales y para el diseño de la banda transportadora.

2.8.1 Material a transportar.

El material que va a ser transportado es el parámetro más importante en el diseño y la selección de componentes para una banda transportadora, de hecho, es la razón de ser de la banda transportadora. Las características principales que se deben considerar para el cálculo y diseño son las siguientes:

2.8.2 Ángulo de reposo del material (α).

Es el ángulo que el material forma con respecto a la horizontal cuando este se deja caer libremente formando un pila en estado estático. En estado dinámico, se habla del ángulo de talud del material en movimiento el cual, para la mayoría de los materiales es de 10° a 15° más bajo que el ángulo de talud estático. Ver (figura 2.2)

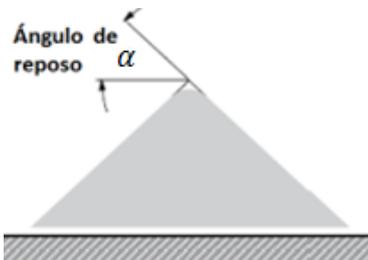


Figura 2.2 Ángulo de reposo del material (α) (Hinojosa, 2002)

2.8.1 Ángulo de sobrecarga (β).

Es el ángulo con respecto a la horizontal que forma la sección transversal del material sobre la banda transportadora, para la mayoría de los materiales es conveniente emplear como ángulo de sobrecarga 15° , para materiales muy finos o polvos se emplea 10° . La (figura 2.3 indica el ángulo de sobrecarga del material).

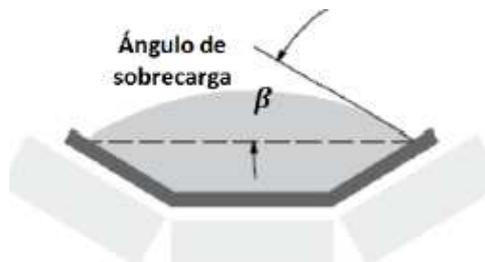


Figura 2.3 Ángulo de sobrecarga (β) (Hinojosa, 2002)

2.8.2 Ángulo máximo de inclinación (φ_{\max})

Es el ángulo bajo el cual el material puede ser transportado sobre la banda sin necesidad de bandas especiales como por ejemplo cintas con nervios para evitar el deslizamiento del material en la cinta. Este ángulo máximo está determinado por la fricción entre el material y la banda, a diferencia del ángulo de talud el cual depende de la fricción interna del material. El ángulo máximo de inclinación es menor que el ángulo de talud dinámico el cual es a veces difícil determinar con exactitud. Los nervios construidos en las bandas pueden ayudar a incrementar el ángulo de inclinación, en caso de que la fricción entre la banda y el material sea menor que la fricción interna dinámica del material, lo cual determina el máximo ángulo de inclinación.

2.8.3 Máximo tamaño de granos a transportar.

Es la dimensión del bloque más grande del material que se transporta obtenido por pruebas de granulometría efectuadas en el laboratorio. Este valor es importante en la selección del ancho apropiado de banda, del tipo de rodillos para la zona de impacto de carga, de la forma y dimensiones de la guía de carga; también es importante conocer el porcentaje relativo del volumen conformado por finos y gruesos.

2.8.4 Abrasividad del material.

Esta característica es muy importante en la selección de la cinta, en el espesor y el número de capas de la cubierta de la misma; los materiales pueden ser moderadamente abrasivos (carbón vegetal, granos, cal y virutas de madera), abrasivos (sal, bórax y cemento), muy abrasivo (bauxita mineral, fosfato en piedra, arena aguda, cobre mineral, piedra caliza, escoria, coque y dolomita) o extremadamente abrasivo (granito y minerales de cuarzo).

2.8.5 Temperatura del material transportado.

Determina el tipo y calidad de la cinta transportadora, así como también influye en la vida de los rodillos.

2.8.6 Corrosividad del material.

Determina también el tipo y calidad de la cubierta de la banda transportadora.

2.8.7 Capacidad requerida.

La capacidad deberá ser expresada en toneladas por hora (de 2.200lb. o 1.000kg.), es el valor máximo de capacidad requerida por el proceso (no el valor promedio). Esta

capacidad requerida se emplea en los cálculos de las tensiones en la banda y la potencia requerida para accionar la banda transportadora. La capacidad máxima calculada dependerá del ancho de la cinta que se seleccione, la velocidad de la banda, el ángulo de inclinación de los rodillos transportadores y la densidad del material que se transporta. Esta capacidad máxima calculada deberá ser mayor que la capacidad requerida para que la banda opere sin problemas.

2.8.8 Característica de flujo.

Es decir si el material es de flujo libre, moderado o flujo lento. (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Ángulos de sobrecarga, de reposo y fluidez del material.

Fuente: Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras Rulmeca (s/f), Pág. 19.

FLUIDEZ				
MUY ELEVADA	ELEVADA	MEDIA		BAJA
5°	10°	20°	25°	30°
				
ANGULO DE REPOSO				
0-19	20-29	30-34	35-39	40 Y MAS
CARACTERISTICA DEL MATERIAL				
Dimensión uniforme, partículas redondas, muy pequeñas, muy húmedas, o muy secas como arena silíceca seca, cemento y hormigón húmedo, entre otros.	Partículas redondas secas lisas, con peso medio como: semillas de cereales, trigo y judías.	Material irregular, granular en tamaño de peso medio, como por ejemplo: carbón de antracita, harina de semilla de algodón, arcilla entre otros.	Material típico común como por ejemplo: Carbón bituminoso, grava, la mayor parte de los minerales, entre otros.	Material irregular bituminoso, fibroso y que tiende a entrelazarse viruta de madera, bagazo exprimido, arena de fundición, entre otros.

2.8.9 Trayectoria de la banda transportadora.

Para el cálculo y diseño del transportador de banda es necesario definir la trayectoria de recorrido de la banda transportador desde el lugar de alimentación del material hasta el punto de descarga del mismo, el cual en la mayoría de los casos corresponde al cabezal motriz o de accionamiento. La trayectoria puede definirse de la siguiente manera.

2.8.10 Proyección horizontal de la longitud total de la banda L .

Es la distancia en metros medida a lo largo del transportador entre centros de las poleas terminales pero en su proyección horizontal se define como.

$$L = \Sigma L_H + \Sigma L_P \quad (2.1)$$

Donde:

L : Longitud de la banda transportadora.

L_H : Longitud de los tramos horizontales.

L_P : Longitud de los tramos inclinado.

Es decir, la sumatoria de todos los tramos horizontales más todos los tramos inclinados.

2.8.11 Longitud de los tramos horizontales.

Es la distancia en metros de todos los tramos horizontales que componen el perfil de la banda.

2.8.12 Proyección horizontal de los tramos inclinados.

Es la longitud de la proyección horizontal de todos los tramos inclinados que componen el perfil.

2.8.13 Altura (H).

Es la diferencia de altura, en metros, entre los puntos de carga del material sobre la banda y el de descarga, la cual es requerida para calcular la tensión necesaria para bajar o levantar dicha carga. Esta diferencia es aproximadamente la distancia vertical entre centros de poleas terminales, la cual se usa cuando se desconoce la elevación exacta entre los puntos de carga y descarga. Si el recorrido es descendente este valor tendrá signo negativo.

2.8.14 Longitud de los tramos inclinados (L_i).

Es la distancia en metros de todos los tramos inclinados de la banda medida a lo largo de la trayectoria de la cinta se calcula con la siguiente ecuación.

$$L_i = \sqrt{H^2 + L_p^2} \quad (2. 2)$$

2.8.15 Ángulo de inclinación de la banda (φ).

El mismo que está determinado por el tipo de material a transportar y por el ángulo máximo de inclinación del material sin que ocurra deslizamiento del mismo en la banda.

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{H}{L_p} \right) \quad (2. 3)$$

2.8.16 Longitud total de la trayectoria de la banda (L_T).

Es la longitud total de la banda transportadora desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga medida a lo largo de la trayectoria de la misma. Se puede calcular de la siguiente ecuación.

$$L_T = \Sigma L_H + \Sigma L_i \quad (2.4)$$

2.8.17 Ancho de la banda.

Conocido el tonelaje horario a transportar y las características del material, el primer paso a llevar a cabo es determinar el ancho de la banda. En la selección tiene una gran importancia el tamaño de los mayores trozos; un material de granulometría reducida requerirá una banda más estrecha que otro que esté constituida por trozos grandes. Como regla general, el ancho de la banda no debe ser menor de tres (3) veces la dimensión más grande del mayor trozo de material a transportar.

El ancho de banda requerido para un material con granulometría elevada es afectado de dos (2) maneras por el tamaño de grano. Primero, el área de la sección transversal de la carga es reducida debido a que la carga inicialmente debería mantener una considerable distancia desde el punto fijo de la cinta. Segundo, el chute y la guía de carga deben ser lo suficientemente anchos para permitir el paso de cualquier probable combinación de gruesos y finos, lo cual restringe a un mínimo el ancho de la banda, independiente de la capacidad requerida. Ocasionalmente sucede que el ancho de banda requerido para manejar el tamaño de roca es más grande que el requerido para la capacidad de transporte. Esta condición puede ser evitada únicamente por trituración o molienda de la roca grande antes de ser alimentados a la banda transportadora.

Por lo tanto, para decidir un valor a priori del ancho mínimo de banda se debe tomar en consideración el tipo de material y el tamaño de roca a transportar. La Tabla

2.2 indica los valores mínimos sugeridos de ancho de la cinta en función del tamaño de trozo máximo del material.

2.8.18 Velocidad de la banda transportadora.

La selección de la velocidad de la banda, la misma es función, por un lado, de las características físicas del material o limitaciones en la naturaleza del material transportado; estas limitaciones pueden ser la degradación de materiales friables, pérdidas de material muy liviano o pulverizado, impacto de los terrones en los rodillos de carga, entre otras; por ejemplo, un material friable no puede transportarse a gran velocidad, porque en las transferencias se disgregaría a consecuencia del impacto, disminuyendo su precio, como sucede con el carbón. Otros factores que influyen en la selección de la velocidad apropiada son: la capacidad requerida, la tensión resultante en la banda y la potencia requerida.

Hasta donde la capacidad lo requiera, es deseable seleccionar una velocidad de banda que resulte en una banda llena al máximo posible. Esto produce un mejor patrón de desgaste de la cubierta de la cinta. Sin embargo, es necesario a veces llegar a un compromiso a este respecto en favor de la tensión de la banda. Esto se logra incrementando la velocidad de la banda, lo cual reduce la sección transversal de la carga (manteniendo la alimentación constante) y en consecuencia se reduce la tensión, permitiendo una banda más liviana. El ahorro conseguido de esta manera en cuanto a un mejor acanalamiento y costo inicial a menudo es compensado por el desgaste de la cubierta producido por una banda que no está completamente cargada.

La velocidad tiene también un efecto sobre la potencia requerida, particularmente en bandas con poca o ninguna inclinación. Con un tonelaje horario constante, la potencia requerida disminuye a medida que la velocidad decrece. Esto se debe a que la potencia para operar la banda varía directamente con la velocidad, mientras que la potencia para mover la carga está fija. El grado en que la velocidad afecta la potencia requerida depende de la relación entre la carga útil y la carga total.

Mientras más grande sea el porcentaje de carga útil, menor será el efecto que tendrá la velocidad en la potencia requerida. En el caso de una banda horizontal con un peso de la carga sobre la banda igual al peso de todas las otras partes móviles, un 10% de cambio en la velocidad tendría un 5% de efecto en la potencia. En bandas inclinadas, el efecto sería menor. Tomando en consideración la densidad del material, el tamaño de la roca, altura de la caída y ancho de la banda, la Tabla 2.3 muestra los valores.

Tabla 2.2 ancho de bandas mínimos recomendados.

Fuente: *Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator Belt*, pág. 5-7

ANCHO DE BANDA		TAMANO MAXIMO DE ROCA			
		Tamaños uniformes		Mezclado con 90% finos	
mm	Pul	mm	pul	mm	pul
350	14	50	2	100	4
400	16	50	2	125	5
450	18	75	3	150	6
500	20	100	4	150	6
600	24	125	5	175	7
650	26	125	5	200	8
750	30	150	6	250	10
800	32	175	7	300	12
900	36	175	7	300	12
1000	40	200	8	350	14
1050	42	250	10	400	16
1200	48	275	11	400	16
1350	54	350	14	450	18
1400	56	400	16	500	20
1500	60	400	16	500	20
1600	64	450	18	650	26
1650	66	450	18	650	26
1800	72	550	22	700	28
1950	78	600	24	700	30
2000	80	600	24	750	30
2200	88	600	24	750	30

Tabla 2.3 Velocidad de banda máxima recomendada (m/s).

Fuente: *Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator Belt*, pág. 5-8.

ANCHO DE BANDA		Material		
mm	pulgadas	Ligeros (<0,8 ton/m ³) grano fino	mediano(0,8-1.6) abrasivo	Pesado(>1.6ton/m ³) muy abrasivo
350	14	2	1,5	1,5
400	16	2,5	1,6	1,25
450	18	2,5	2	1,6
500	20	3,15	2	1,6
600	24	3,15	2,5	1,8
650	26	3,15	2,5	1,8
750	30	3,5	2,5	1,8
800	32	3,55	2,5	1,8
900	36	4	3,15	2,24
1000	40	4	3,15	2,24
1050	42	4	3,15	2,24
1200	48	4	3,15	2,24
1350	54	4	3,15	2,24
1400	56	4	3,15	2,24
1500	60	4	3,15	2,24
1600	64	4	3,15	2,5
1650	66	4	3,55	2,5
1800	72	4	3,55	2,5
1950	78	4,5	3,55	2,5
2000	80	4,5	3,55	2,5
2200	88	4,5	3,55	2,5

2.8.19 Capacidad máxima de transporte.

La capacidad volumétrica de una banda transportadora está determinada por el área de la sección transversal de la carga, que puede ser colocada encima de la cinta sin ocasionar derrame del material excesivo en los puntos de carga o subsecuentemente debido a pequeñas ondulaciones de la banda en su paso sobre los rodillos. Esta área de la sección transversal es afectada por la granulometría del material, su contenido de humedad, la forma de las partículas, todo lo cual influye en la pendiente a la cual el material reposa sobre la banda, o sea el ángulo de sobrecarga.

Debido a que resulta usualmente impráctico evaluar cada uno de estos factores específicamente para predecir sus efectos sobre el área de la sección transversal de la

carga, las ecuaciones que se detallan a continuación son lo suficientemente conservadoras para aceptar cualquier combinación de las condiciones arriba mencionadas.

En el cálculo de la capacidad real de la banda deben manejarse los siguientes aspectos a utilizar.

El área de la sección transversal de la carga sobre la banda viene determinada por las siguientes ecuaciones, de acuerdo a la forma de los rodillos portantes:

Rodillos en terna.

Basados en la figura 2.4 se tiene para cada variable las siguientes ecuaciones:

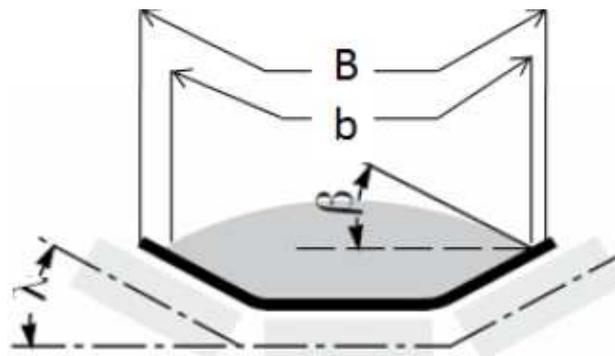


Figura 2.4 Rodillos en terna. (Fuenmayor, 2014).

Base de la sección transversal.

$$b = (0,09 * B) - 0,05 \quad (2.5)$$

Área de la sección transversal con rodillos en terna.

$$A = \frac{1}{4} * b^2 [\tan \beta + 0,75 \tan \lambda] \quad (2.6)$$

Rodillos en bina.

De la figura 2.5 se tiene que:

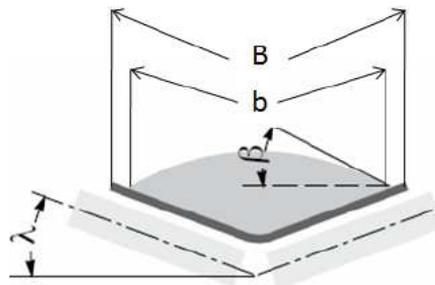


Figura 2.5 Rodillos en bina. (Fuenmayor, 2014).

Base de la sección transversal.

$$b = (0,09 * B) - 0,05 \quad (2.7)$$

Área de la sección transversal con rodillos en bina.

$$A = \frac{1}{4} * b^2 [\tan \beta + 0,88 \tan \lambda] \quad (2.8)$$

Rodillos planos.

De la figura 2.6 se tiene que:

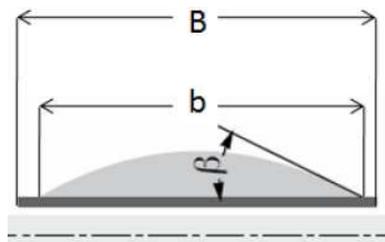


Figura 2.6 Rodillo plano. (Fuenmayor, 2014).

Base de la sección transversal.

$$b = (0,09 * B) - 0,05 \quad (2.9)$$

Área de la sección transversal con rodillos planos.

$$A = \frac{1}{4} * b^2 [\tan \beta] \quad (2.10)$$

2.8.20 Capacidad volumétrica de la banda transportadora

Conocida el área de la sección transversal del material y la velocidad de transporte, la capacidad volumétrica puede ser calculada mediante la siguiente ecuación.

$$Q_v = 3600 s * A_t * V_{lineal} \quad (2.11)$$

Donde:

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

A_t : Area transversal del material (m^2)

V_{lineal} : Velocidad lineal de la banda (m/s)

Si la banda es inclinada ya sea ascendente o descendente, el área efectiva de la sección transversal se reduce de acuerdo a un factor que está en función del ángulo de pendiente de la banda, este factor por inclinación de banda k puede ser calculado de la siguiente manera o seleccionándolo de la tabla 2.4:

$$k = 1 - 1,64 \left[\frac{\varphi * \pi}{180} \right]^2 \quad (2.12)$$

Donde:

k : Factor por inclinación de banda.

φ : Ángulo de inclinación de la banda ($^{\circ}$)

Por lo tanto la capacidad volumétrica efectiva para banda con inclinación ascendente o descendente viene dada por la siguiente ecuación.

$$Q_v = 3600 * A_c * V_{Lmzal} * k \quad (2.13)$$

La capacidad volumétrica de la banda expresada en se obtiene la capacidad volumétrica por el peso específico del material transportado.

$$Q_t = \frac{\rho * Q_v}{1000} \quad (2.14)$$

Donde:

Q_t : Capacidad de la banda en (Ton/h).

ρ : Densidad del material. (kg/m^3)

La tabla 2.4 indica el factor de corrección de la carga según su ángulo.

Tabla 2.4 Factor de corrección de la carga según su ángulo de inclinación

Fuente: Antonio Miravete (1998). pág 132.

Tipo de banda	ángulo de inclinación del transportador respecto a la horizontal (grados)	Valores del coeficiente k
Lisa	10-15	0,95
	16-20	0.90
	20-21	0.85
Con rugosidades en la superficie de trabajo	20-25	0.85
	26-30	0.80
	31-35	0.75

2.8.21 Fuerzas en las bandas.

Hinojosa (2002), una banda transportadora es simplemente un medio para trasladar el material desde un punto inicial A hasta un punto B. Figura 2.7

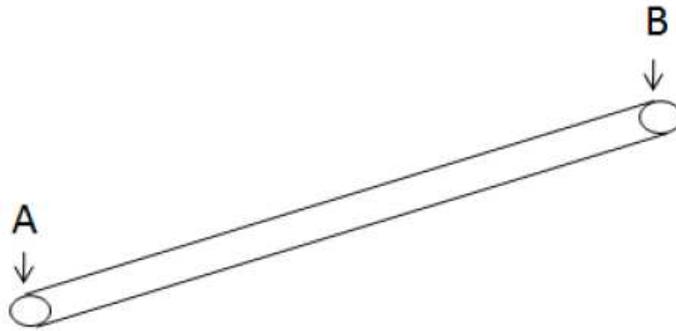


Figura 2.7 Puntos de transporte.

Para ejecutar este trabajo la banda requiere una potencia que es suministrada por un motor que acciona a un tambor conductor o motriz. El torque del motor se transmite en la forma de una fuerza tangencial en la superficie del tambor motriz. Este es el empuje o fuerza requerida por la banda para mover el material desde el punto A al punto B y está compuesta de la suma de las siguientes fuerzas componentes:

- a) Fuerza necesaria para mover la banda vacía y los componentes que giran por ella.
- b) Fuerza necesaria para desplazar la carga horizontalmente.
- c) Fuerza necesaria para elevar o bajar la carga.

La contribución relativa de cada uno de estos componentes en la fuerza total varía ampliamente dependiendo de la inclinación del transportador y de la carga sobre la banda de la siguiente manera:

1. En una banda vacía (horizontal o inclinada) se tiene una carga compuesta únicamente por la fuerza del ítem a.
2. En una banda cargada horizontal se tendrá una carga compuesta por las fuerzas de los ítem a y b.

3. En una banda cargada inclinada se tendrá una carga compuesta por las fuerzas de los ítem a, b y c. Esta última, la fuerza para elevar o bajar la carga, tendrá signo positivo cuando la carga este siendo elevada y tendrá signo negativo cuando la carga este descendiendo.

Estas son las fuerzas producidas únicamente para desplazar el material desde el punto de alimentación al de descarga; para calcular las tensiones en la banda y la potencia que se requerirá se deben considerar las perdidas mecánicas por fricción del sistema completo de accionamiento, las cuales involucran el arrastre debido a las guías de carga, rascadores y cualquier tipo de desalineamiento de los tambores o rodillos, estas pérdidas se detallarán más adelante.

Factores por fricción y por longitud en el cálculo de las fuerza de la banda.

Estas fuerzas componentes mencionadas anteriormente se deben básicamente a la fricción generada por el peso de la banda, peso de las partes móviles de los rodillos y tambores, arrastre debido a las guías de carga, rascadores fijos, rascadores pendulares y por desalineamiento.

Adicionalmente, el peso del material sobre la banda y la fricción interna que el material genera a medida que pasa una y otra vez sobre los rodillos incrementan la fricción en el sistema. El cálculo de estas fuerzas de fricción depende de la asunción de un factor llamado coeficiente de fricción de las partes móviles (f), el cual varía en función del tipo de rodillo empleado, la estructura del transportador y el mantenimiento del sistema. El valor estándar de este coeficiente es de 0,020 pero puede incrementarse según las siguientes condiciones:

- Debido a una alta fricción interna del material.
- Por el uso de rodillo portantes menores a 108 mm.
- Cuando la velocidad de la banda es mayor a 5 m/s.
- Cuando la temperatura de operación es menor a 20°C.
- A bajas tensiones de banda.

- En bandas flexibles y con grandes espesores de cubierta.

La Tabla 2.5 representa los valores recomendados de coeficiente de fricción de las partes móviles en función del tipo de transportador, condiciones de operación, mantenimiento y estanqueidad.

Tabla 2.5 Coeficientes de fricción.

Fuente: *Roulunds*(s/f) Catálogo de banda transportadora, pág. 13.

CONDICION	Coeficiente (f)
Buenos transportadores con rodillos de marcha suave y pequeña fricción interna en el material.	0,017
Valores estándar para bandas transportadoras con ambiente normal de trabajo.	0,02
Para condiciones de marcha desfavorable operación polvosa, sobrecargas periódicas.	0,023-0,030
Transportadores descendentes que requieren frenado por medio del motor.	0,012

Por otro lado, muchos de los componentes de las fuerzas de fricción en las bandas como la fricción en los cojinetes de los tambores, fricción de los rascadores, inercia de los tambores, entre otros, se agrupan en lo que se denominan resistencias secundarias; es por esto que, según la norma DIN 22.101, se debe emplear un coeficiente (C) variable con la longitud de la cinta (proyección horizontal si la banda es inclinada); para cintas de poca longitud dicho coeficiente es grande, porque la proporción de las resistencias secundarias en el total es grande, y por el contrario, tiende a la unidad para cintas largas (arriba de los 2.000 m). La ecuación 2.15 relaciona el coeficiente (C) con la longitud de la cinta:

$$C = 15,9 * L^{-0,61} + 0,77 \quad (2.15)$$

Donde:

C : Factor de fricción por longitud de banda.

L : Proyección horizontal de la longitud de la banda (m).

2.8.22 Calculo del peso de las partes móviles de la banda.

Hinojosa (2002), se llama G al peso de las partes móviles del sistema completo de transportador de banda (ecuación 2.16) el cual comprende el peso de la cinta y el peso de los rodillos transportadores y de retorno. Se expresa en kilogramos por metros de longitud entre centros de tambores de la banda.

$$G = 2G_b + \frac{G_{ro}}{s_1} + \frac{G_{ru}}{s_2} \quad (2.16)$$

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)

Existen tablas proporcionadas por los fabricantes que muestran los valores promedio de G en función del ancho de la banda y del peso específico del material a ser transportado. Para un diseño preliminar se pueden usar estos valores para el cálculo posterior de las tensiones en la banda, sin embargo, se recomienda calcular exactamente este valor en función de la banda y del tipo de rodillos superiores y de retorno una vez seleccionados y recalculando las fuerzas en la banda.

La Tabla 2.6 muestra los valores recomendados de espaciamientos entre rodillos superiores e inferiores en función del ancho de banda y la capacidad transportada, mientras que la figura 2.8 da un ejemplo de los espaciamientos.

Espaciamiento en los rodillos superiores e inferiores.

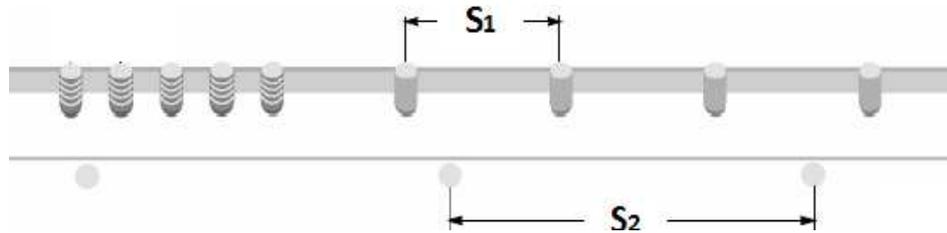


Figura 2.8 Espaciamiento entre rodillos superiores (S_1) e inferiores (S_2). (Fuenmayor, 2014).

Tabla 2.6 Espaciamiento de rodillos superiores e inferiores

Fuente: Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 50

ANCHO DE BANDA(mm)	ESPACIAMIENTO RODILLOS SUPERIORES S_1 (m)						ESPACIAMIENTO RODILLOS INFERIORES S_2 (m)
	peso específico del material (kg/m ³)						
	500	800	1200	1600	2400	3200	
450	1,7	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	3
600	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	3
750	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	3
900	1,5	1,4	1,2	1,2	1	1	3
1050	1,4	1,4	1,2	1	0,9	0,9	3
1200	1,4	1,4	1,2	1	0,9	0,9	3
1350	1,4	1,2	1	1	0,9	0,9	3
1500	1,2	1,2	1	1	0,9	0,9	3
1650	1,2	1	1	0,9	0,75	0,75	2,4
1800	1,2	1	1	0,9	0,75	0,75	2,4
2100	1	1	0,9	0,75	0,75	0,6	2,4
2400	1	1	0,9	0,75	0,6	0,6	2,4

La Tabla 2.7 muestra los valores promedios de los pesos de los rodillos superiores y de retorno en función del ancho de la banda y del peso específico del material.

Tabla 2.7 Peso de los rodillos

Fuente: Rulmecca (s/f), Catálogo de banda transportadora, pág. 12.

Ancho de Banda (mm)	Servicio liviano peso específico (<1,5 ton/m ³).		Servicio pesado peso específico (>1,5 ton/m ³).	
	Gro Kg	Gru Kg	Gro Kg	Gru Kg
300	2,5	2,5	3,5	3,5
400	3	3	4	4
500	3,5	3,5	5,5	5,5
650	5,5	5,5	10	10
800	11	11	14	14
1000	13	13	18	18
1200	15	15	20	20
1400	55	55	31	31
1600	25	25	35	35
1800	39	39	47	47
2000	43	43	52	52
2200	47	47	56	56

Tabla 2.8 muestra los valores promedio del peso de la cinta en función del ancho de la banda y de la capacidad de transporte.

Tabla 2.8 Peso de la cinta en función del ancho de banda.

Fuente: Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator Belt pág. 6.2.

Ancho de Banda (mm)	Servicio liviano peso específico (<0,8 ton/m ³).	Servicio mediano peso específico (0,8 a 1,16 ton/m ³).	Servicio pesado peso específico (>1,16 ton/m ³).
	Peso de la cinta transportadora Gb (Kg/m)		
350	1,5	3	4,5
400	3	4,5	6
450	4,5	6	7,5
500	6	7,5	9
600	7,5	9	10,5
750	9	10,5	12
900	10,5	13,5	16,5
1050	13,5	16,5	21
1200	18	22,5	27
1350	21	27	33
1500	25	31,5	40,5
1650	30	36	48
1800	33	42	54

2.8.23 Fuerza para mover la banda en vacío y sus componentes.

La fuerza necesaria para mover la cinta y los componentes móviles que giran por ella, sin material o carga, puede ser calculada mediante la ecuación siguiente.

$$F_1 = (C * f * L * G) * g \quad (2.17)$$

Donde:

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

C : Factor de fricción por longitud de banda

f : Factor de fricción de las partes móviles

L : Longitud de la proyección horizontal de la banda (m)

G : Peso de las partes móviles (kg/m)

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

2.8.24 Fuerza para desplazar el material horizontalmente.

Hinojosa (2002), esta es la fuerza necesaria para vencer la inercia del material y desplazarlo en dirección horizontal desde el punto de alimentación hasta el de descarga, se puede calcular con la ecuación siguiente.

$$F_2 = \left[\frac{C * f * L * Q_t}{3,6 * v} \right] * g \quad (2.18)$$

Donde:

F_2 : Fuerza para desplazar el material horizontalmente (N)

Q_t : Capacidad máxima de transporte (ton/h)

v : Velocidad de la banda (m/s)

2.8.25 Fuerza para desplazar el material horizontalmente.

Hinojosa (2002), es la fuerza correspondiente a la elevación o descenso de la carga, se determina mediante la ecuación siguiente.

$$F_3 = \left[\frac{H * Q_t}{3,6 * v} \right] * g \quad (2.19)$$

Donde:

F_3 : Fuerza para elevar o bajar el material (N).

H : Elevación neta de la carga (m).

Esta componente de la tensión en la banda puede tener signo negativo si la banda es descendente, o sea, cuando la banda transporta el material hacia abajo; si la banda es ascendente, la tensión tendrá signo positivo.

2.8.26 Potencias en las bandas.

Sanz (2011), la potencia requerida para accionar la banda transportadora está compuesta por la potencia necesaria para desplazar el material, más las potencias adicionales debido a la fricción de las guías de carga y por el uso de carro descargadores o trippers. Las ecuaciones que a continuación se describen, sirven para determinar el valor de estas potencias adicionales. Son ecuaciones empíricas que los fabricantes de bandas proporcionan en sus catálogos como un medio para estimar estas pérdidas mecánicas, se han obtenido en base a pruebas y ensayos experimentales producto de la larga experiencia en el campo industrial de la aplicación de las bandas transportadoras.

2.8.27 Potencia adicional por guía de carga.

Sanz (2011), en instalaciones grandes, la longitud de la guía de carga y la fricción entre el caucho y la banda, generan resistencias adicionales que deben ser consideradas y deben sumarse a la potencia nominal. Esta resistencia adicional puede determinarse por la ecuación siguiente.

$$P_f = 0,08 * v * l \quad (2.20)$$

Donde:

P_f : Potencia adicional por guías de carga (kW)

v : Velocidad de la banda (m/s)

l : Longitud total de guía de carga (m)

2.8.28 Potencia adicional por carro descargadores o trippers.

Sanz (2011), las bandas transportadoras ordinarias usualmente descargan en el tambor de cabeza. Sin embargo, puede ser necesario descargar el material en algún punto antes que llegue al cabezal motriz, si este es el caso, es una práctica común emplear carros descargadores o trippers. (Figura 2.9)



Figura 2.9 Carros descargadores (Sanz, 2011)

La potencia adicional en la banda transportadora con trippers P_s se compone de la potencia para elevar la carga y de la fricción del carro en sí mismo. Dependiendo del ancho de la banda y la velocidad de transporte la potencia adicional puede ser calculada con las ecuaciones que se muestran en la siguiente tabla 2.9.

Tabla 2.9 Potencia adicional para banda con carro trippers

Fuente: Goodyear (1975) Handbook of Conveyor and Elevator Belt pág. 6.5.

Ancho de Banda (mm)	Potencia adicional requerida (KW)
≤ 500	0,8*velocidad de la banda (m/s)
500 a 1000	1,5*velocidad de la banda (m/s)
> 1000	2,2*velocidad de la banda (m/s)

2.8.29 Potencia teórica.

Sanz (2011), la potencia teórica es la suma de la potencia para desplazar el material, más las potencias adicionales debido a las guías de carga y a los carros transportadores, por lo tanto se obtiene la ecuación siguiente.

$$P = \frac{[F_1 + F_2 + F_3] * v}{1000} + P_s + P_a \quad (2. 21)$$

Donde:

P : Potencia teórica (kW)

P_s : Potencia adicional por guías de carga (kW)

P_a : Potencia adicional por trippers (kW)

Esta es la potencia que se debe aplicar al tambor motriz para que se genere una fuerza tangencial en el mismo, llamada tensión efectiva, la cual será capaz de mover la banda y desplazar el material desde el punto de alimentación al de descarga.

2.8.30 Potencia del motor.

Hinojosa (2002), el cálculo de las tensiones de la banda, solo 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 por longitud C.

Los métodos para conectar el motor con el tambor motriz son numerosos. La velocidad puede ser reducida a través del uso de bandas-poleas, cadenas-catalinas, engranajes, cajas reductoras, o alguna combinación de estas. Estas transmisiones generan pérdidas mecánicas que deben ser consideradas para determinar la potencia real del motor, que comprenden: pérdidas por el tipo de transmisión, eficiencia del motor y eficiencia del tipo de acople si lo hubiere.

La eficiencia del motor se puede estimar en un rango entre 85% y 95%. Las pérdidas mecánicas debido al tipo de transmisión se pueden determinar de la Tabla 2.10, eficiencias mecánicas de equipos reductores de velocidad.

Tabla 2.10 Eficiencia mecánicas de equipos reductores

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 70

Tipo de reducción	Eficiencia %
Polea y bandas en V	94
Catalina y cadena de rodillos	93
Catalina y cadena de rodillos, lubricado en aceite	95
Reductor de engranes helicoidales, una reducción	95
Reductor de engranes helicoidales, doble reducción	94
Reductor de engranes helicoidales, triple reducción	93
Reductor de tornillo sin fin (Ratio 20:1)	90
Reductor de tornillo sin fin (Ratio 20:1 a 60:1)	70
Reductor de tornillo sin fin (Ratio 60:1 a 100:1)	50
Reductor de engranes rectos (maquinados)	90
Reductor de engranes rectos (fundido)	85

Por lo tanto la potencia del motor se determina así.

$$P_m = \frac{P}{\varepsilon \cdot \eta} \quad (2.22)$$

Donde:

P_m : Potencia del motor (*kW*)

P : Potencia teórica (*kW*)

ε : Eficiencia del motor

η : Eficiencia de la transmisión

2.8.31 Tensiones en las bandas.

Hinojosa (2002), en cualquier accionamiento por bandas, sea este para transmisión de potencia, transporte o elevación, debe existir una diferencia de tensiones en la banda a ambos lados del tambor conductor para que se produzca el movimiento, la Figura 2.10 muestra las tensiones.

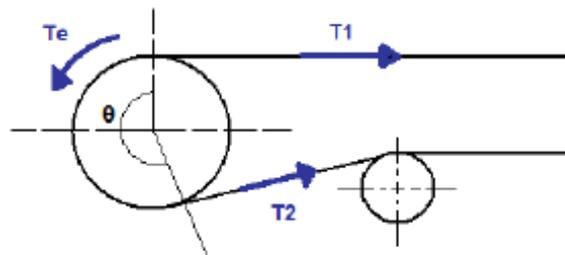


Figura 2.10 Tensión efectiva en la banda. (investigador)

La tensión más grande es llamada tensión del lado apretado T1 y la tensión más pequeña es llamada tensión del lado flojo T2. Sin la tensión del lado flojo para prevenir el deslizamiento, la banda no puede transmitir el movimiento. La diferencia entre la tensión del lado apretado y la tensión del lado flojo se conoce como tensión efectiva Te, debido a que es esta tensión la que realmente ejecuta el trabajo: como se

ha dicho antes esta tensión es la suma algebraica de las fuerzas que ya hemos considerado: fuerza para elevar la carga, para desplazarla horizontalmente, para mover la banda en vacío y los componentes móviles y las pérdidas debido a guías de carga.

Conocida la potencia total que se debe aplicar al tambor motriz, la tensión efectiva puede ser determinada por la Ecuación siguiente.

$$T_e = \frac{1000 * P}{v} \quad (2. 23)$$

Donde:

T_e : Tensión efectiva (N)

P : Potencia teórica (kW)

v : Velocidad de la banda (m/s)

2.8.32 Tensión en el lado apretado T_1 .

Hinojosa (2002), la cantidad de tensión necesaria en el lado apretado se determina, multiplicando la tensión efectiva por un factor llamado coeficiente de accionamiento (m).

$$T_1 = T_e * m \quad (2. 24)$$

Dónde:

T_1 : Tensión en el lado apretado (N)

m : Coeficiente de accionamiento.

Los valores de m dependen del arco de contacto entre la banda y el tambor motriz, el tipo de contrapeso y de si el tambor es revestido o no. Los valores de m se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$m = 1 + \left[\frac{1}{e^{\mu \theta} - 1} \right] \quad (2.25)$$

Donde:

μ : Coeficiente de fricción entre el tambor y la banda

θ : Angulo de contacto entre banda y tambor ($^{\circ}$)

La Tabla 2.11 muestra los valores del coeficiente de fricción entre el tambor y la banda μ , y los valores del ángulo de contacto dependiendo de la disposición del tambor motriz y el o los tambores adicionales según el arreglo.

2.8.33 Tensión en el lado flojo T_2

La tensión en el lado flojo es obtenida por un contrapeso de gravedad o por un tensor de husillo. Es preferiblemente emplear contrapesos de gravedad dado que mantienen una tensión constante automáticamente en especial en bandas largas (mayores a 50 m). Para el caso de tensor manual o de husillo, los valores del factor de accionamiento m deberán ser incrementados de tal manera que se produzca un aumento del 20% en la tensión en el lado apretado T_1 que cuando se emplea tensor de gravedad o automático. Esto se hace con el fin de suministrar una reserva de tensión debido a alguna diferencia real en las fricciones entre tambor y la banda.

La tensión T_2 se puede determinar con la siguiente ecuación.

$$T_2 = T_1 - T_s \quad (2.26)$$

Dónde:

T_2 : Tensión en el lado flojo (N)

2.8.34 Tensión en el retorno de la banda

Hinojosa (2002), considerando el esquema de la Figura 2.11 donde se muestran las tensiones principales que aparecen en la banda transportadora, las tensiones T_1 y T_2 correspondientes a la tensión en lado tenso y en el lado flojo respectivamente ya han sido estudiadas. Por otra parte, las tensiones T_3 y T_4 no son completamente iguales debido a la fricción producida en los cojinetes del tambor, pero en la práctica se las considera iguales, de modo que:

$$T_3 = T_4 \quad (2.27)$$

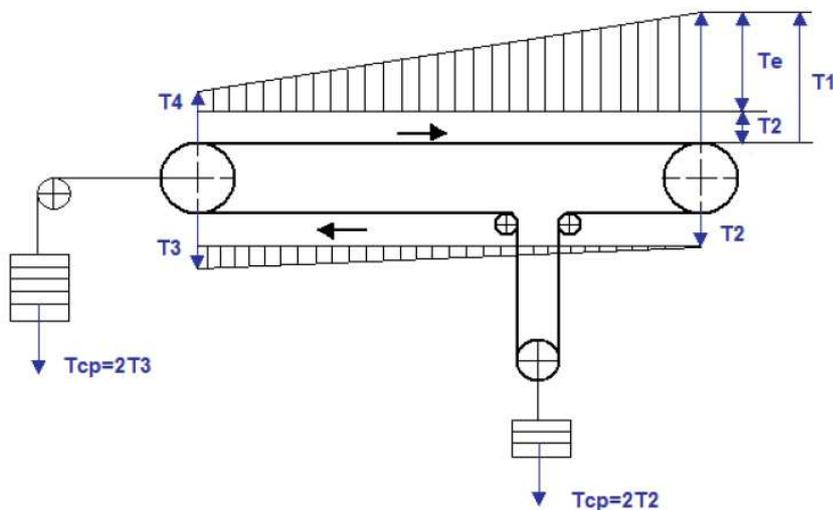


Figura 2.11 Tensiones en la banda.

La tensión T_3 se conoce como tensión en el retorno y se puede determinar de la siguiente manera.

$$T_3 = C * f * L * \left(G_b + \frac{G_{ru}}{s_2} \right) * g + T_2 \quad (2.28)$$

Donde:

T_3 : Tensión en el retorno de la banda (N)

C : Factor de fricción por longitud de banda

f : Factor de fricción de las partes móviles

L : Longitud de la proyección horizontal de la banda (m)

G_b : Peso de la banda

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

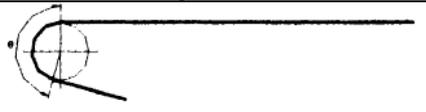
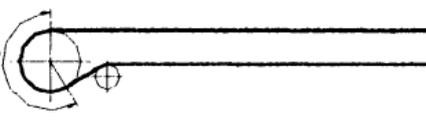
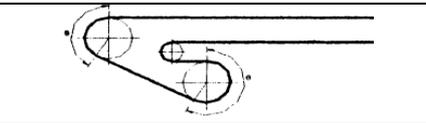
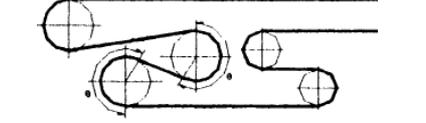
T_2 : Tensión en el lado flojo (N)

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

s_2 : Espaciamiento entre rodillos inferiores (m)

Tabla 2.11 Coeficiente de fricción entre el tambor y la banda.

Fuente: Roulonds (s/f). Catálogo de banda transportadora, pág. 13.

Coeficiente de fricción μ	TAMBOR MOTRIZ			
	Revestido		Desnudo	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
0,4	0,35	0,35	0,2	
Arreglo motriz	Angulo de contacto			
	120°			
	150°			
	180°			
	210°			
	220°			
	230°			
	240°			
	360°			
	380°			
	400°			
	420°			
	440°			
	450°			

2.8.35 Tensión de contrapeso T_{cp}

Sanz (2011), el dispositivo de contrapeso puede ser ubicado en cualquier lugar a lo largo del ramal de retomo, de tal forma que no es necesario que esté situado adyacente al cabezal motriz, aunque esta sea a menudo la ubicación más conveniente. Dos consideraciones principales gobiernan la ubicación del contrapeso en la mayoría de los casos. La primera hace referencia a la geometría de la banda transportadora. Frecuentemente, el cabezal motriz termina en un nivel mucho más alto que el cabezal de alimentación lo que proporciona suficiente altura para ubicar un contrapeso vertical. En segundo lugar hay que tener en cuenta la distribución de las tensiones alrededor de la banda. Si un análisis de las tensiones en la banda muestra algún punto donde la tensión es baja, como en el pie de una pendiente, el contrapeso puede ser ubicado allí con un mínimo de tensión requerida.

Dependiendo de la ubicación del dispositivo tensor de contrapeso en la trayectoria de la banda transportadora (Figura 2.11), el valor de la tensión del contrapeso puede ser:

$$T_{cp} = 2T_2 \text{ (si el contrapeso se coloca cerca del grupo motriz)}$$

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

2.8.36 Tensión mínima T_0

Sanz (2011), a veces puede suceder que la tensión T_2 , aun siendo lo suficientemente elevada como para lograr la adherencia de la banda al tambor motriz, es insuficiente para evitar el pandeo excesivo de la banda entre los rodillos, pudiéndose provocar así el derrame del material (Figura 2.12).

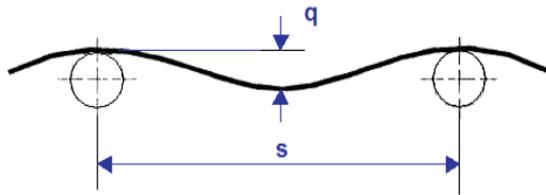


Figura 2.12 Flecha de pandeo permisible en la banda. (Investigador).

Para evitar esta flecha excesiva se debe procurar que en ningún punto de la banda aparezca una tensión inferior a la tensión mínima T_0 , tensión que puede ser calculada mediante la siguiente ecuación.

$$T_0 = \frac{s_1(G_b + M_{pm}) * g}{8 \left(\frac{q}{s}\right)} \quad (2. 29)$$

Dónde:

T_0 : Tensión mínima (N)

s_1 : Espaciamiento entre rodillos superiores (m)

q/s : Flecha permisible (entre 0,005 y 0,02)

G_b : Peso de la banda (kg/m)

M_{pm} : Carga de material por metro de banda (Kg/m)

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

La carga del material por metro de banda puede ser calculada de la siguiente manera.

$$M_{pm} = \frac{Q_t}{3,6 * v} \quad (2. 30)$$

Donde:

Q_t : Capacidad máxima de transporte (ton/h)

v : Velocidad de la banda (m/s)

Tensión de trabajo unitaria T_u .

La tensión de trabajo unitaria es la máxima tensión a la que estará sometida la cinta transportadora por milímetro de ancho de banda. Con este valor se procede a seleccionar el tipo de banda transportadora en función del tipo de material y sus características como abrasividad, temperatura, peso específico, tamaño de grano, entre otros. según los tipos de bandas transportadoras proporcionadas por el fabricante en sus catálogos.

La tensión de trabajo unitaria suele expresarse en N/mm y se determina mediante la siguiente ecuación.

$$T_u = \frac{T_1}{1000 \cdot B} \quad (2.31)$$

Donde:

T_u : Tensión de trabajo unitaria (N/mm)

T_1 : Tensión en el lado apretado (N)

B : Ancho de banda (m)

2.8.37 Recálculo de tensiones

Sanz (2011), a veces puede suceder que la tensión T_2 , aun siendo lo suficientemente elevada como para lograr la adherencia de la banda al tambor motriz, es insuficiente para evitar el pandeo excesivo de la banda entre los rodillos, pudiéndose provocar así el derrame del material, para evitar esta flecha excesiva se debe procurar que en ningún punto de la banda aparezca una tensión inferior a la tensión mínima T_0 por lo cual se debe realizar un nuevo cálculo a las tensiones obtenidas. El valor de las tensiones se debe incrementar, un incremento tal que asegure el no derramamiento del material. Este valor se obtiene de la siguiente ecuación.

$$\Delta_t = T_0 - T_2 \quad (2.32)$$

2.8.38 Ecuación de Euler-Eytelwein.

Sanz (2011), considerando la imagen de la Figura 2.13, en la que sobre un tambor motriz apoya un cable flexible, cuyos extremo están, uno sujeto a una carga y el otro libre sin carga alguna, es evidente que si la fuerza que se ejerce sobre el extremo libre es pequeña comparado con la de la carga, no se elevará al gira el tambor. Para que esta carga se eleve, es necesario aplicar una fuerza " T_2 " al extremo libre, tal que se cumpla una conocida relación, llamada de EULER-EYTELWEIN.

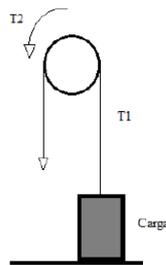


Figura 2.13 Tambor motriz. (Sanz, 2011).

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu\alpha} \quad (2.33)$$

Donde:

T_1 : Tensión del lado apretado (N/mm).

T_2 : Tensión del lado flojo (N/mm).

μ : Arco de contacto entre tambor y correa en radianes.

α : Coeficiente convencional de adherencia.

Otras ecuaciones que relacionan el no deslizamiento entre el tambor y la correa son las siguientes.

$$T_1 \geq P \cdot K_1 \quad (2.34)$$

$$T_2 \geq P \cdot K_2 \quad (2.35)$$

$$P = T_1 - T_2 \quad (2.36)$$

Donde:

P : Esfuerzo periférico.

K₁ : Relación entre coeficiente convencional de rozamiento y arco de contacto entre tambor y correa. (Ver tabla A1 anexo a manual de Pirelli).

K₂ : Relación entre coeficiente convencional de rozamiento y arco de contacto entre tambor y correa. (Ver tabla A1 anexo a manual de Pirelli).

2.9 Selección de elementos de la banda

2.9.1 Selección de la banda.

Sanz (2011), como ya se ha comentado anteriormente, la cinta transportadora es el elemento más importante de todo el conjunto mecánico ya que puede representar hasta el 60% del coste total del transportador. El material para bandas transportadoras más comúnmente utilizado es el caucho. Las bandas de caucho se construyen en base a dos componentes fundamentales: la carcasa y la cubierta (o cobertura).

2.9.2 La carcasa.

Sanz (2011), la carcasa es el esqueleto o alma de la banda y puede construirse con varias capas, según la necesidad. La función de la carcasa es la de transmitir y absorber

las fuerzas que actúan en la banda. Estas se deben principalmente a las tensiones producidas por la acción del tambor motriz. Adicionalmente, la carcasa absorbe el impacto cuando el material es cargado sobre la cinta y cuando la banda con material pasa sobre los rodillos superiores. Tal y como se comentó en capítulos anteriores, existe una gran variedad de materiales destinados a la fabricación de bandas, sin embargo, en el presente documento se han considerado los dos tipos de bandas más utilizados, las textiles y las plásticas con refuerzo interior metálico.

2.9.3 Carcasa con refuerzo metálico.

Sanz (2011), la carcasa con refuerzo metálico se caracteriza por poseer unos cordones metálicos embebidos en una matriz de material plástico o goma y que a su vez se encuentra situada entre dos cubiertas (Figura 2.14).



Figura 2.14 Carcasa con refuerzo metálico (Sanz, 2011)

2.9.4 Determinación del tipo y número de telas.

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 necesario vendrá dado por la fórmula siguiente.

$$\text{Numero de telas} = \frac{T_{max}}{L * T_{e1}} \quad (2.37)$$

Donde:

T_{e1} : La carga de trabajo de la cinta en kilogramos por centímetros de ancho y por tela (Kg/cm)

L : Ancho de la cinta (cm).

T_{max} : Tensión máxima soportada por cada tela del material (Kg/cm).

La tabla 2.12 da las máximas cargas de trabajo a emplear.

Tabla 2.12 Máxima carga de trabajo

Fuente: Pirelli. Catálogo de banda transportadora, pág. 25.

Tipo de Tejido	Carga de trabajo máxima recomendada de la cinta en Kg por centímetros 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 = Rayon - Nylon	7,5	10
Ry-Ny 16 = Rayon - Nylon	12	16
Ry-Ny 20 = Rayon - Nylon	14	20

La longitud total de la banda sería:

$$L_t = (2 * L_i) + (\pi * D_t) \quad (2.38)$$

Donde:

L_t : Longitud total de la banda (m).

L_i : Longitud de la banda inclinada (m).

D_t : Diámetro del tambor (m).

2.9.5 Determinación del tipo y espesor de la goma de cobertura.

Sanz (2011), determinado el ancho, la velocidad, el tipo y el número de tela de la cinta, no queda más que determinar la calidad y espesor de la cubierta de goma.

Prescindiendo, por el momento, de las condiciones particulares de empleo (presencia de aceites, grasas, temperatura, entre otros. se puede decir, que desde el punto de vista general, que el tipo y el espesor de la goma dependen de la intensidad y frecuencia de la acción abrasiva del material sobre la cubierta de la cinta.

La intensidad de la acción abrasiva del material esta en relación:

- Con la naturaleza del material mismo.
- Con el tamaño de los trozos a transportar.
- Con las condiciones de carga (velocidad y caída del material sobre la cinta).

La frecuencia de la acción abrasiva viene dada por el número de veces que una determinada sección de la cinta pasa bajo la tolva de carga y por esto es:

- Directamente proporcional a la velocidad de la cinta.
- Inversamente proporcional a su longitud.

La tabla 2.13 suministra una orientación en línea de máxima relativa al tipo de la goma de la cubierta más conveniente, en correspondencia a la naturaleza del material a transportar. A tal propósito, debemos recordar que las denominaciones Lamafer, Nomafer, Dumafer de las cintas transportadoras PIRELLI caracterizan tres tipos de cubierta de resistencia a la abrasión y de cualidades mecánicas en general gradualmente crecientes en orden. La cinta Lamafer es, por esto, una cubierta de características mecánicas corrientes; la Dumafer, Excepcionalmente buena, La cinta Nomafer tiene características mecánicas medias.

2.9.6 Selección de los rodillos superiores y de retorno.

Los rodillos son encargados de formar la cama de recorrido del material sobre la banda. Dada la gran importancia que tienen los rodillos en una cinta han sido objeto de normalización por parte de los fabricantes en lo que concierne a sus medidas exteriores, con el propósito de lograr una intercambiabilidad entre los rodillos correspondiente a un mismo ancho de banda, sin embargo esto no obliga a nada respecto a la disposición interna. Existe una gran variedad de disposiciones constructivas de los rodillos, así como sus características de resistencia, capacidad de carga, estanqueidad, fricción, etc. Que pueden ser conocidas por medio de los catálogos de los fabricantes.

Por otro lado, los rodillos inferiores se encargan de soportar la cinta transportadora en su trayectoria de retorno sin material, al igual que los superiores los fabricantes proporcionan las características de dichos rodillos, así como su disposición interna y constructiva.

La tabla 2.14 muestra la clasificación de los rodillos según CEMA para su correcta elección.

Tabla 2.13 Tipo y espesor de la cobertura de la cara portante de la cinta en función del tipo y tamaño del material transportado y también la frecuencia de la carga de la cinta en mm.

Fuente: Pirelli. Catálogo de banda transportadora. pág 41

Tiempo empleado en una vuelta completa de la cinta Seg	Calidad de la cobertura	Material Transportado			
		Tamaño del material en (mm)			
		5	35	125	150
12	Lamafer C	5	0	0	0
	Nomafer B	2,5	5	8	9,5
	Dumafer A	1,5	3	6,5	8
24	Lamafer C	3	5	0	0
	Nomafer B	1,5	2,5	5	6,5
	Dumafer A	1,5	2,5	3	5
36	Lamafer C	2,5	4	7	0
	Nomafer B	1,5	2,5	3	5
	Dumafer A	1,5	2,5	3	5
48	Lamafer C	1,5	3	5	8
	Nomafer B	1,5	2,5	3	5
	Dumafer A	1,5	2,5	3	5
60	Lamafer C	1,5	2,5	4	6,5
	Nomafer B	1,5	2,5	3	5
	Dumafer A	1,5	2,5	3	5
90	Lamafer C	1,5	2,5	3	6
	Nomafer B	1,5	2,5	3	5
	Dumafer A	1,5	2,5	3	5
120	Lamafer C	1,5	2,5	3	5
	Nomafer B	1,5	2,5	3	5
	Dumafer A	1,5	2,5	3	5

Tabla 2.14 clasificación de los rodillos según CEMA

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 75

Clase de servicio	Clase CEMA		Diámetro rodillo pulg	Tipo de rodamiento	Ancho de Banda pulg
	Nueva	Antigua			
Carga ligera	A	I	4-5.	Bolas	18-36.
	B	II	4-5.	Bolas	18-48.
Carga Mediana	C	III	4-5.	Rodillos	18-60.
		IV	6	Rodillos	18-60.
	D		5-6.		36-72.
Carga Pesada	E	V	6	Rodillos	36-96.
		VI	7	Rodillos	36-96.

2.10 Diseño y selección de tambores.

Sanz (2011), el diseño y selección de tambores implica determinar el diámetro del tambor, el ancho de cara y el diámetro del eje del tambor. Adicionalmente se deben seleccionar, de acuerdo al fabricante de tambores, el tipo de polea, el tipo y espesor de recubrimiento, y los rodamientos adecuados.

2.10.1 Determinación del ancho de cara.

Sanz (2011), para determinar el ancho de cara de las poleas se necesita conocer el ancho de cara de la banda y aplicar la ecuación según sea el caso.

$$F = B + 0,05; \quad B < 1 \quad (2.39)$$

$$F = B + 0,075; \quad B > 1 \quad (2.40)$$

Donde:

F: Ancho de cara (m)

B: Ancho de banda (m)

Se debe revisar el catálogo del fabricante para comprobar que existe el tamaño de cara del tambor que se requiere, caso contrario se debe seleccionar el mínimo ancho de cara que cumpla con estas ecuaciones y que el fabricante disponga.

La tabla 2.15 muestra los diámetros recomendados por DODGE para tambores en función de la tensión de trabajo.

2.11 Cargas estáticas a soportar por los rodillos

Una vez definidos los diferentes tipos de rodillos, conociendo su diámetro, y respetando la velocidad de giro de los mismos, siendo obligatorio no superar las 650 r.p.m.

Se pasará a determinar las cargas que deben soportar todos los rodillos. Para ello primero se debe definir una serie de factores, estos son:

El factor de participación, viene definido en la Tabla 2.16, de acuerdo con la disposición de los rodillos.

Tabla 2.15 Diámetros recomendados por DODGE para tambores en función de la tensión de trabajo.

Fuente: Dodge. Catálogo de bandas transportadoras. Pág 84

Arco de contacto	DIÁMETRO DEL TAMBOR (pulg) (mm)													
	8 200	10 250	12 300	14 350	16 400	18 450	20 500	24 600	30 750	36 900	42 1050	48 1200	54 1350	60 1500
10	11	14	17	21	25	31	36	46	61	75	91	106	121	136
20	9	11	13	17	20	24	28	35	46	59	70	82	94	105
30	8	10	11	14	18	20	25	31	40	51	61	71	81	91
40	6	8	10	12	15	18	21	26	35	43	52	61	69	78
50	5	7	8	11	12	15	18	23	30	38	45	53	60	68
60	5	7	8	11	12	15	18	22	29	36	44	51	58	66
70	5	7	9	11	13	15	18	23	31	39	46	53	61	69
80	6	8	9	11	14	17	20	25	33	41	50	58	66	75
90	6	8	10	12	15	18	21	26	35	45	53	62	71	80
100	7	9	11	13	16	19	23	28	38	47	57	67	75	85
110	8	10	11	14	18	20	25	31	40	51	61	71	81	91
120	8	10	11	15	18	21	25	32	43	53	64	75	86	96
130	9	11	13	17	20	24	28	35	46	59	70	82	94	105
140	10	12	14	18	22	26	32	39	53	66	79	92	105	118
150	11	13	16	20	25	30	35	44	59	74	89	103	118	132
160	12	15	18	23	28	32	39	49	66	82	98	114	131	147
170	13	17	20	25	31	36	44	54	73	91	109	127	146	163
180	15	18	22	28	34	40	48	61	81	101	121	141	161	182
190	13	17	20	25	31	36	44	54	73	91	109	127	146	163
200	12	15	18	23	28	32	39	49	66	82	98	114	131	147
210	11	13	16	20	25	30	35	44	59	74	89	103	118	132
220	10	12	14	18	22	26	32	39	53	66	79	92	105	118
230	9	11	13	17	20	24	28	35	46	59	70	82	94	105
240	8	10	11	15	18	21	25	32	43	53	64	75	86	96

El factor de participación, viene definido en la Tabla 2.16, de acuerdo con la disposición de los rodillos.

Tabla 2.16 Factor de participación para los distintos tipos de rodillos (Fp)

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 78

Grados	Factor de participación	Tipo de rodillo
0	1	Planos
20	0.5	Bina
20	0.6	Terna
30	0.65	Terna
35	0.67	Terna
40	0.70	Terna
45	0.72	Terna

El factor de servicio, detallado en la Tabla 2.17, dependiente del número de horas de servicio.

Tabla 2.17 Factor de servicio. (Fs)

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 79

Duración	Fs
Menos de 6 horas al día	0,8
De 6 a 9 horas al día	1
De 10 a 16 horas al día	1,1
Más de 16 horas al día	1,2

Factor ambiental, que depende de las condiciones ambientales, definido en la Tabla 2.18.

Tabla 2.18 Factor ambiental (Fs).

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 80

Condiciones	Fm
Limpio y con mantenimiento regular	0,9
Presencia de material abrasivo o corrosivo	1
Presencia de material muy abrasivo o corrosivo	1,1

Factor de choque, que depende de la velocidad de la banda y del tamaño del material
Tabla 2.19.

Tabla 2.19 Factor de choque (Fd).

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 81

Tamaño de material (mm)	Velocidad de la banda (m/s)						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 -100	1	1	1	1	1	1	1
100 -150	1,02	1,03	1,05	1,07	1,09	1,13	1,18
150 - 300	1,04	1,06	1,09	1,12	1,16	1,24	1,33
300 - 450	1,20	1,32	1,50	1,70	1,90	2,30	2,80

Factor de velocidad, que depende de la velocidad de la banda y del diámetro de los rodillos Tabla 2.20.

Tabla 2.20 Factor de velocidad

Fuente: Belt Conveyor CEMA Handbook 2da Edición (s/f), pág 89

Velocidad de banda (m/s)	Diámetros de los rodillos (m)				
0.5	60	76	89-90	102	108-110
1	0,81	0,8	0,8	0,80	0,8
1.5	0,92	0,87	0,85	0,83	0,82
2	0,99	0,99	0,92	0,89	0,88
2.5	1,05	1	0,96	0,95	0,94
3			1,01	0,98	0,97
3.5			1,05	1,03	1,01
4					1,04
4.5					1,07
5					1,14
					1,17

2.11.1 Determinación de la carga estática.

Carga estática en estaciones de rodillos superiores.

Savadera (2000), para calcular la carga estática sobre las estaciones de rodillos superiores se tiene la siguiente ecuación:

$$C_{at} = \left[l_o \cdot \left(m'_G + \frac{Q_m}{3,6 \cdot v} \right) \cdot 9,81 \right] [F_d \cdot F_s \cdot F_m] \quad (2.41)$$

Donde:

C_{at} : Carga estática de estaciones de rodillos superiores.

l_o : Distancia de separación de los rodillos superiores.

m'_G : Masa de la banda por metro lineal.

Q_m : Capacidad de la banda.

v : Velocidad de la banda.

F_d : Factor de choque

F_s : Factor de servicio

F_m : Factor ambiental

Para el cálculo de la carga sobre los rodillos inferiores se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_R = [l_u \cdot m'_G \cdot 9,81] [F_v \cdot F_s \cdot F_m] \quad (2.42)$$

Donde:

C_R : Carga estática de estaciones de rodillos inferiores.

l_u : Distancia de separación de los rodillos inferiores.

m'_G : Masa de la banda por metro lineal.

F_v : Factor de velocidad

F_s : Factor de servicio

F_m : Factor ambiental

2.12 Determinación del diámetro mínimo del eje del tambor.

Hinojosa (2002), el eje del tambor es el elemento rotatorio generalmente de sección transversal circular cuya función es transmitir el movimiento y la potencia a la banda transportadora. Dada la configuración geométrica de los tambores en las bandas

transportadoras, los criterios de diseño más importantes que se deben considerar para diseñar el eje son:

- Deformación por flexión.
- Deformación por torsión.

El primer paso para el diseño de los ejes es calcular la fuerza resultante sobre los tambores, la cual depende de las tensiones T_1 (Tensión máxima), T_2 (Tensión mínima) y del ángulo de contacto entre el tambor y la banda θ , las ecuaciones son las siguientes:

$$R_T = (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad \text{Para tambores motrices} \quad (2.43)$$

$$R_T = (2T_2) \cdot \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad \text{Para tambores no motrices} \quad (2.44)$$

Donde:

R_T : Fuerza resultante sobre el tambor (N)

T_1 : Tensión máxima (N).

T_2 : Tensión mínima (N).

θ : Angulo de contacto entre el tambor y la banda ($^\circ$).

Luego se tiene que determinar el momento flector y el torque que actúan sobre el eje del tambor. Las ecuaciones son las siguientes:

$$T = \frac{P_m \cdot 60 \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot \omega_T} \quad (2.45)$$

Donde:

T : Torque en el tambor (N.mm)

P_m : Potencia instalada del motor (kW)

ω_T : Velocidad angular del tambor (r.p.m)

Esta última puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\omega_T = \frac{v \cdot 60}{D \cdot \pi} \quad (2.46)$$

Donde:

ω_T : Velocidad del tambor (r.p.m)

v : Velocidad de la banda (m/s).

D : Diámetro del tambor (m)

Luego tenemos la ecuación para el momento flector sobre el eje del tambor, así:

$$M = \frac{R_T(B_C - F)}{4} \quad (2.47)$$

Donde:

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

B_C : Distancia entre apoyos (mm)

F : Ancho de cara del tambor (mm)

Los valores de B_C se determinan de acuerdo a la geometría de la estructura del transportador, pero se puede emplear los valores recomendados por la tabla 2.21 en función del ancho de banda y del tipo de tambor.

Finalmente con estos valores se puede determinar el diámetro mínimo necesario del eje del tambor debido a los esfuerzos combinados tanto de flexión como de torsión. Aplicando la teoría de Von Mises, el diámetro del eje se calcula con la siguiente ecuación 2.48:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \eta}{\pi \cdot s_y} \left(\sqrt{(k_b \cdot M)^2 + T^2} \right)} \quad (2.48)$$

Donde:

d_s : Diámetro mínimo del eje (mm)

η : Factor de seguridad (5,8 para fatiga)

s_y : Esfuerzo de fluencia del material del eje (MPa)

k_b : 2,5 (factor por carga de transmisión)

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

T : Torque en el tambor (N.mm)

Tabla 2.21 distancia entre apoyo en los tambores

Fuente: (Sanz, 2011)

Distancia entre apoyos en los tambores				
Ancho de banda		Distancia entre apoyos (mm)		
		tambor motriz y de cabeza	tambor de cola y contrapeso	tambor adicional y desviador
pulg	mm			
16	400	760	760	630
18	450	810	810	680
24	600	1020	1020	840
30	750	1170	1170	990
36	900	1370	1370	1140
42	1050	1520	1520	1300
48	1200	1680	1680	1450
54	1350	1830	1830	1600
60	1500	1980	1980	1750
66	1650	2130	2130	1900
72	1800	2400	2400	2050
84	2100	2700	2700	2350
96	2400	3000	3000	2650
100	2500	3100	3100	2750

2.12.1 Selección de los rodamientos para el eje del tambor.

Conocido el diámetro del eje del tambor, solo basta con determinar la capacidad de carga dinámica requerida para seleccionar los rodamientos adecuados para el eje del tambor motriz, cola, desviadores de tensión y adicionales. Para ello es necesario conocer la vida nominal L_{10h} en horas de servicio que la banda debe trabajar y la carga dinámica equivalente que actúa sobre los rodamientos.

La ecuación de la vida nominal en horas de servicio es la siguiente:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot \omega_T} \left(\frac{C_d}{P_d} \right)^p \quad (2.49)$$

Donde:

L_{10h} : Vida nominal en horas de servicio.

ω_T : Velocidad angular del tambor (r.p.m).

C_d : Capacidad dinámica de carga (N).

P_d : Carga dinámica equivalente (N).

p : Exponente de la fórmula de la vida.

$p = 3$ para rodamientos de bolas.

$p = \frac{10}{3}$ para rodamientos de rodillos.

La vida nominal de los rodamientos depende de las horas de servicio que la banda transportadora trabajará según los requerimientos de producción.

Como guía de este valor se puede considerar a las cintas transportadoras como máquinas para 8 horas de trabajo continuo diario totalmente utilizadas, para las cuales se espera una vida nominal entre 20000 a 30000 horas de servicio.

Las cargas que actúan sobre los rodamientos se compone de la fuerza resultante sobre el tambor R_T . (2.12), más la fuerza de inercia adicional correspondiente al peso del tambor seleccionado. Por lo tanto, la carga total sobre cada rodamiento viene dada por la ecuación siguiente:

$$F_R = \frac{R_T + W_T}{2} \quad (2.50)$$

Donde:

F_R : Carga sobre el rodamiento (N)

R_T : Fuerza resultante sobre el tambor (N)

W_T : Peso promedio del tambor seleccionado (N)

El valor del peso promedio de los tambores se puede obtener de la tabla 2.22, la cual muestra los pesos de tambores según DODGE, tanto para tambores llenos (Drum pulleys) como para tambores con aletas (Wing pulleys), en función del diámetro del tambor y del ancho de cara del mismo. Estos son valores promedio, pero si se conoce exactamente el tipo del tambor seleccionado, es preferible consultar el catálogo del fabricante para determinar el peso real de dicho tambor.

Una vez determinada la carga sobre el rodamiento, se debe determinar la carga dinámica equivalente P_d . Si la carga F_R sobre el rodamiento calculada con la ecuación 2.50 cumple con las propiedades de la capacidad dinámica de carga C_d , es decir, si es constante en magnitud y dirección, y actúa radialmente sobre un rodamiento radial, o axialmente y centrada sobre un rodamiento axial, entonces $P_d = F_R$, pudiendo introducir F_R directamente en la ecuaciones de la vida. En el caso del tambor en la banda transportadora, la carga aplicada es radial y no existe una componente axial, por lo tanto se tiene el valor de la carga dinámica de carga C_d , conociendo la vida del rodamiento L_{10h} , mediante la ecuación 2.49.

Conocida la capacidad dinámica de carga y el diámetro del eje del tambor, podemos seleccionar cualquier rodamiento apropiado consultando el catálogo del fabricante.

Tabla 2.22 Peso de tambores según Dodge.

Fuente: Dodge. Catálogo de bandas transportadoras.

ancho de cara del tambor		DIÁMETRO DEL TAMBOR (pulg)(mm)					
		6	8	10	12	14	16
mm	pulg	150	200	250	300	350	400
300	12	0,12	0,15	0,22	0,33	0,42	0,47
350	14	0,13	0,16	0,24	0,35	0,45	0,56
400	16	0,14	0,18	0,25	0,37	0,47	0,58
450	18	0,15	0,19	0,27	0,39	0,49	0,61
500	20	0,16	0,20	0,28	0,41	0,51	0,63
550	22	0,16	0,21	0,30	0,43	0,53	0,66
600	24	0,17	0,23	0,31	0,45	0,55	0,68
650	26	0,18	0,24	0,33	0,46	0,57	0,71
750	30	0,20	0,26	0,36	0,50	0,62	0,76
800	32	0,21	0,28	0,37	0,52	0,64	0,78
900	36	0,23	0,31	0,42	0,57	0,71	0,87
950	38	0,24	0,32	0,43	0,60	0,73	0,90
1000	40	0,25	0,33	0,45	0,61	0,75	0,92
1100	44	0,27	0,36	0,48	0,65	0,80	0,97
1150	46	0,28	0,37	0,49	0,67	0,82	0,99
1275	51	0,30	0,40	0,53	0,72	0,87	1,06
1350	54	0,32	0,43	0,57	0,76	0,94	1,13
1425	57	0,33	0,45	0,59	0,79	0,97	1,17
1500	60	0,34	0,46	0,61	0,82	1,00	1,20
1575	63	0,36	0,46	0,64	0,85	1,03	1,24

2.13 Almacenamiento de materiales a granel.

Estrada (2002), en una gran variedad de industrias, especialmente de procesos químicos, las materias primas, los productos terminados o ambos deben ser almacenados a granel por razones prácticas o económicas. Ya sea que se trate de partículas muy finas, como en el caso de las industrias farmacéuticas, o grandes trozos como en la extracción de minerales, los principios fundamentales son los mismos, pero el tratamiento particular dependerá de la naturaleza de los materiales, del uso que se le dará y de las cantidades a almacenar.

Estrada (2002), las industrias de fertilizantes, detergentes, plásticos, productos metalúrgicos, harinas, entre otros, requieren cantidades tales de materiales y subproductos que resultaría muy costoso su almacenamiento y posterior manejo en forma de cargas individuales envasadas.

En algunas situaciones deben protegerse los materiales de la acción de los agentes atmosféricos o necesitan mantenerse bajo condiciones específicas de temperaturas y humedad, por lo cual se hace necesario el uso de contenedores o recipientes adecuados. En caso contrario y/o cuando las cantidades de materiales hacen prohibitivo el uso de estos dispositivos, el empleo de montones o parques a la intemperie resulta mucho más ventajoso.

2.14 Características de materiales.

Peso del material: se refiere al peso específico promedio de algunas sustancias, expresado en Kg/m^3 , estos pesos se refieren a materiales sueltos sin compactar.

Ángulo de deslizamiento: el ángulo dado, es el mínimo (respecto a la horizontal) para que el material deslice sobre una superficie de acero.

Clase de material: la clasificación presentada corresponde a la recomendada por la compañía Link-Belt Co.

La tabla 2.23 muestra algunas características de materiales a ser manipulados.

2.15 Almacenamiento de materiales en recipientes – tolvas y silos.

Estrada (2002), cuando se requiere almacenar materiales a granel y a su vez protegerlos de la acción del ambiente, se utilizan recipientes cerrados o semicerrados cuya forma y dimensiones varían dependiendo de las cantidades a almacenar, las propiedades del material, el espacio disponible para su instalación y de los requerimientos específicos impuestos por la ubicación de los puntos de descarga.

De estos, los más comúnmente empleados son las tolvas y los silos, desde donde es transferido el material a recipientes más pequeños o alimentado directamente a los sitios de procesamiento. Muchas veces se emplea indistintamente la denominación de tolva o silo para identificar estos depósitos, sin embargo, más adelante se hace una diferenciación de estos términos.

2.15.1 Tolvas.

Estrada (2002), la denominación tolvas se aplica a recipientes fijos o móviles para almacenar materiales a granel o piezas sueltas de pequeño tamaño. Son diseñados para ser vaciados por el fondo, aprovechando la fuerza de gravedad y pueden o no estar cerrados por su parte superior.

Generalmente son unidades pequeñas que se emplean para contener el material por periodos de tiempo relativamente cortos. Su uso está prácticamente limitado a la alimentación directa de procesos sin requerir depósitos intermedios.

Su forma y dimensiones son muy variadas; de acuerdo a las necesidades y espacio disponibles pueden ser de sección circular, cuadrada o rectangular, con el fondo en forma de cono o pirámide truncada invertidas. Además, la boca de la salida puede estar alineada con el eje principal del cuerpo, en cuyo caso se dice que la tolva es concéntrica: en caso contrario se dice que es excéntrica.

Tabla 2.23 Características del material a ser transportado.

Fuente: Estrada (2002) Manual de manejo de materiales.

CARACTERISTICA DEL MATERIAL		CLASE
TAMAÑO	Muy Fino - 100% y menos	A
	Fino - 1/8 pulg y menos	B
	Granular ½ pulg y menos	C
	Aglomerado Conteniendo terrones de ½ pulg	D
	Irregular- Fibroso punzante o parecido	H
FLUIDEZ	Muy Fluido: Angulo de reposo menor 30°	1
	Fluido: Angulo de reposo entre 30° y 45°	2
	Pegajoso: Angulo de reposo de 45° o mas	3
ABRASIVIDAD	No abrasivo	6
	Medianamente abrasivo	7
	Muy abrasivo	8
OTRAS CARACTERISTICAS	Contaminable	K
	Higroscópico	L
	Altamente corrosivo	N
	Produce polvo o vapores perjudiciales a la salud	P
	Contiene polvo explosivos	S
	Degradable y corruptible	T
	Muy liviano	W
	Desmenuzable y resistente a la excavación	X
	Aireado semeja un fluido	Y
	Empacado a presión	Z

2.15.2 Silos.

Estrada (2002), el término silo se refiere a todo recipiente fijo para depositar y mantener los materiales en condiciones de temperatura, humedad y presión determinadas. Por lo general son totalmente cerrados y de sección circular con fondo cónico truncado.

Para el mejor aprovechamiento del espacio se usan verticalmente, con alturas hasta de 30 m con diámetros hasta de 12m. Cuando los requerimientos de almacenamiento son muy grandes, es frecuente utilizar baterías de varios silos adosados unos a otros, en vez de un silo individual de gran tamaño. Por supuesto, la organización y distribución de estos debe hacerse en función del espacio disponible.

Se usan para resguardar, por periodos de tiempo relativamente largos (semanas o meses): cereales, minerales triturados y en polvo.

Los silos que se utilizan para cereales y productos recién cosechados, deben tener instalaciones apropiadas para la recepción rápida, secado, limpieza y conservación de los mismos por periodos largos, y dispositivos para un rápido despacho.

En algunos casos, en los cuales se manejan minerales o productos no corruptibles, se pueden emplear recipientes de gran capacidad, de fondo horizontal y apoyado directamente sobre el suelo. El material se recupera por el fondo, deslizando sobre una “cama” del mismo material que se forma alrededor de la boca de salida. Estos recipientes reciben el nombre de tanques.

2.15.3 Materiales de construcción.

Estrada (2002), los primeros silos se fabricaron de madera, posteriormente se hicieron de hormigón o una combinación de hormigón armado y acero; hoy en día, además de los de concreto, se construyen en acero y hierro galvanizado. Las tolvas, por su parte, se pueden fabricar de madera, acero, aluminio o de material plástico reforzado.

2.15.4 Sistema de alimentación y vaciado.

Estrada (2002), los silos y las tolvas se llenan por su parte superior. En los silos, debido a su gran altura, se hace necesaria la utilización de sistemas mecanizados como

elevadores de cangilones o transportes neumáticos. En el caso de las tolvas pueden utilizarse sistemas más rudimentarios y la mayoría de las veces el llenado se hace en forma completamente manual.

Como se indicó antes, el vaciado de estos contenedores ocurre por gravedad, sin embargo, para mantener control sobre el flujo y velocidad de salida de los materiales se emplean dispositivos acoplados a la boca, como: Válvulas rotativa, compuertas deslizantes o basculantes y alimentadores helicoidales.

2.15.5 Consideraciones para el diseño de tolvas y silos.

Estrada (2002), en las tolvas y silos se presentan condiciones de esfuerzo sobre las paredes y el fondo, diferentes a los esperados si estos recipientes estuvieran llenos con un líquido; la fricción de las partículas entre si y contra las paredes producen esa diferencia en la distribución de los esfuerzos. Adicionalmente, los sólidos tienden a formar puentes o arcos produciendo un esfuerzo vertical en las paredes que no existe en el caso de los líquidos. Estos efectos deben ser tomados en cuenta para el diseño estructural de las tolvas o los silos, sin embargo, en este aparte solo se harán las consideraciones relativas al cálculo de las características dimensionales de estos dispositivos.

2.15.6 Factores principales que determinan el diseño dimensional de las tolvas y los silos.

Estrada (2002), las propiedades del material: clase, peso específico y ángulo de deslizamiento.

Los requerimientos de almacenamiento, las limitaciones de forma y espacio tanto el volumen requerido como la forma del espacio disponible limitaran en gran medida el ancho y el alto del contenedor. Si este se usa para almacenar cantidades distintas de

materiales diferentes, debe escogerse como parámetro de diseño aquel que genere el mayor volumen.

Para el dimensionamiento de la sección de salida debe tomarse en consideración el ángulo de deslizamiento del material, a objeto de garantizar que éste no quede retenido al vaciarse. En tal sentido la inclinación de las paredes de la sección de salida debe ser al menos igual al ángulo de deslizamiento del material; si se usa para varios materiales la inclinación debe corresponder a aquel mayor ángulo de deslizamiento.

Como criterio general se sugiere que la inclinación de las caras de los conos o pirámides truncadas sea al menos un 10% por encima del ángulo de deslizamiento. Especial cuidado debe tenerse en el caso de tolvas o silos rectangulares o cuadrados, en cuyas secciones de salida la intersección de dos caras adyacentes forman un ángulo inferior al ángulo de inclinación de cualquiera de las dos caras. Este se conoce como “ángulo de valle” y es, en estos casos, el que debe cumplir la condición de ser igual o mayor al ángulo de deslizamiento.

Existe una relación matemática entre el ángulo de valle y los ángulos de las caras que los forman:

$$\cot \theta = \sqrt{(\cot \alpha)^2 + (\cot \beta)^2} \quad (2. 51)$$

Esta expresión resulta de utilidad para el cálculo de la altura mínima requerida en secciones de salida de tolvas o silos rectangulares o cuadrados.

2.16 Roscas Transportadoras.

Estrada (2002), constan de una hélice metálica montada sobre un eje tubular o macizo, alojado en una caja metálica de fondo, por lo general, semicilíndricos. El accionamiento se logra mediante un conjunto motor-reductor ubicado en uno de los extremos del aparato.

Se le conoce también, en la jerga industrial, como: transportadores helicoidales, tornillos sinfín o “gusanos”.



Figura 2.15 Roscas transportadoras (Estrada).

2.17 Componentes.

- Hélice: lámina de acero arrollada en espiral cuyo espesor varía en consideración a las condiciones de trabajo. En algunos casos se recubren con goma o aleaciones especiales, para darle resistencia a la abrasión.
- Eje: usualmente constituido por un tubo de acero común o acero inoxidable. Su diámetro varía entre 12,25 mm (1 ½pulg) y 98 mm (4pulg) de sección semicircular aunque en ocasiones se construye con fondo plano. Posee dos aberturas, una superior para la alimentación del material y una inferior para la descarga.

- Soportes intermedios: cuando las roscas son de un largo considerable, la parte móvil se construye de varias secciones unidas entre sí por trozos de ejes macizos. Estos puntos de empalme se apoyan en estructuras o soportes metálicos en forma de T, cuyo extremo inferior lleva un cojinete que se acopla al eje, y la parte superior va fijada a la caja. La función de estos soportes es mantener la horizontalidad y correcta alineación del conjunto.
- Chumaceras de los extremos: ubicadas en cada una de las tapas laterales de la caja y sirven de apoyo a los extremos del eje. Se construyen, por lo general, de bronce o babbit, con lubricación por grasa y protegidos del polvo mediante prensa estopas del lado interior de la caja.

La figura muestra los distintos componentes de estos transportadores.

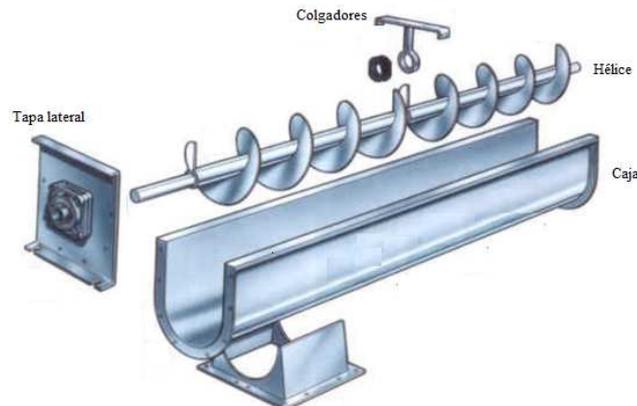


Figura 2.16 Componentes de transportadores de rosca (Estrada).

2.18 Usos y Limitaciones.

Estrada (2002), se adaptan perfectamente al manejo de materiales a granel, desde muy finos hasta trozos de 88,9 mm (3 ½pulg). Por ser aparatos completamente cerrados, ofrecen un manejo limpio y seguro aun para materiales contaminables. Además, por su forma de operación permiten un flujo uniforme de los materiales por lo que son usados ampliamente en la dosificación de procesos.

Con algunas variantes en la forma de la hélice o con la incorporación de aditamentos especiales se puede lograr homogeneización y/o mezclas de materiales durante el traslado.

Haciendo las debidas consideraciones en lo referente a velocidad de operación y materiales de construcción de los componentes, se pueden manejar productos abrasivos, corrosivos o higroscópicos; sin embargo, no se recomiendan para materiales explosivos ni tóxicos.

2.19 Roscas inclinadas y verticales.

Estrada (2002), aunque en la mayoría de las aplicaciones las roscas son usadas horizontalmente, en casos particulares pueden requerir cierta inclinación, llegando inclusive a usarse en forma vertical.

Una de las desventajas de emplear roscas inclinadas es que la capacidad decrece rápidamente a medida que la inclinación aumenta, como puede apreciarse en el gráfico de la (figura 2.17). De esta manera puede notarse, por ejemplo, que con una pendiente de 25° la capacidad es apenas de 40% de la capacidad nominal.

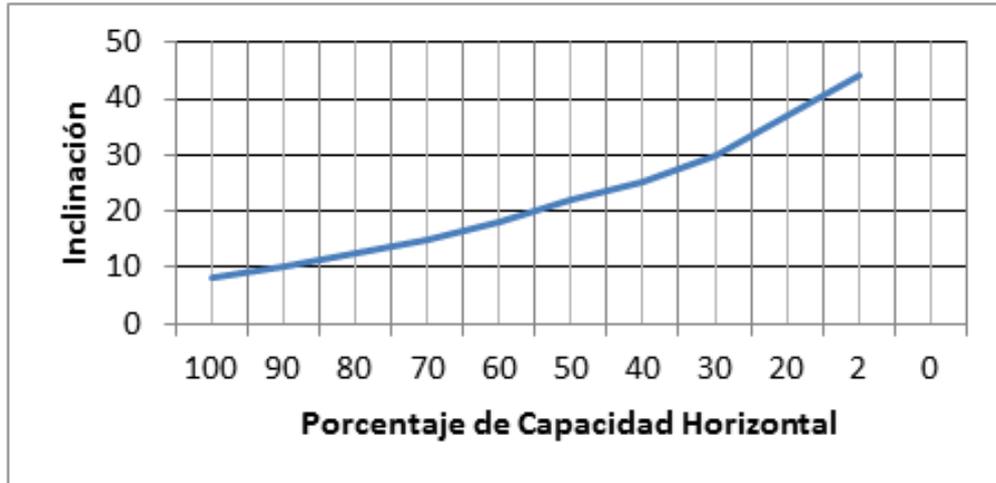


Figura 2.17 Variación de la capacidad con respecto a la inclinación en roscas transportadoras.

Fuente: Estrada (2002)

En el caso de roscas verticales (Figura 2.18) su uso está restringido al manejo de granos o materiales finamente pulverizados. Su construcción exige, por una parte, que el tramo interior de la hélice sea de paso corto y por otra, que el material sea alimentado a presión. Adicionalmente las velocidades requeridas son bastantes superiores a las recomendadas para aplicaciones convencionales.



Figura 2.18 Roscas Verticales. (Estrada, 2002)

2.20 Elevadores de Cangilones.

Estrada (2002), consisten en un conjunto de tarros o recipientes metálicos (cangilones) fijo a una correa o cadena continua, instalada en forma vertical sobre una estructura adecuada. El movimiento del conjunto se logra mediante un sistema motor-reductor que acciona una polea o rueda dentada a la cual se acopla la correa o la cadena, respectivamente (Figura 2.19).

2.21 Componentes de un elevador de cangilones.

- Cangilones: especie de tarros, por lo general de forma de prisma triangular y que constituyen el elemento esencial de transporte. Se construye de fundición o chapas soldadas, bien de acero común o acero inoxidable.
- Cadenas: son de paso largo, de acero, con orejas a las que se fijan los cangilones.

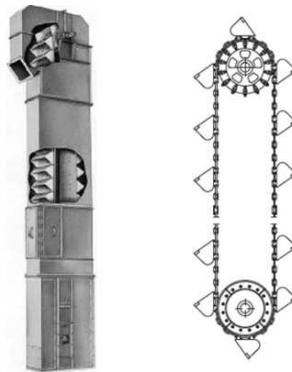


Figura 2.19 Elevadores de Cangilones (estrada, 2002).

- Bandas: son correas de lona con recubrimientos de goma similares a las utilizadas en bandas transportadoras. Los cangilones van unidos a ellas mediante tornillos de cabeza plana o avellanada. El ancho de la correa debe ser 25,4 mm (1 pulg o 2 pulg) mayor que el ancho de los cangilones.

- Caja: constituyen el cuerpo del elevador y cubre totalmente el resto de los componentes. Se fabrica en láminas metálicas.
- Conjunto de tope: incluyen el sistema de impulsión (motor y reductor), el eje principal con sus chumaceras, la rueda dentada o polea impulsora y sus soportes.
- Conjunto de base: conformado por la rueda o polea impulsadora con su eje, las chumaceras y el tensor.
- Chute de descarga: ubicado en la parte superior y unido a la caja. Sirve para orientar la salida del material.

La figura 2.20. Muestra los componentes de un elevador de cangilones.

2.22 Tipos de elevadores.

Estrada (2002), los elevadores de cangilones se clasifican de acuerdo a la forma de descarga en: elevadores de descarga centrifuga, de descarga perfecta y elevadores continuos (Figura 2.21). De estos últimos se pueden diferenciar además los de cadena sencilla, los de cadena doble o de súper capacidad y los de correa.



Figura 2.20 Componentes de un elevador de cangilones. (Estrada, 2002)

2.22.1 Elevadores de descarga centrifuga.

Estrada (2002), en estos aparatos el material entra por la parte inferior, a nivel del fondo del elevador, y es recogido por los cangilones al girar sobre la rueda dentada. La descarga ocurre en la parte superior por acción centrifuga, cuando los cangilones pasan sobre la rueda impulsora. La apropiada velocidad, diámetro de la rueda impulsora y ubicación del chute de descarga, son factores importantes en la eficiencia del manejo y para mantener la limpieza de los cangilones una vez descargados. Los cangilones son de hierro maleable o chapa de acero, espaciados a intervalos. Pueden ir fijados a una correa o a una cadena.

Debido al método de descarga, las velocidades requeridas son superiores a las de los otros tipos.

2.22.2 Elevadores de descarga perfecta.

Estrada (2002), los cangilones van montados, separados entre sí, en dos cadenas paralelas (hay dos ruedas impulsoras y dos ruedas impulsadas) tensadas bajo las ruedas impulsoras, mediante dos ruedas dentadas complementarias, de manera que los cangilones queden en posición invertida sobre el chute y la descarga ocurre por gravedad.

Estos transportes son máquinas de baja velocidad y el método de carga es semejante al tipo anterior.

2.22.3 Elevadores continuos-cadena sencilla

Estrada (2002), los cangilones van montados en forma continua (sin separación entre ellos) sobre la cadena. Debido a esto para garantizar el eficiente manejo de los materiales, el punto de carga está ubicado a una cota por encima del fondo del transportador de manera que los cangilones se llenen en posición de ascenso. En el tope la descarga de cada cangilón se efectúa sobre la parte frontal del cangilón que lo precede, guiando el material hacia el chute de descarga.

2.22.4 Elevadores continuos – cadena doble

Estrada (2002), en principio el funcionamiento de estos transportadores es similar al caso anterior. La diferencia entre uno y otro es que en estos los cangilones van montados entre dos cadenas paralelas, permitiendo la utilización de un tipo especial de cangilones con la cara posterior inclinada, lo cual le confiere mayor capacidad de carga; en virtud de lo cual se conoce con el nombre de “ elevadores de súper capacidad”.

2.22.5 Elevadores continuos de correa.

Estrada (2002), el principio de funcionamiento de estos es similar a los de correa, pero admiten velocidades mayores y en consecuencia tienen mayor capacidad de transporte.

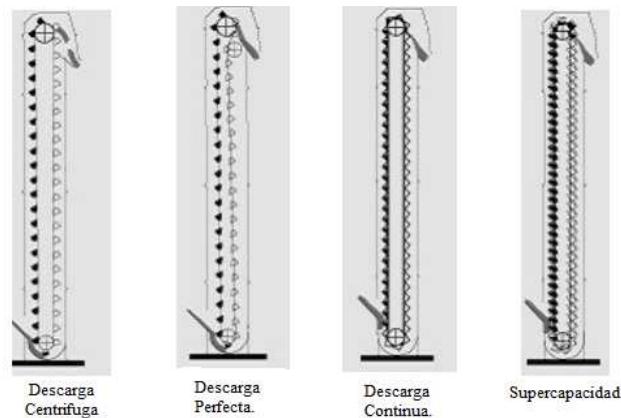


Figura 2.21 Distintos tipos de elevadores

2.23 Usos.

Estrada (2002), los elevadores en general se utilizan para elevar materiales a granel desde muy finos hasta con trozos de (90mm) 3 ½ pulg. La altura total de elevación se limita a 100pie, (30.5m) en aparatos de fabricación estándar.

Los elevadores centrífugos se adaptan perfectamente al manejo de materiales que influyen libremente y cuyo transporte no requiera cuidado excepcional. En consecuencia no son recomendables para materiales frágiles o desmenuzables.

Los de descarga perfecta se usan para materiales frágiles, pegajosos o que fluyan con dificultad; mientras que los continuos son recomendados para materiales desmenuzables, abrasivos y/o que ofrezcan dificultad para ser recogidos por el fondo. Los de supercapacidad, por su parte, son empleados exclusivamente cuando se requiere el manejo de grandes volúmenes en espacios limitados.

2.24 Tipos de cangilones.

Estrada (2002), los cangilones se fabrican en distintos estilos que se adaptan a las distintas clases de elevadores (Figura 2.22).

- **Estilo AA:** normalmente fabricados en hierro maleable. Además de ser razonablemente livianos y bien balanceados, tienen el fondo redondeado para asegurar la descarga apropiada. Se usan en los elevadores de descarga centrífuga y de descarga perfecta.
- **Estilo D:** diseñados para ser montados en correas o en cadenas, permitiendo una mínima separación entre ellos. Son fabricados en chapa de acero y se usan exclusivamente en elevadores continuos.
- **Estilo SC:** su diseño, especial para elevadores de supercapacidad, permite un alto volumen de carga y el manejo de trozos más grandes que los manejados en otro tipo de cangilón.

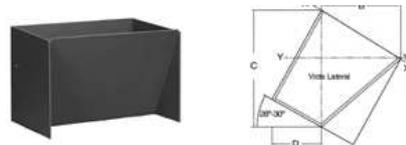


Figura A Cangilón Tipo AA

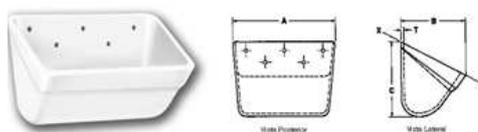


Figura B Cangilón Tipo D

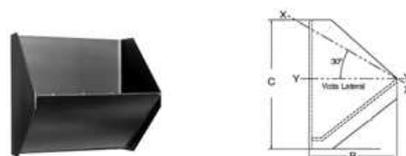


Figura C Cangilón Tipo SC

Figura 2.22 Tipos de cangilones (Estrada, 2002).

La tabla 2.24 presenta las características dimensionales del cangilon según su tipo.

Tabla 2.24 Características del cangilón según su tipo: Estrada (2002).

DIMENSIONES DE CANGILONES ESTANDAR						
Estilo	Dimensiones (pulg.)			Capacidad (1)	Peso	Espesor
	Largo	Proyección	Prof.	(pies ³)	(lbs.)	(Pulg.)
AA	8	5	5 1/2	0.068	7.55	3/32
	10	6	6 1/4	0.119	11.67	7/64
	12	7	7 1/4	0.194	16.90	9/64
	14	8		0.300	27.00	11/64
	16	8	8 1/2	0.339	26.36	11/64
D	8	5	7 3/4	0.075	7.0	10Ga
	12	6	11 3/4	0.165	12.5	10Ga
	12	8	11 3/4	0.295	15.5	10Ga
	14	8	11 3/4	0.345	17.0	10Ga

(1) Las capacidades de trabajo deben ser de 75% de las indicadas

2.25 Capacidad.

Estrada (2002), la rata horaria de manejo de un elevador depende del volumen de los cangilones empleados, de la separación entre ellos y de la velocidad del aparato.

$$Cap_{elevador} = Cap_{cang} * N_{cang} \quad (2.52)$$

Donde:

$Cap_{elevador}$: Capacidad del elevador en (ton/h)

Cap_{cang} : Capacidad del cangilón (pie³/cang)

N_{cang} : Número de cangilones por segundo (Cang/s)

$$N_{cang} = N^{\circ} \frac{Cang}{m} * v_{lineal} \quad (2.53)$$

Donde:

N_{cang} : Número de cangilones por segundo (Cang/s)

v_{lineal} : Velocidad lineal del elevador (m/s)

La tabla 2.25 presenta la capacidad de elevadores centrífugos de correa.

Tabla 2.25 Elevadores centrífugos de correa Fuente: Estrada (2002).

ELEVADORES CENTRIFUGOS DE CORREA					
Tamaño máximo de los trozos		Capacidad (ton/hr)	Cangilones		Velocidad (pies/min)
Tamaño uniforme Pulg	10% del total	Material de 50 lbs/pie ³	Dimensiones (pulg)	Espaciamiento (pulg)	
3/4	3	18	8x5	13	260
1	3 1/2	26	10x6	15,5	260
1 1/4	4	44	12x7	15,5	265
1 1/2	4 1/2	60	14x8	18	265
1 3/4	4 1/2	68	16x8	18	265

2.26 Mantenimiento.

Antes de describir el concepto y los tipos de mantenimiento que existen, es necesario tener claro que se denominará como mantenimiento los trabajos que conserven en estado óptimo la maquinaria para la cual se ha planificado. Solamente adelantándose a las posibles fallas o averías de un equipo se podrá tener confianza en el estado del mismo, es por ello que su conservación es de vital importancia (Boror, 2003).

2.26.1 Concepto.

El mantenimiento se refiere a los trabajos que son necesarios hacer con objeto de proporcionar un servicio de calidad estipulada. Es importante si no proporciona lo que se pretende, se debe cambiarlo por el adecuado., Por ello hay que recordar que el equipo es un medio y el servicio es el fin que deseamos conseguir (Boror, 2003).

Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos, máquinas, entre otros. Para que éstos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con ese fin. El trabajo típico del mantenimiento es la búsqueda y reforzamiento de los eslabones más débiles de la cadena de servicio que forma la fábrica (Boror, 2003).

2.27 Tipos de mantenimiento.

El mantenimiento se divide en dos ramas: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo. Se describen a continuación cada una de ellas con sus respectivas subdivisiones (Boror, 2003).

2.27.1 Mantenimiento correctivo.

Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada. Este tipo de mantenimiento se divide en dos ramas: correctivo contingente y correctivo programable (Boror, 2003).

2.27.1.2 Correctivo contingente.

El mantenimiento correctivo contingente se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, y se tiene que actuar en forma emergente y, en el mejor de los casos, bajo un plan contingente. Las labores que en este caso deben realizarse, tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad de servicio; es decir, que ésta se coloque dentro de los límites esperados por medio de arreglos provisionales, así, el personal de mantenimiento debe efectuar solamente trabajos indispensables, evitando arreglar otros elementos de la máquina o hacer otro trabajo adicional, que quite tiempo para volverla a poner en funcionamiento con una adecuada fiabilidad (Boror, 2003).

.

2.27.1.2 Correctivo programable.

El mantenimiento correctivo programable se refiere a las actividades que se desarrollan en los equipos o máquinas que están proporcionando un servicio trivial y éste, aunque necesario, no es indispensable para dar una buena calidad de servicio, por lo que es mejor programar su atención, por cuestiones económicas (Boror, 2003).

.

2.27.2 Mantenimiento preventivo.

Ésta es la segunda rama del mantenimiento y se define como: la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionan, continúe dentro de los límites establecidos. Con esta definición se concluye que toda labor de conservación que se realice con los recursos de la fábrica, sin que dejen de ofrecer la calidad de servicio esperada, debe catalogarse como de mantenimiento preventivo.

Este tipo de mantenimiento siempre es programable y existen muchos procedimientos para llevarlo a cabo. Se pueden definir cinco tipos de mantenimiento preventivo, los cuales siguen un orden de acuerdo con su grado de fiabilidad, la cual se relaciona en razón directa con su costo. Estos son: predictivo, periódico, analítico, progresivo y técnico (Boror, 2003).

2.27.2.1 Mantenimiento predictivo.

Boror (2003), este procedimiento de mantenimiento preventivo se define como un sistema permanente de diagnóstico que permite detectar con anticipación la posible pérdida de calidad de servicio que esté entregando un equipo. Esto da la oportunidad de hacer con el tiempo cualquier clase de mantenimiento preventivo y, si se conserva adecuadamente, nunca se pierde la calidad del servicio esperado.

2.27.2.2 Preventivo periódico.

Según Boror (2003), es un procedimiento de mantenimiento preventivo que, como su nombre lo indica, es de atención periódica, rutinaria, con el fin de aplicar los trabajos después de determinadas horas de funcionamiento del equipo, en que se le hacen pruebas y se cambian algunas partes por término de vida útil o fuera de especificación.

En este sistema, se le da al recurso una atención rutinaria durante largo tiempo; al término de éste, se le somete a un proceso llamado overhaul durante el cual se desarma, se limpian sus partes, se cambian las que han llegado al límite de vida útil acusen o no deficiencias.

Las restantes piezas se revisan minuciosamente, en algunos casos con rayos X o pruebas muy sofisticadas, dependiendo del grado de fiabilidad que se espera de la máquina; después se cambian o reparan las partes deficientes restantes, se arma el conjunto y se prueba hasta obtener la seguridad para su aceptación.

Para lograr esto, es necesario hacer una planeación previa concienzuda, auxiliándose no solamente con la información proporcionada por el fabricante, sino también con la estadística de fallas, los trabajos que anteriormente se le han hecho, el punto de vista del personal de mantenimiento y de operación que conocen el recurso.

2.27.2.3 Preventivo analítico.

Boror (2003), este tipo de mantenimiento se basa en un análisis profundo de la información proporcionada por captadores y sensores dispuestos en los sitios más convenientes de los recursos más importantes y vitales de la empresa, de tal manera que por medio de un programa de visitas, pueden ser inspeccionados con la frecuencia necesaria para anotar los datos y las lecturas resultantes, las cuales revisa un analista combinándolas con la información que, para el efecto, tiene en el banco de datos relativos al recurso, tal como el tiempo que ha estado trabajando sin que se produzca una falla, la carga de trabajo a que está sujeto, las condiciones del ambiente en donde está instalado, la cantidad y tipos de falla que ha sufrido, entre otros. (Boror, 2003).

2.27.2.4 Preventivo progresivo.

Boror (2003), como su nombre lo indica, este tipo de mantenimiento consiste en atender al recurso por partes, progresando en su atención cada vez que se tiene oportunidad de contar con un tiempo ocioso de éste. Es necesario hacer una “rutina”.

Esto se puede lograr dividiendo cada máquina en subsistemas y haciendo a cada uno de ellos los estudios de trabajos necesarios para reponer su fiabilidad. El manual que se diseña para este caso es más sencillo que cualquiera de los usados en otro tipo de mantenimiento, ya que los cambios de piezas se harán solamente cuando éstas presenten fallas. Por lo anterior se dice que el mantenimiento progresivo, aunque es el menos costoso de todos, también es el que menor fiabilidad proporciona. (Boror, 2003).

2.27.3 Preventivo técnico.

Este es una combinación de los criterios establecidos para el mantenimiento periódico y para el progresivo; es decir, mientras en el mantenimiento periódico tenemos necesidad de contar con que el recurso tenga un tiempo ocioso suficiente para repararlo, o en su defecto, tener un recurso de reserva; y en el mantenimiento progresivo se está prácticamente a la expectativa de tiempos ociosos cortos, que coincidan aproximadamente con nuestras fechas programadas.

En el mantenimiento técnico se atiende al recurso por partes, progresando en él cada fecha programada, la cual está calculada por un analista auxiliándose de la información necesaria para conocer el grado de fiabilidad del equipo y poder deducir el tiempo para fallar de cada etapa, con lo cual su programación o rutina de atención obligaría a atender al recurso un poco antes del mencionado tiempo. (Boror, 2003).

2.28 Planeación en el mantenimiento.

La planeación en el mantenimiento se refiere a las herramientas que permitan establecer el tiempo en el cual se realizarán las actividades de conservación en la maquinaria, y a los documentos que se utilicen para generar dichas actividades es decir las ordenes de trabajo. (Boror, 2003).

2.29 Órdenes de trabajo

Boror (2003), todo trabajo de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, debe tener su origen en un documento escrito. Este documento, llamado orden de trabajo es elaborado en corto plazo, es decir, una o dos semanas antes de que se estime debe empezar la tarea y contener cuando menos los siguientes datos, para ser llenados antes y después de la realización de ésta:

- Número de orden
- Número de máquina
- Prioridad
- Descripción del equipo
- Trabajo solicitado
- Persona que lo solicita
- Fecha de solicitud
- Horas estimadas de trabajo
- Horas reales
- Costo de materiales
- Trabajo realizado
- Persona que realizó el trabajo
- Persona que recibe el trabajo
- Fecha de entrega

2.30 Ficha técnica.

En este documento se registran los principales datos de cada máquina. Se debe incluir toda aquella información que permita identificar a qué máquina pertenece la misma, además es importante colocar datos como:

- Equipo
- Tipo
- Número de identificación
- Capacidad
- Motor

Dentro de los datos del motor se incluyen los caballos de fuerza, las revoluciones por minuto, frecuencia, voltaje, amperaje, modelo, número de serie, entre otros. (Boror, 2003).

2.31 Programas de mantenimiento.

Los programas son listas o gráficos que muestran la interrelación de las actividades a desarrollar en los equipos o máquinas, enlazadas con el tiempo. Nos proporcionan la línea de conducta que ha de seguirse. Es importante establecer aspectos como quién debe hacer cada trabajo, el equipo, herramienta e insumos necesarios para llevarlo a cabo, entre otros. Boror (2003).

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental, definir el tipo de investigación, diseño de la investigación, técnica e instrumentos en la recolección de los datos, análisis, así como la metodología empleada para poder ejecutar y llevar a cabo dicho trabajo y cumplir satisfactoriamente con los objetivos planteados.

3.1 Nivel de la investigación.

El nivel de la investigación es de tipo descriptiva, debido a que se deben conocer las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

3.2 Tipo de investigación.

La investigación por su naturaleza es de campo y explicativa, esta busca estudiar la implementación del sistema de Bandas Transportadoras para el acarreo de material a granel, así como comparar el sistema actual bazuca con la banda transportadora.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. En el caso de ésta investigación se utiliza la técnica de observación directa, ya que el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o el fenómeno a investigar, tomando la información necesaria y registrándola para su posterior análisis. Para ésta investigación los instrumentos de recolección de datos serán las herramientas o equipos de medición de observación directa en los cuales el investigador obtendrá la información necesaria que facilite cumplir los objetivos planteados principalmente.

3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

El procesamiento es de tipo cuantitativo. Los datos recaudados de manera cuantitativa se expresan a través de puntajes o se codifican de manera numérica, la información se vacía en una base de datos o matriz para su análisis. Este tipo de datos se procesa a través de pruebas paramétricas, no paramétricas y análisis multivariados.

3.5 Aspectos administrativos.

3.5.1 Recursos materiales.

- Planos de planta proporcionados por la empresa.
- Planos de maquinarias existentes en la empresa.
- Hojas de cálculo proporcionadas por la empresa con información sobre los volúmenes y los tipos de material manejados en temporada de recepción.

3.5.2 Recursos humanos.

- Suministro de información por parte del tutor industrial de la investigación.
- Suministro de información por parte del personal administrativo de la empresa.
- Suministro de información por parte del personal técnico y empleados de la empresa.

3.6 Metodología utilizada en la investigación.

3.6.1 Estudiar la línea de recepción utilizada actualmente.

En el presente se evaluó la situación actual en la que se encuentra la empresa, se estudiarán las condiciones en las que se encuentran los equipos instalados y sin usos, se estudiarán la posibilidad de activar los mismos, además de presentarán una mejora de la línea de recepción que se utiliza actualmente.

3.6.2 Analizar los parámetros de operación de la línea existente.

Una vez estudiada la situación actual de la empresa se deben analizar los parámetros calculados y aprovecharlos al máximo para obtener una mejora en el proceso de recepción de material a granel, tomando en cuenta la capacidad de equipos instalados, producción vs tiempo, personal obrero.

3.6.3 Realizar el diseño mecánico en detalle de la futura línea de recepción.

Sólo se contempla el diseño de la fosa de recepción, la selección y dimensionamiento de los equipos de transporte de material, diseño de estructuras de soporte para estos equipos, diseño del acoplamiento de la línea de recepción con la línea de procesamiento y el diseño del sistema de automatización.

3.6.4 Elaborar un plan de mantenimiento y operación.

Una vez diseñada la nueva línea de recepción de material a granel, es de suma importancia un plan de mantenimiento que permita mantener los equipos instalados en perfecto estado y que no se produzca un descuido y deterioro rápido de estos.

3.6.5 Evaluar la rentabilidad económica del proyecto.

Esta fase consta en determinar si la solución planteada y ya diseñada, se convertirá en una inversión que produzca beneficios suficientes para justificar la inversión la línea de recepción, es decir, el objetivo principal es el de facilitar el trabajo del operario, incluso por encima del aumento de la producción, por lo que se debe estimar la inversión económica requerida para el proyecto, con lo que la empresa estimará si los beneficios de dicha inversión la justifican. Además, se debe conocer la opinión de la empresa con respecto la línea de recepción diseñada, para saber si cumple con las expectativas esperadas de una forma técnica, es decir, si podrá realizar todas las tareas requeridas.

CAPÍTULO IV

Cálculos y Análisis de Resultados

4.1 Estudio de la línea de recepción utilizada actualmente.

El proceso de recepción en la empresa C.R. Inagro, S.A inicia con la llegada de los camiones graneleros, estos una vez pesados se trasladan a la línea de recepción utilizada actualmente para comenzar con la descarga del material (Maíz en mazorca y materiales a granel), para la descarga de maíz en mazorca es utilizada una línea de recepción que consta de una banda transportadora y para el material a granel es utilizado un dispositivo denominado “Bazuca”, ambos productos son transportados a las cámaras de secado para llevar su humedad relativa alrededor de un 15% y así evitar el ataque de bacterias y hongos, finalmente son trasladados a la torre de procesamiento donde son preparados para su almacenamiento y posterior empaquetamiento. (Ver figura 4.1)

El equipo portátil denominado “Bazuca” existente en la planta, es una banda transportadora inclinada dentro de una carcasa cilíndrica metálica de 25,4 mm (10 pulg) de diámetro, la cinta transportadora en su interior de 28 cm de ancho es accionada por un motor eléctrico de 15 HP a 1760 rpm, en su salida posee una polea de 10 cm de diámetro acoplada por correa al tambor motriz de 38 cm de diámetro, logrando de ésta manera una reducción de velocidad.

Este dispositivo está equipado con un bastidor de dos ruedas para poderla movilizar, una pequeña tolva de recepción y un cono de descarga que permite recibir los materiales a granel. (figura 4.1).

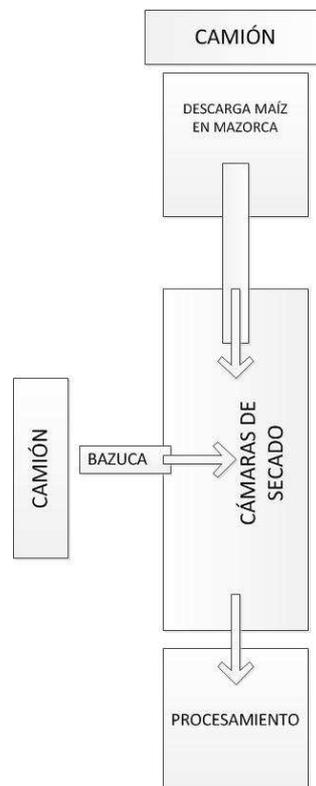


Figura 4.1 Esquema del sistema de recepción utilizado actualmente.

4.1.2 Dispositivos disponibles para el proceso de recepción de material a granel.

La empresa cuenta con una línea completa de procesamiento de semilla a granel, equipada con un sistema de secado del tipo secador de porción, pre-limpiadora, limpiadora, mesa gravimétrica, equipo de embolsado entre otros, que no está siendo utilizada actualmente y que puede ser reactivada partiendo del punto de inicio del diseño y construcción de la línea de recepción de materiales a granel. Para lograr trasladar el material desde el punto de descarga hasta el nivel de procesamiento, la empresa debe activar un elevador de cangilones disponible en la planta, de manera

que, se reciban los materiales, se transporten hasta el elevador y éste los entregue a la línea de procesamiento.

4.1.2.3 Capacidad del elevador de cangilones.

Para utilizar el elevador de cangilones en la nueva línea de recepción es necesario conocer la capacidad del mismo, pero esta información es desconocida en la empresa, lo cual se ha propuesto realizar el cálculo a partir de una observación y toma de datos en campo, con lo que se obtuvo lo siguiente.

4.1.2.4 Cálculo de la capacidad del elevador de cangilones.

A) Tipo de cangilón: AA (ver figura 2.22).

B) La tabla 4.1 indica la capacidad, el peso y el espesor del cangilón (ver tabla 2.24).

Tabla 4.1 Propiedades del cangilón. (Estrada, 2002).

Propiedades	Datos
Capacidad	0,068 pie ³
Espesor	3/32 pulg
Peso	7,55 lb
Capacidad corregida	0,051 pie ³

C) Velocidad del elevador de cangilones

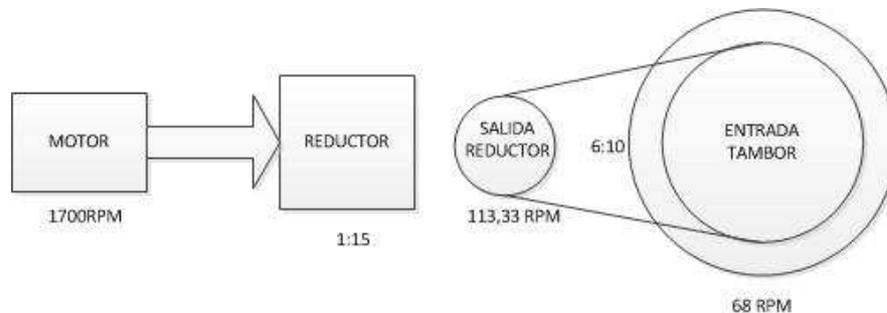


Figura 4.2 Transmisión de elevador de cangilones.

Se transforma la ω_{motor} de *rev/min* a *Rad/s*.

$$\omega_{motor} = 1700 \frac{rev}{min} \cdot \frac{1min}{60s} \cdot \frac{2\pi rad}{1rev} = 178,02 \frac{rad}{s}$$

La relación de transmisión del motor reductor $R_{t\ reductor}$ es la siguiente.

$$R_{t\ reductor} = \frac{1}{15} = 0,6667$$

Obteniendo así la velocidad del motor reducida en *Rad/s*.

$$\omega_{reductor} = 0,66677 * 178,02 \ (rad/s) = 11,868rad/s$$

La relación de transmisión del engranaje $R_{t\ engranaje}$ es la siguiente.

$$R_{t\ engranaje} = \frac{6}{10} = 0,6$$

Siendo la $\omega_{engranaje} = \omega_{tambor}$ se obtiene la $\omega_{engranaje} = \omega_{tambor}$ Reducida en *Rad/s*.

$$w_{\text{engranaje}} = w_{\text{tambor}} = 11,868 \text{ rad/s} * 0,6 = 7,12 \text{ rad/s}$$

Se determina la velocidad lineal del cangilón en (m/s).

$$V_{\text{lineal}} = w_{\text{tambor}} * r_{\text{tambor}}$$

$$V_{\text{lineal}} = 7,12 \text{ rad/s} * 0,35 \text{ m} = 2,492 \text{ m/s}$$

D) Cantidad de cangilón por metro de cinta transportadora.

$$0,21 \frac{\text{m}}{\text{cang}} = 4,762 \frac{\text{cang}}{\text{m}}$$

E) Velocidad de cangilón por segundo.

Aplicando la ecuación 2.53

$$4,762 \text{ cang/m} * 2,492 \text{ m/s} = 11,87 \text{ cang/s}$$

F) Capacidad del elevador.

Aplicando la ecuación 2.52 se obtiene la capacidad del elevador en m^3/s .

$$Cap_{\text{elevador}} = 0,051 \frac{\text{pie}^3}{\text{cang}} \cdot 11,87 \frac{\text{cang}}{\text{s}} = 0,60537 \frac{\text{pie}^3}{\text{s}} = 0,0171 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para lograr obtener un índice de referencia de la capacidad de transporte en ton/h es necesario utilizar un material de estudio, se selecciona la soya debido a que es el material con mayor densidad.

Densidad de la soya: **772 Kg/m³**

$$Cap_{soya} = 0,0171 \frac{m^3}{s} * 772 \frac{kg}{m^3} = 13,236 \frac{kg}{s} = 47,642 \frac{ton}{h}$$

4.2 Analizar los parámetros de operación de la línea existente.

Luego de la llegada de los camiones a la planta, su peso es medido por medio de una báscula y registrado por el personal administrativo para así permitir la descarga del material.

Para los camiones con material a granel (sorgo, arroz, caraota, frijol, girasol y soya) se utiliza un equipo de transporte de tipo bazuca. El camión se estaciona en el área de descarga y se posiciona la tolva de la bazuca debajo de una de las chivas de descarga del camión, este es un proceso lento puesto que la tolva debe estar bien posicionada para evitar el derrame de material, además la parte superior donde ocurre la descarga de material debe estar ubicada sobre la compuerta de la cámara de secado correspondiente, en caso de no lograr posicionar la tolva debajo de la chiva de descarga, se sueldan canaletas provisionales para guiar el flujo de granos hacia la misma.

Cuando la bazuca se encuentra en posición para la descarga, ésta es encendida para iniciar con la descarga del camión, se debe esperar a que se descargue el material por una de las chivas, en ocasiones este proceso es ayudado por un personal obrero el cual se encarga de arrumar el material remanente hacia las chivas de descarga. Para cumplir

con la operación de descarga de los camiones de material a granel la empresa se ve en la necesidad de asignar por lo menos cuatro (4) personas durante todo el proceso, esta situación es comprometedor ya que representa altos costos.

Para los camiones con maíz en mazorca el proceso de recepción es el mismo y a diferencia del material a granel estos son descargados y transportados por medio de una banda transportadora hasta las cámaras de secado.

4.2.1 Procesamiento de semillas y maíz en mazorca.

Cuando las semillas y el maíz en mazorca son recibidos, estos son almacenados en cámaras de secado, hasta que alcancen un 15% en humedad relativa y posteriormente se realiza el procesamiento de un tipo de material ya sea granel o maíz en mazorca, debido a que se cuenta con una línea de procesamiento activa solo se debe manejar un tipo de material a la vez, cuando se trata de semillas el proceso es muy delicado pues no se puede producir bajo ninguna circunstancia una mezcla de material.

Para evitar este problema, luego de procesar el material almacenado en una de las cámaras de secado, se realiza un proceso de limpieza a toda la línea de procesamiento, este debe ser eficiente por lo cual se dispone de gran cantidad de personal obrero y horas de trabajo, debido a ello se pierde tiempo valioso que puede ser utilizado para la producción, terminado el trabajo de limpieza se realiza el procesamiento de la siguiente cámara de secado y así sucesivamente.

Por todo lo ante expuesto la empresa se ve en la necesidad de activar la línea de procesamiento existente, de esta manera recibir y procesar maíz en mazorca por medio de una línea de recepción y material a granel por medio de otra, dando como resultado un trabajo de recepción y procesamiento en paralelo de semillas y maíz en mazorca, (la figura 4.3), representa un esquema de un posible sistema de recepción en paralelo.

Como resultado la empresa espera obtener un aumento en la producción de semillas, eliminar el cuello de botella generado en el procesamiento de semillas y maíz en mazorca, eliminar el tiempo perdido en limpieza y posicionamiento de materiales transportadores de semillas.

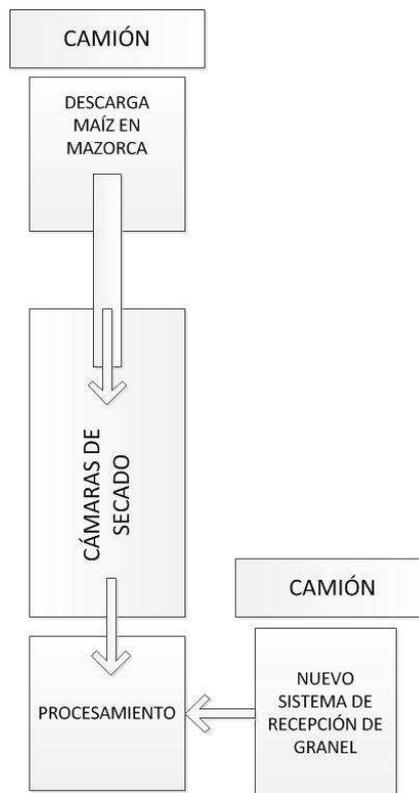


Figura 4.3 Esquema del sistema de recepción en paralelo

4.2.2 Capacidad del transportador tipo bazuca.

La empresa desea mejorar la capacidad de recepción de los equipos de manera que sea más eficiente el proceso de producción, la capacidad del transportador de bazuca es desconocida, pero con los datos recogidos en planta se procede a realizar su cálculo.

Relación de transmisión de entre los rodillos de la bazuca.

$$Rt = \frac{10}{38} = 0,2632$$

Velocidad del rodillo (*Rad/s*).

$$w_{rodillo} = (1760rpm) * (0,2632) = 463,232 rpm$$

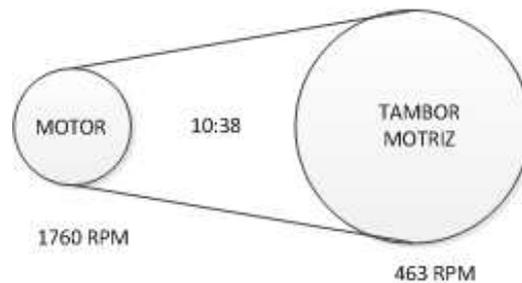


Figura 4.4 Relación de transmisión de la bazuca

$$463,232 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s} * \frac{2\pi rad}{1rev} = 48,5 rad/s$$

Velocidad lineal de la bazuca (*pie/min*).

$$V_{lineal} = \omega * r = 48,5 \frac{rad}{s} * \frac{0,38}{2} m = 9,215 m/s$$

$$9,25 \frac{m}{s} * \frac{3,28pie}{1m} * \frac{60s}{1min} = 1800 pie/min$$

4.2.3 Parámetros de la bazuca.

A) Selección del ángulo de sobrecarga (β).

De la tabla 2.1, conociendo el tipo de material a transportar y su ángulo de reposo, se selecciona un ángulo de sobrecarga (β) = 10°

B) Cálculo de la capacidad volumétrica teórica (m^3/h).

Utilizando las ecuaciones 2.9, 2.10 y 2.11 respectivamente se tiene:

Base de la sección Transversal

$$b = 0,90 * 0,28m - 0,05m = 0,202 m$$

Área de la sección transversal

$$A_t = \frac{1}{4} * (0,202 m)^2 * \tan 10^\circ = 0,00179 m^2$$

Capacidad volumétrica (m^3/h).

$$Q_v = 3600 s * 0,00179 m^2 * 9,144 m/s = 58,898 m^3/h$$

C) Cálculo de la capacidad volumétrica nominal $Q_n (m^3/h)$

Utilizando la ecuación 2.12 se tiene:

Factor por inclinación de carga k.

$$k = 1 - 1,64 \left[\frac{28,6^\circ * \pi}{180} \right]^2 = 0,591$$

Capacidad volumétrica nominal utilizando la ecuación 2.13 $Q_n (m^3/h)$.

$$Q_v = 3600 * 0,00179 m^2 * 9,144 \frac{m}{s} * 0,591 = 34,83 m^3/h$$

D) Calculo de la capacidad de transporte de la bazuca $Q_t (ton/h)$.

Para lograr obtener un índice de referencia de la capacidad de transporte en ton/h es necesario utilizar un material de estudio, se selecciona la soya debido a que es el material con mayor densidad.

Densidad de la soya: $772 Kg/m^3$

Utilizando la ecuación 2.14 se tiene la capacidad de transporte.

$$Q_c = \frac{772 \text{ Kg/m}^3 * 34,83 \text{ m}^3/h}{1000} = 26,889 \text{ ton/h}$$

Obtenida la capacidad de la bazuca, ésta se tomón en cuenta para la mejora de la producción de semillas a granel (maíz, soya, sorgo, caraota).

4.2.4 Registro de materiales y peso de los camiones recibidos.

La tabla 4.2 proporcionada por la empresa, muestra una data donde especifica los materiales que son recibidos en la empresa, de acuerdo a esta información se basó el estudio de la nueva línea de recepción, conociendo así las propiedades de los materiales con los cuales se trabajará.

La tabla 4.3 proporcionada por la empresa, muestra el peso de los camiones con los distintos materiales que son recibidos en la empresa.

Tabla 4.2 Propiedades de los materiales a transportar. (C.R Inagro. C.A)

Material	Estado	Densidad (Kg/m ³)	Promedio (Lbs/pie ³)	Angulo Desliz.	Angulo de reposo	Angulo de sobrecarga	Abrasividad
Arroz	Con cáscara	576,00	36,00	8	25	10	Moderada
Frijol	Granos	449,00	28,00	16	25	10	Moderada
Soya	Granos	772,00	48,00	16	25	10	Fuerte
Sorgo	Granos	640,00	40,00	13	29	10	Moderada
Girasol	Con cáscara	412,00	25,00	12	27	10	Fuerte
Caraota	Granos	449,00	28,00	16	25	10	Moderada

Tabla 4.3 Peso promedio de camiones recibidos en la empresa. (C.R Inagro. C.A).

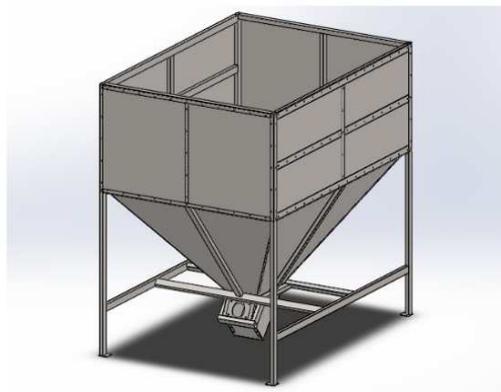
Materiales	Peso Bruto (Kg)	Peso Neto (Kg)	Tara (Kg)
Frijol	44700	29395	15305
Sorgo	51380	32320	19060
Arroz	43600	28150	15450
Soya	65790	45130	20660
Girasol	38260	19030	19230
Caraota	42830	27060	15770

4.3 Diseño mecánico en detalle de la futura línea de recepción.

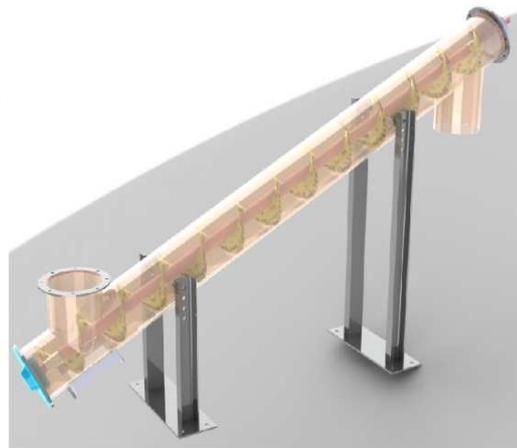
Para el desarrollo de la futura línea de recepción es de suma importancia la búsqueda de soluciones al problema planteado en el capítulo I, el cual se va elaborar mediante el uso de tormenta de ideas, para ser evaluadas mediante el criterio de ponderación y seleccionar la más adecuada de acuerdo a los criterios establecidos.

4.3.1 Diseños planteados.

- Diseño uno. El material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplado a un tornillo sin fin inclinado, accionado por un grupo motoreductor, cuya función es transportar el material hasta un elevador de cangilones existente en la planta, que finalmente entregará dicho material a la línea de procesamiento.



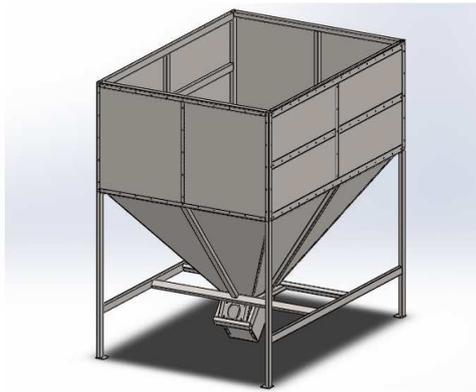
A) Tolva de recepción



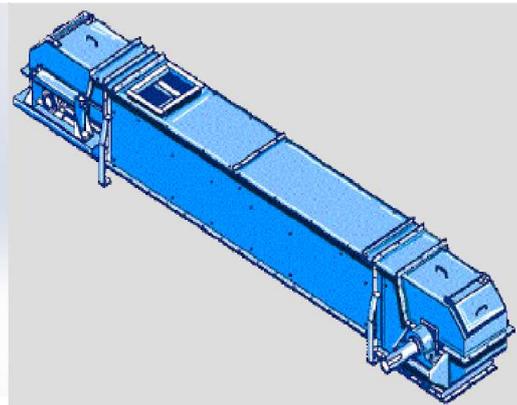
B) Transportador de tornillo sin fin

Figura 4.5 Esquema de diseño uno. (www.grabcad.com)

- Diseño dos. El material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplado a un transportador de paletas inclinado con transmisión de cadena, accionado por un grupo motoreductor, cuya función es transportar el material hasta un elevador de cangilones existente en la planta, que finalmente entregara dicho material a la línea de procesamiento.



A) Tolva de recepción



B) Transportador de tornillo sin fin

Figura 4.6 Esquema de diseño dos. (www.grabcad.com)

- Diseño tres. El material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplada una banda transportadora inclinada, el tambor motriz ubicado en la zona de descarga es accionado por un grupo motoreductor, el tambor de retorno ubicado en la zona de recepción cuenta con un tensor de husillo, la función de la banda es transportar el material hasta un elevador de cangilones existente en la planta, que finalmente entregará dicho material a la línea de procesamiento.

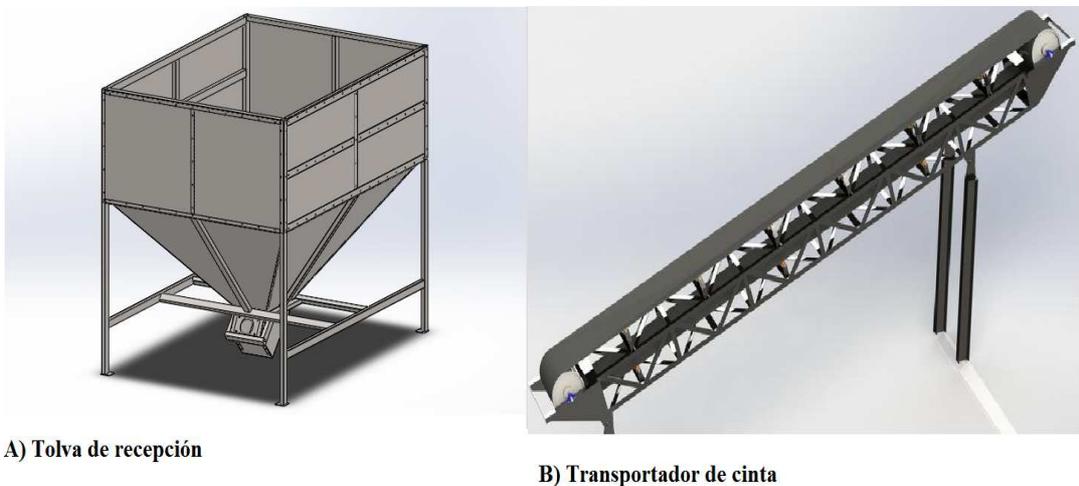


Figura 4.7 Esquema de diseño tres. (www.grabcad.com).

- Diseño cuatro. El material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplado a un transportador de cangilones con transmisión de cadena inclinado, accionado por un grupo motoreductor, cuya función es transportar el material hasta un elevador de cangilones existente en la planta, que finalmente entregará dicho material a la línea de procesamiento.

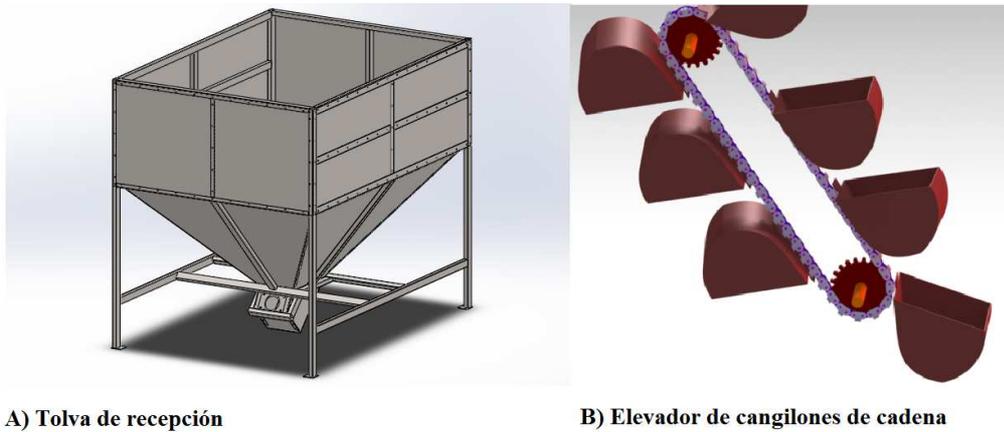


Figura 4.8 Esquema de diseño cuatro. (www.grabcad.com).

- Diseño cinco. EL material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplado a un transportador de cangilones con transmisión de correa inclinado, accionado por un grupo motoreductor, cuya función es transportar el material hasta un elevador de cangilones existente en la planta, que finalmente entregará dicho material a la línea de procesamiento.

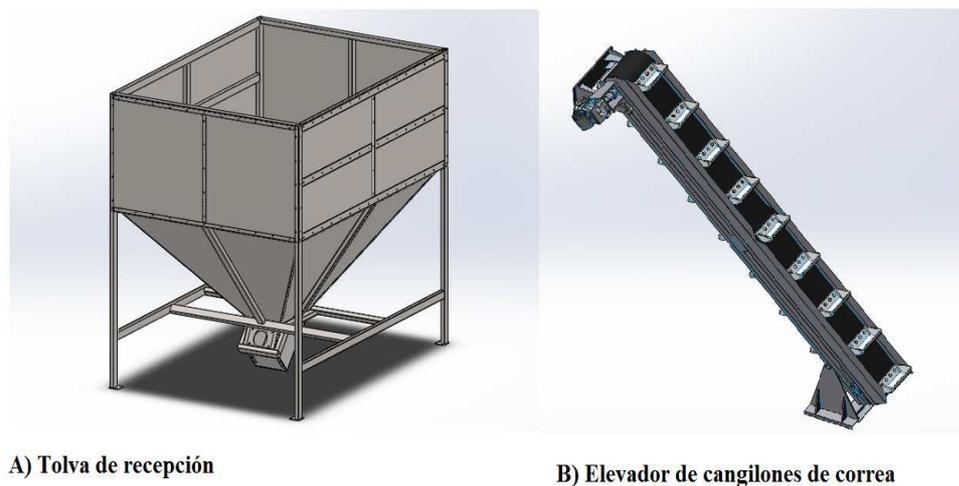
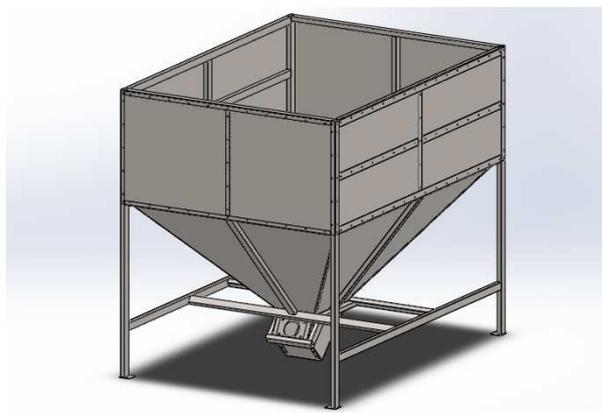
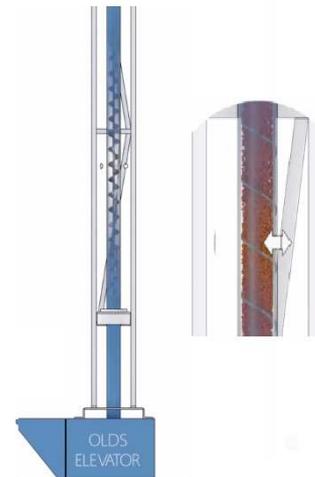


Figura 4.9 Esquema de diseño cinco. (www.grabcad.com).

- Diseño seis. El material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplado a un elevador de Olds inclinado, accionado por un grupo motoreductor, cuya función es transportar el material hasta un elevador de cangilones existente en la planta, que finalmente entregará dicho material a la línea de procesamiento.



A) Tolva de recepción



B) Elevador de cangilones tipo olds

Figura 4.10 Esquema de diseño seis. (www.grabcad.com).

- Diseño siete. El material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplado a un transportador de cadena de arrastre tubular inclinado, accionado por un grupo motoreductor, cuya función es transportar el material hasta un elevador de cangilones existente en la planta, que finalmente entregará dicho material a la línea de procesamiento.

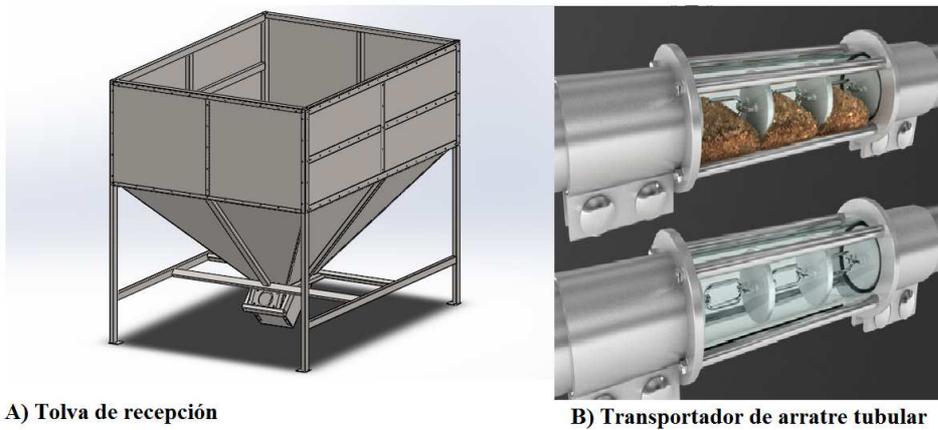
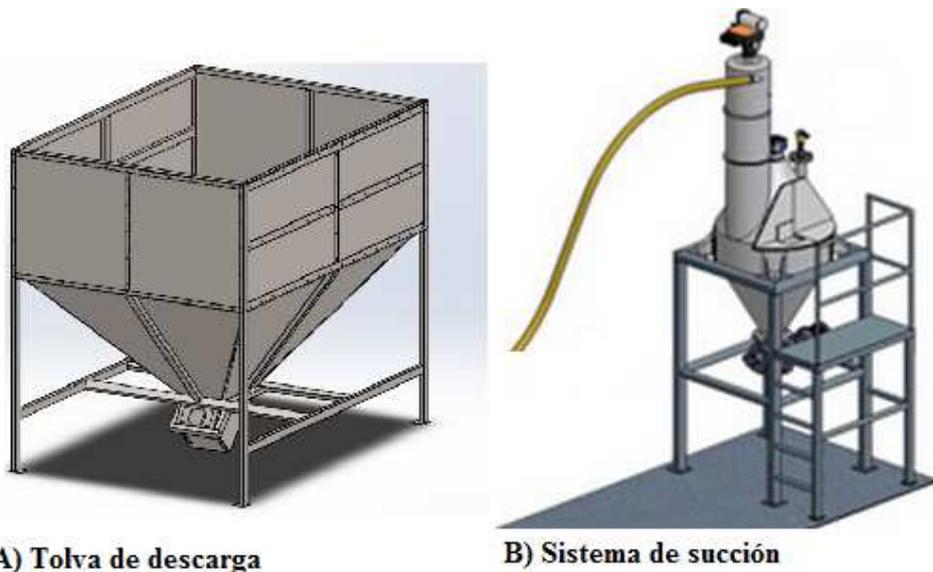


Figura 4.11 Esquema de diseño siete. (www.grabcad.com).

- Diseño ocho.** El material es descargado en una tolva de recepción ubicada a nivel del suelo, en el fondo de la misma se encuentra acoplado a un sistema de succión neumática, el principio del transporte neumático por vacío se basa en la utilización de un eyector Venturi, como generador de vacío. Este eyector es accionado por aire comprimido que puede ser suministrado directamente desde la red, y circula a través del filtro integrado en la tolva transportadora. El control de la bomba puede ser automatizado. El cierre de la válvula de fondo permite generar vacío en la tolva y en la tubería de transporte, inclinando la aspiración de materiales desde la tolva de recepción. Durante la fase de transporte, el filtro integrado en el transporte evita que el polvo llegue a la bomba de vacío y, posteriormente al área de trabajo. Es un sistema totalmente cerrado. En la fase de aspiración, el calderín se llena de aire comprimido que se liberará una vez terminada la aspiración. Una vez se trasvasa la cantidad establecida (por cantidad o por tiempo), la bomba de vacío se detiene, abriéndose la válvula para la descarga por gravedad de la tolva. Simultáneamente el aire comprimido acumulado limpia el filtro integrado en la tolva.



A) Tolva de descarga

B) Sistema de succión

Figura 4.12 Esquema de diseño ocho. (www.grabcad.com).

A continuación la tabla 4.4 indica las ventajas y desventajas cada uno de los diseños planteados.

Tabla 4.4 Ventajas y desventajas de los diseños planteados

Nro. PS	Posible solución	Ventajas	Desventajas
1	Tornillo Sinfín	Bajo Costo	Dificultad en mantenimiento
		Alta Capacidad	
		Autolimpiante	Maltrato de semillas
2	Transportador de Paletas	Fácil Diseño	Dificultad en mantenimiento
		Alta Capacidad	
		Autolimpiante	
3	Banda Transportadora	Alta capacidad	Poca generación de polvo
		Bajo Costo	
		Adaptable al terreno	
4	Transportador de Cangilones de Cadena	Bajo Costo	Genera polvo
		Alta Capacidad	Difícil mantenimiento
			Genera chipas

Tabla 4.4 Ventajas y desventajas de los diseños planteados. (Continuación).

Nro. PS	Posible solución	Ventajas	Desventajas
5	Transportador de Cangilones de correa	Bajo costo	Genera polvo
		Fácil diseño	Dificultad de mantenimiento
		Alta capacidad	
6	Elevador de Olds	Bajo costo	Alto costo de mantenimiento
		Buen trato de material	Baja capacidad
7	Transportador de arrastre de cadena tubular	Buen trato de material	Dificultad de diseño
		Autolimpiante	Alto costo
			Baja capacidad
8	Transportador de succión neumática	Autolimpiante	Alto costo
		Fácil diseño	Baja capacidad

4.3.2 Criterios de selección.

Los criterios de selección utilizados serán evaluados en una matriz morfológica la cual va a dar como resultado la selección de la solución.

Aplicación de restricciones.

R1: el sistema a diseñar es autolimpiante.

R2: la solución preliminar planteada fue aprobada por los representantes de la empresa.

R3: las dimensiones del dispositivo se adaptan al área de trabajo disponible.

La tabla 4.5 indica que diseño cumple con cada una de las restricciones planteadas.

Tabla 4.5 Cumplimiento de restricciones.

CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8
R1	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
R2	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO
R3	SI							

La tabla 4.6 indica los diseños seleccionados que cumplen con las restricciones.

Tabla 4.6 Posibles soluciones después de restricciones.

Nro. de solución	Posibles soluciones	Diseño
S1	Transportador de paleta	Dos
S2	Banda transportadora	Tres
S3	Transportador de cangilones de correa	Cinco
S4	Transportador de cadena de arrastre tubular	Siete

Aplicando criterios de selección.

C1: Mayor resistencia a la abrasividad.

C2: Menor maltrato del material.

C3: Mayor seguridad del operario.

C4: Mayor capacidad de transporte.

C5: Menor costo de implementación.

Las tablas 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 y 4.11, indica la aplicación de los criterios de selección a los diseños seleccionados.

Tabla 4.7 Aplicación de criterio nro.1

C1	S1	S2	S3	S4	VECES	PX1=N
S1					0	P11= 1
S2	S2				3	P21= 4
S3	S3	S2			2	P31= 3
S4	S4	S2	S3		1	P41= 2

Tabla 4.8 Aplicación de criterio nro.2

C2	S1	S2	S3	S4	VECES	PX2=N
S1					2	P12= 3
S2	S2				3	P22= 4
S3	S1	S2			1	P32= 2
S4	S1	S2	S3		0	P42= 1

Tabla 4.9 Aplicación de criterio nro.3

C3	S1	S2	S3	S4	VECES	PX3=N
S1					1	P13= 2
S2	S2				3	P23= 4
S3	S1	S2			0	P33= 1
S4	S4	S2	S4		2	P43= 3

Tabla 4.10 Aplicación de criterio nro.4

C4	S1	S2	S3	S4	VECES	PX4=N
S1					2	P14= 3
S2	S2				3	P24= 4
S3	S1	S2			1	P34= 2
S4	S1	S2	S3		0	P44= 1

Tabla 4.11 Aplicación de criterio Nro 5

C5	S1	S2	S3	S4	VECES	PX5=N
S1					1	P15= 2
S2	S2				3	P25= 4
S3	S3	S2			2	P35= 3
S4	S1	S2	S3		0	P45=1

4.3.3 Selección de la mejor solución.

La tabla 4.12 indica la selección de la mejor solución mediante el criterio de ponderación.

Tabla 4.12 Criterio de ponderación para la mejor solución

PCX	P1X	PCX*P1X	P2X	PCX*P2X	P3X	PCX*P3X	P4X	PCX*P4X
PC1= 2	P11= 1	2	P21= 4	8	P31= 3	6	P41= 2	4
PC2= 4	P12= 3	12	P22= 4	16	P32= 2	8	P42= 1	4
PC3= 5	P13= 2	10	P23=4	20	P33= 1	5	P43= 3	15
PC4= 1	P14= 3	3	P24=4	4	P34= 2	2	P44= 1	1
PC5= 3	P15= 2	6	P25=4	12	P35=3	9	P45= 1	3
		X1=33		X2=60		X3=30		X4=27

De la tabla 4.12 se aprecia que la mejor solución es la numero dos (2), siendo el diseño número tres (3).

4.3.4 Diseño de los elementos de la línea de recepción.

4.3.4.1 Diseño de la rejilla de recepción.

La rejilla de recepción es la encargada de soportar el peso de los camiones completamente cargados, ésta tendrá forma rectangular de 3 m de ancho debido al ancho del camión y 2 m de largo para poder cubrir las compuertas de los camiones donde se descarga el material. Lo que se desea evitar es el derrame de material, para ello se selecciona una medida de 3x2 metros.

A continuación se presentan las cargas que debe soportar la rejilla de recepción, tomando en cuenta el camión completamente cargado de semillas.

De acuerdo a la norma COVENIN 614/1997 el peso máximo permitido es de 48 toneladas para camiones con remolque, tomando un factor de seguridad para el diseño de la rejilla de $N = 1,5$ se tiene que:

$$\text{Carga máxima de estudio} = 48 \text{ ton} \cdot 1,5 = 72 \text{ ton} = 705,6 \text{ KN}$$

Se realiza el cálculo correspondiente para obtener las reacciones con las cuales se hará el diseño de la rejilla de la tolva de recepción.

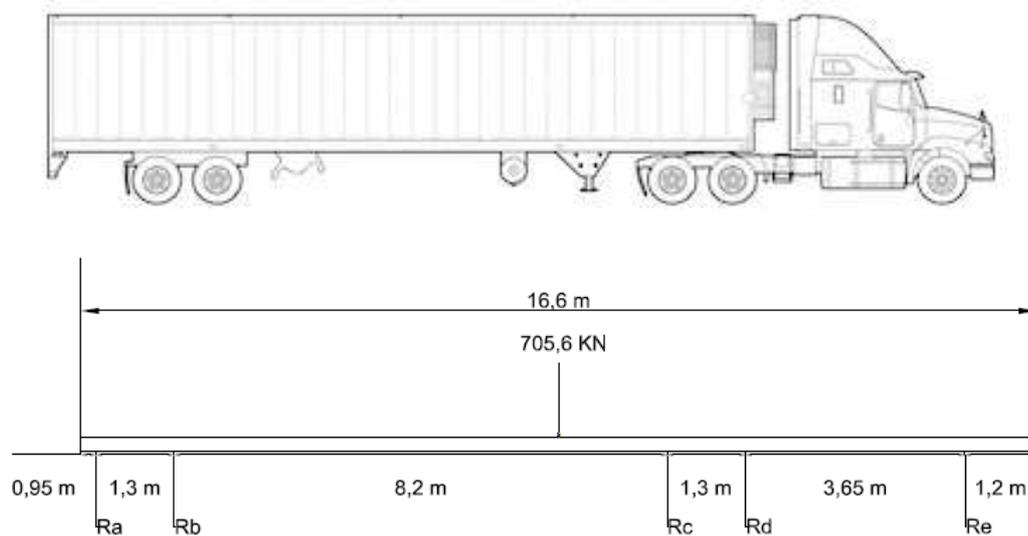


Figura 4.13 Reacciones que genera el camión cargado

Haciendo una sumatoria de momentos en todos los puntos donde hay reacciones, se tiene que:

$$\Sigma M_a = 0$$

$$\Sigma M_a = 1,3m \cdot R_b - 7,35m \cdot (705,6 \text{ kN}) + 9,5m \cdot R_c + 10,8m \cdot R_d + 14,45m \cdot R_e = 0$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$\Sigma M_b = -1,3m \cdot R_a - 6,05m \cdot (705,6 \text{ kN}) + 8,2m \cdot R_c + 9,5m \cdot R_d + 13,15m \cdot R_e = 0$$

$$\Sigma M_c = 0$$

$$\Sigma M_c = -9,5m \cdot R_a - 8,2m \cdot R_b + 2,15m \cdot (705,6 \text{ kN}) + 1,3m \cdot R_d + 4,95m \cdot R_e = 0$$

$$\Sigma M_d = 0$$

$$\Sigma M_d = -10,8m \cdot R_a - 9,5m \cdot R_b + 3,45m \cdot (705,6 \text{ kN}) - 1,3m \cdot R_c + 3,65m \cdot R_e = 0$$

$$\Sigma M_e = 0$$

$$\Sigma M_e = -14,45m \cdot R_a - 13,15m \cdot R_b + 7,1m \cdot (705,6 \text{ kN}) - 4,95m \cdot R_c - 3,65m \cdot R_d = 0$$

Resolviendo las ecuaciones se obtiene:

$$R_a = 136,597 \text{ KN} = 13929,017 \text{ kg}$$

$$R_b = 137,412 \text{ KN} = 14012,124 \text{ kg}$$

$$R_c = 142,556 \text{ KN} = 14536,665 \text{ kg}$$

$$R_d = 143,372 \text{ KN} = 14619,875 \text{ kg}$$

$$R_e = 145,662 \text{ KN} = 14853,390 \text{ kg}$$

Para el diseño de la rejilla de recepción se tomarón las reacciones que realizan fuerza sobre la rejilla como carga de estudio, con el fin de garantizar que no exista una falla mecánica en el momento de descarga de los camiones.

4.3.4.2 Consideraciones de diseño de la rejilla.

- Tamaño de la rejilla 3230x2740 mm.
- Fuerza del camión sobre la rejilla 274 kN.
- Material a seleccionar AISI 1045.
- Láminas de 10x70 mm.
- Las láminas están espaciadas entre si 70 mm para evitar que la bota de algún trabajador quede atrapada.

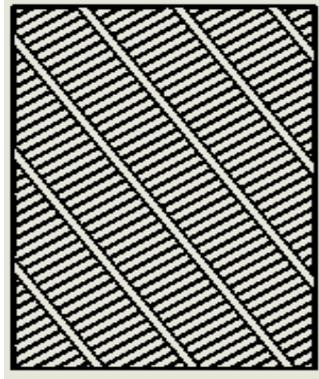


Figura 4.14 Diseño de rejilla de fosa de recepción

4.3.4.3 Análisis de esfuerzo estáticos a la rejilla de recepción.

Las figuras 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18 representan los análisis de esfuerzos estáticos realizados mediante la herramienta de diseño Solidworks a la rejilla de recepción permitiendo así evaluar el comportamiento del modelo bajo las consideraciones de diseño.

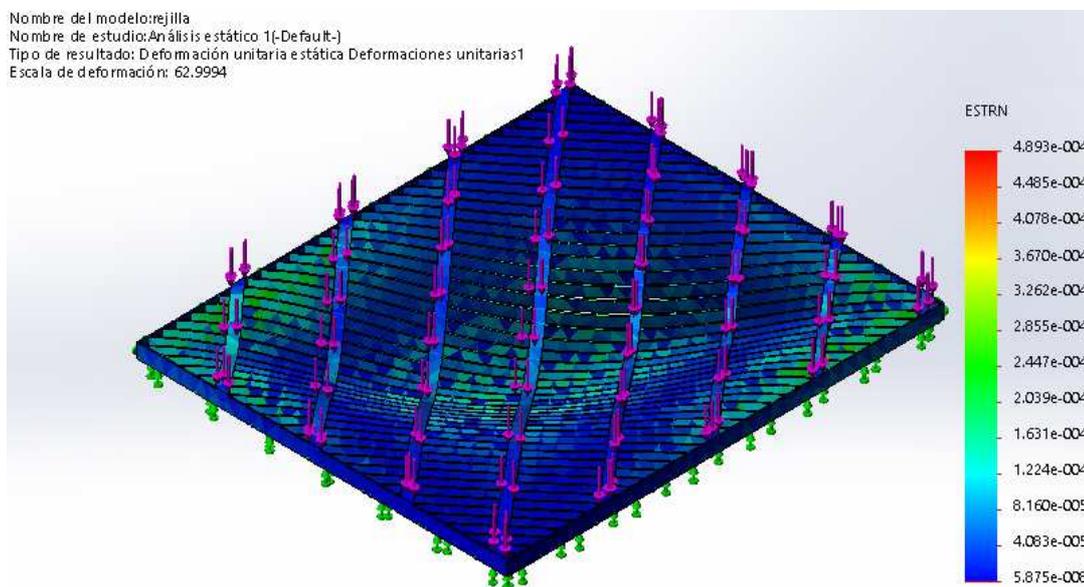


Figura 4.15 Deformación unitaria estática de la rejilla de recepción

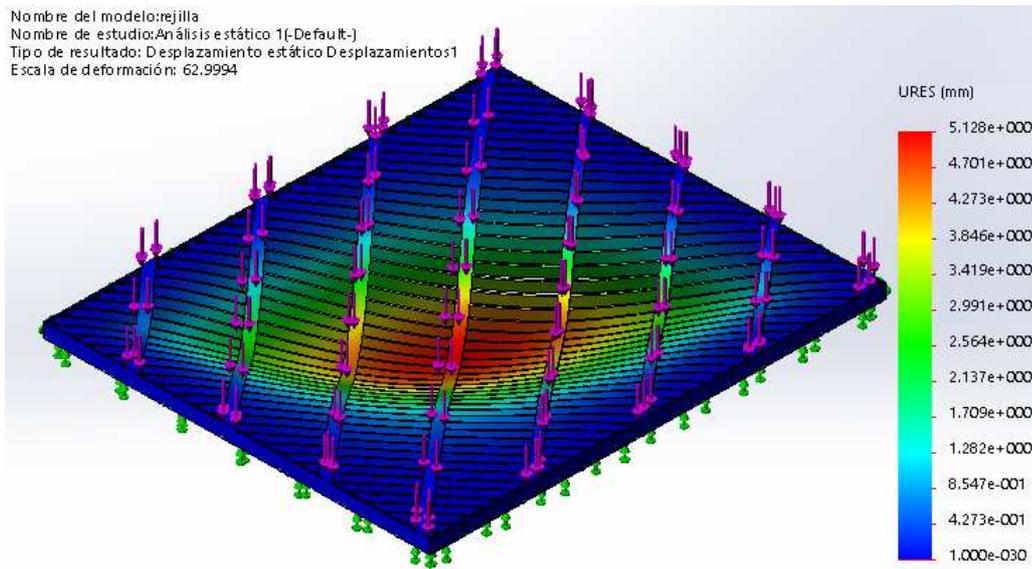


Figura 4.16 Desplazamiento estático de la rejilla de recepción

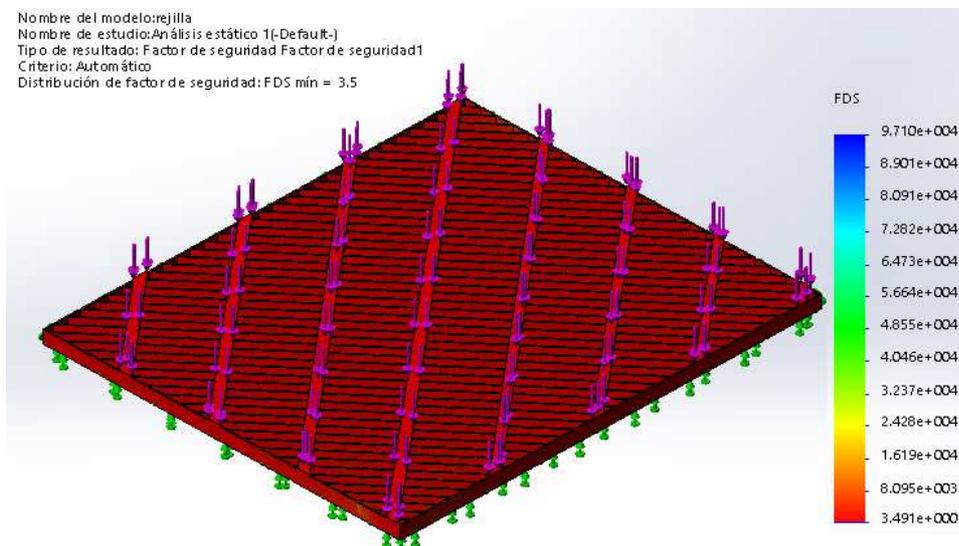


Figura 4.17 Factor de seguridad de la rejilla de recepción

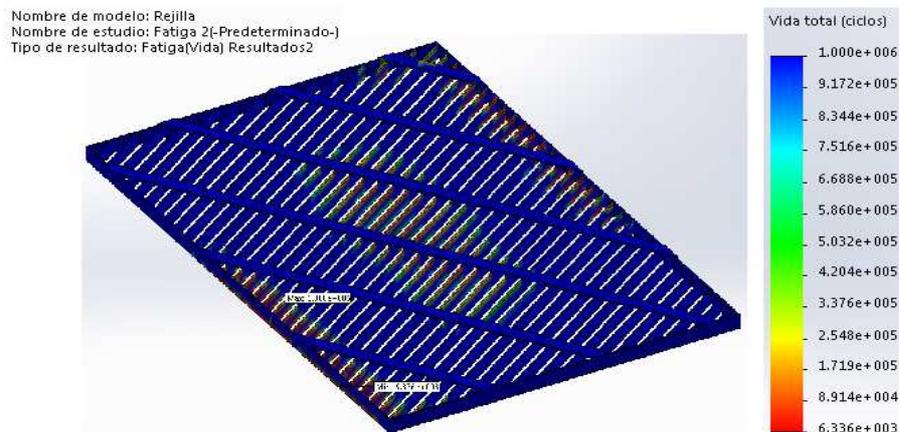


Figura4.18 Diseño a fatiga de la rejilla de recepción (vida total)

Como resultado de los análisis de esfuerzos estáticos aplicando una carga de 274 kN a la rejilla de recepción, se obtiene un desplazamiento máximo de 5 mm, un factor de seguridad de 3,5 y una vida útil de 6340 ciclos.

4.3.4.4 Diseño de la tolva de recepción.

La boca de la tolva debe tener 3 m de ancho por 2 m de largo para que abarque el área de las compuertas de descarga de los camiones, debe también tener una profundidad de 1,35 m determinada por los ángulos necesarios para el deslizamiento del material. Está fabricada de láminas de acero para que soporte las condiciones climáticas y para amortiguar el golpe que recibe la semilla en la caída, manteniendo así los porcentajes de germinación, además la boca de descarga debe estar cercana a la estación de recepción de la banda transportadora para poder descargar el material en los rodillos de impacto, la tolva debe contar con un difusor antes de la boca de descarga para soportar parte de la carga de manera que no recaiga completamente sobre la banda y la canaleta de descarga.

Debido a la cantidad de material que va a recibir la tolva, ésta debe contar con una estructura que soporte el peso de la tolva más la carga que ésta pueda almacenar en caso tal de que ocurra una parada de emergencia en el momento de la descarga.

Consideraciones de diseño

- Boca de recepción de la tolva 3x2 m.
- Profundidad de la tolva 1,635 m.
- Difusor de material a granel.
- Soporte de tolva, material de diseño perfil IPN 100.
- Material de diseño de la tolva: Acero galvanizado.



Figura 4.19 Diseño de la tolva de recepción y estructura de soporte

4.3.4.5 Análisis de esfuerzo estáticos a la tolva de recepción y estructura de soporte.

Las figuras 4.20, 4.21 y 4.22 representan el análisis mediante la herramienta de diseño Solidworks que se le realizó a la tolva y a la estructura sometida a esfuerzo, tomando en cuenta las consideraciones de diseño para su evaluación.

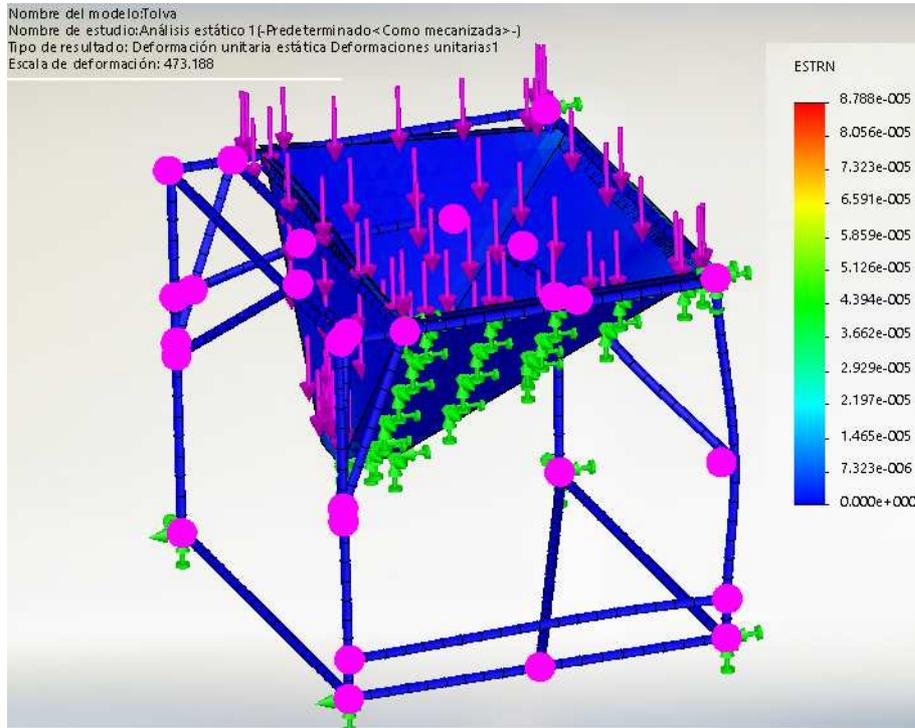


Figura 4.20 Deformación unitaria estática de la tolva de recepción

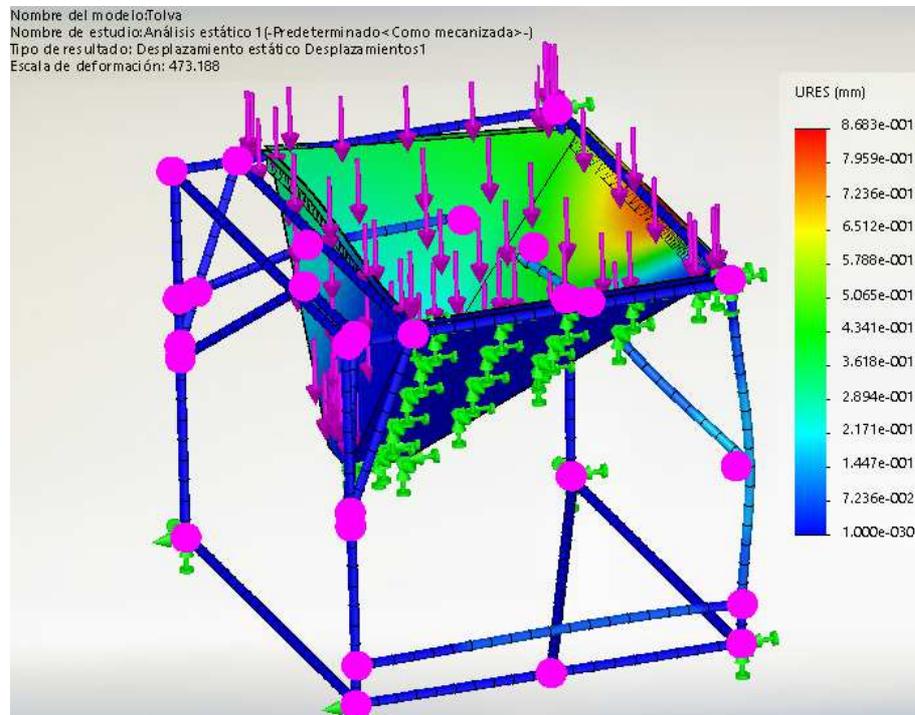


Figura 4.21 Desplazamiento estático de la tolva de recepción

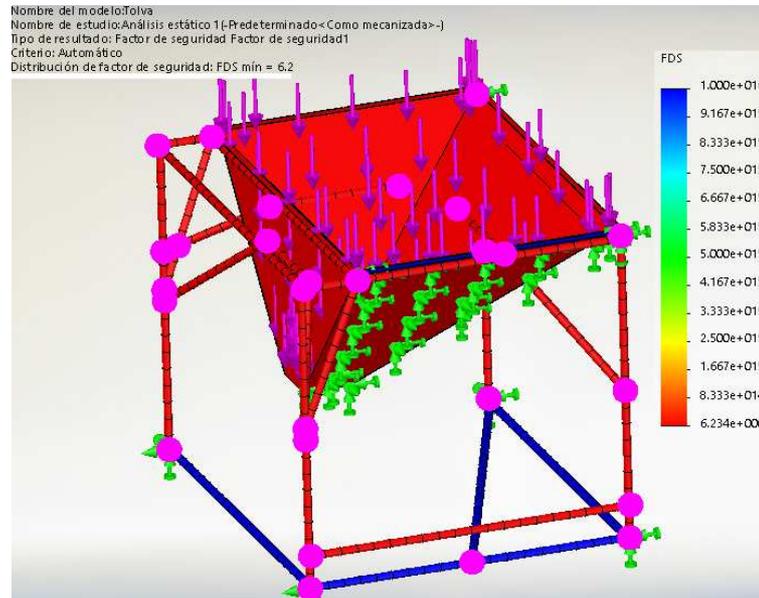


Figura 4.22 Factor de seguridad de la tolva de recepción.

Como resultado de los análisis de esfuerzos estáticos aplicando una carga de 3 kN a la tolva de recepción, se obtiene un desplazamiento máximo de 8 mm y un factor de seguridad de 6,2.

4.3.5 Diseño de la banda transportadora.

4.3.5.1 Consideraciones de diseño.

La capacidad de transporte de la banda transportadora debe ser menor a la capacidad de transporte del elevador de cangilones, para evitar ahogamiento de los equipos, se debe adaptar al terreno de trabajo.

4.3.5.2 Ancho y velocidad de la banda transportadora.

Para la selección del ancho y velocidad de la banda hacemos referencia a la tabla 2.2 y 2.3 respectivamente, para el uso de un material con una densidad aproximada de $D < 0,8 \text{ Ton/m}^3$ (granos finos).

Ancho de banda: 500 mm. (20 pulg).

La velocidad de la banda recomendada para un ancho de banda de 500mm según la tabla 2.3 es:

Velocidad de banda: $3,15\text{m/s}$.

4.3.5.3 Capacidad volumétrica teórica $Q_v(\text{m}^3/\text{h})$.

Para poder obtener el valor de la capacidad volumétrica de la banda es necesario realizar el cálculo de los siguientes parámetros.

A) Base de la sección transversal haciendo uso de la ecuación 2.9.

$$b = 0,90 * 0,5\text{m} - 0,05\text{m} = 0,40\text{ m}$$

B) Área de la sección transversal haciendo uso de la ecuación 2.10.

$$A_t = \frac{1}{4} * (0,40\text{ m})^2 * \tan 10^\circ = 0,00705\text{ m}^2$$

Una vez obtenidos los parámetros se procede a realizar el cálculo de la capacidad volumétrica teórica de la banda a través de la ecuación 2.11.

$$Q_v = 3600\text{ s} * 0,00705\text{ m}^2 * 3,15\text{ m/s} = 79,98\text{ m}^3/\text{h}$$

4.3.5.4 Capacidad volumétrica nominal $Q_n(\text{m}^3/\text{h})$

En vista que la banda transportadora estará inclinada alrededor de $33,47^\circ$ debido a condiciones de espacio, su capacidad teórica debe ir multiplicada por un factor k debido a la inclinación y a las rugosidades existentes en la banda, haciendo uso de la tabla 2.4 k es igual a 0,75.

Conocido el factor de inclinación, a través de la ecuación 2.13 se realiza el cálculo de la capacidad nominal.

$$Q_n = 0,75 * 79,98 \text{ m}^3/\text{h} = 59,985 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.3.5.5 Capacidad de Transporte Q_t (ton/h)

Para lograr obtener un índice de referencia de la capacidad de transporte en (ton/h) es necesario utilizar un material de estudio, se selecciona la soya debido a que es el material con mayor densidad.

Densidad de la soya: 772 Kg/m^3

A partir de la ecuación 2.14 se determina la capacidad de transporte en (ton/h).

$$Q_t = \frac{772 \text{ Kg/m}^3 * 59,985 \text{ m}^3/\text{h}}{1000} = 46,308 \text{ ton/h}$$

4.3.5.6 Fuerzas que actúan en una banda transportadora.

Para ejecutar el trabajo de la banda transportadora ésta requiere de una potencia que es suministrada por un motor que acciona a un tambor conductor o motriz. El torque del motor se transmite en la forma de una fuerza tangencial en la superficie del tambor motriz. Este es el empuje o fuerza requerida por la banda para mover el material desde un punto A hasta un punto B y está compuesta de la suma de las siguientes fuerzas:

- a) Fuerza necesaria para mover la banda vacía y los componentes que giran por ella.
- b) Fuerza necesaria para desplazar la carga horizontalmente.
- c) Fuerza necesaria para elevar o bajar la carga.

Para el cálculo de las fuerza se deben conocer ciertos parámetros como lo son el coeficiente de fricción por partes móviles (f) y por la longitud de la banda(C), además del peso de las partes móviles de la misma(G).

El coeficiente de fricción (f) es seleccionado de la tabla 2.5 con condiciones valores estándar con ambiente normal de trabajo $f = 0,02$.

El coeficiente de fricción por longitud de banda (C) es calculado a través de la ecuación 2.15.

$$C = 15,9 * 4,84^{-0,61} + 0,77 = 6,85$$

4.3.5.7 Peso de las partes móviles (G).

G se obtienen de tablas realizadas por fabricantes considerando el peso específico del material y el ancho de la banda.

De la tabla 2.6 para un ancho de banda de 500 mm y un pesos específico de 772 kg/m^3 se selecciona el distanciamiento entre rodillos superiores e inferiores:

$$s_1 = 1,482 \text{ m}$$

$$s_2 = 3,0 \text{ m}$$

Utilizando la tabla 2.7 se obtiene el peso de los rodillos superiores e inferiores:

$$G_{ro} = 3,5 \text{ kg}$$

$$G_{ru} = 3,5 \text{ kg}$$

De la tabla 2.8 se obtiene el peso de la banda:

$$G_b = 6,0 \text{ kg/m}$$

A través de la ecuación 2.16 se obtiene el peso de las partes móviles que maneja la banda transportadora.

$$G = \frac{(2 * 6,0) kg}{m} + \frac{3,5 kg}{1,482 m} + \frac{3,5 kg}{3,0 m} = 15,52 kg/m$$

A) Fuerza para mover la Banda en vacío F_1

De la ecuación 2.17 se obtiene el valor de F_1 .

$$F_1 = (6,85 * 0,020 * 4,84 m * 15,52 kg/m) * 9,81 m/s^2 = 100,85 N$$

B) Fuerza necesaria para desplazar la carga horizontalmente F_2 .

De la ecuación 2.18 se obtiene el valor de la fuerza F_2 .

$$F_2 = \left[\frac{6,85 * 0,020 * 4,84 m * 46,308 ton/h}{3,6 * 3,15 m/s} \right] 9,81 m/s^2 = 26,5630 N$$

C) Fuerza necesaria para elevar o bajar la carga F_3

De la ecuación 2.19 se obtiene el valor de la fuerza F_3

$$F_3 = \left[\frac{3,2 * 46,308 ton/h}{3,6 * 3,15 m/s} \right] 9,81 m/s^2 = 128,19 N$$

4.3.5.8 Potencia de la banda.

En instalaciones grandes, la longitud de la guía de carga y la fricción entre el caucho y la banda, generan resistencias adicionales que deben ser consideradas y deben sumarse a la potencia nominal, para ello es necesario el cálculo de este tipo de potencia (P_s), la cual se puede desarrollar a través de la ecuación 2.20.

Se considera el uso de guías de carga de 0,30 m de longitud, para guiar al material justo en el punto donde recibe la carga la banda.

$$P_s = 0,08 * 3,15 \text{ m/s} * 0,30 \text{ m} = 0,0756 \text{ kW}$$

4.3.5.9 Potencia teórica (P)

La potencia teórica (P) es determinada a través de la ecuación 2.21. Tomando en cuenta que la potencia debido a carro descargadores o trippers (Pa) es cero (0), debido a que este tipo de descargadores no va incluido en el diseño, queda determinada la potencia teórica de la siguiente forma.

$$P = \frac{[100,85 \text{ N} + 26,5630 \text{ N} + 128,19 \text{ N}] * 3,15 \text{ m/s}}{1000} + 0,0756 \text{ kW} + 0 \text{ kW}$$

$$P = 0,88075 \text{ kW}$$

4.3.5.10 Potencia del motor.

Para el cálculo de la potencia del motor se debe tomar en cuenta la eficiencia del mismo (ϵ) que se estima en un rango de 85% y 95%, además se considera la eficiencia de la transmisión para tornillo sinfín del moto reductor, con una relación de transmisión entre 20:1 y 60:1 de la tabla 2.10 se obtiene un valor par .

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, utilizando la ecuación 2.22 se obtiene la potencia del motor.

$$P_m = \frac{0,881 \text{ KW}}{0,90 * 0,70} = 1,398 \text{ kW}$$

4.3.5.11 Tensiones en la banda.

Entre las tensiones que se presentan en las bandas se tiene la tensión efectiva (T_e) que se encarga de transmitir la potencia del motor a la banda, y es determinada por la ecuación 2.23, una vez conocida la potencia total (P).

$$T_e = \frac{1000 * 0,881 \text{ kW}}{3,15 \text{ m/s}} = 279,68 \text{ N}$$

La tensión del lado apretado (T_1) es determinada por la ecuación 2.24, pero se debe determinar el valor que depende del arco de contacto entre la correa y el tambor, factor (m), mediante la ecuación 2.25.

$$m = 1 + \left[\frac{1}{e^{\frac{0,40 * 180 * \pi}{180} - 1}} \right] = 1,398$$

En el caso de la banda que se diseñó, se utilizó un tensor de husillo o corredera, debido a esto, es necesario aumentar el coeficiente de accionamiento un 20% para contrarrestar las fluctuaciones de las tensiones del sistema.

$$m_{\text{corregido}} = 1,398 * 1,20 = 1,677$$

Quedando la T_1 como:

$$T_1 = 279,68 \text{ N} * 1,677 = 469,164 \text{ N}$$

Tensión en el lado flojo (T_2) que previene del deslizamiento de la correa y tambor es determinada por la ecuación 2.26.

$$T_2 = 469,164 \text{ N} - 279,68 \text{ N} = 189,484 \text{ N}$$

Tensión en el retorno de la banda (T_3) se determina mediante la ecuación 2.28 se debe acotar que la tensión $T_3 = T_4$ de forma práctica.

$$T_3 = 6,85 * 0,020 * 4,84 \text{ m} * \left(6,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{3,5 \text{ kg}}{3,0 \text{ m}} \right) * 9,81 \text{ m/s}^2 + 189,468 \text{ N}$$

$$T_3 = 236,061 \text{ N}$$

La tensión mínima se determina a través de la ecuación 2.29 pero antes se debe conocer el M_{pm} que es determinado por la ecuación 2.30.

$$M_{pm} = \frac{46,308 \text{ ton/h}}{3,6 * 3,15 \text{ m/s}} = 4,084 \text{ kg/m}$$

$$T_o = \frac{1,482 \text{ m}(6,0 \text{ kg/m} + 4,084 \text{ kg/m})}{8(0,02)} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 916,247 \text{ N}$$

A veces puede suceder que la tensión T_2 , aun siendo lo suficientemente elevada como para lograr la adherencia de la banda al tambor motriz, es insuficiente para evitar el pandeo excesivo de la banda entre los rodillos, pudiéndose provocar así el derrame del material, para evitar esta flecha excesiva se debe procurar que en ningún punto de la banda aparezca una tensión inferior a la tensión mínima T_0 por lo tanto se debe realizar un nuevo cálculo de tensiones para cumplir con esta condición, se aumenta las tensiones con un ΔT a través de la ecuación 2.32

$$\Delta T = 916,247 \text{ N} - 189,468 \text{ N} = 726,779 \text{ N}$$

Se realiza este incremento en todas las tensiones T_1, T_2, T_3 y T_4

$$T_1 = 469,164 N + 726,779 N = 1195,943 N$$

$$T_2 = 189,468 N + 726,779 N = 916,247 N$$

$$T_3 = T_4 = 236,061 N + 726,779 N = 962,840 N$$

La ecuación 2.33 de Euler-Eutelwein garantiza que no ocurra un deslizamiento entre la banda y el tambor motriz.

$$\frac{1195,943 N}{916,247 N} \leq e^{\pi \cdot 0,25}$$

Dando como resultado y cumpliendo con la ecuación 2.33.

$$1,30 \leq 2,11$$

También se pueden tomar en cuenta las ecuaciones 2.34 y 2.35 Para garantizar que no ocurra deslizamiento entre banda y tambor motriz.

Para los valores de k tabla A.1 del anexo A.

$$P = 1195,943 N - 916,247 N = 279,696 N$$

$$P \cdot K_1 = 279,696 N \cdot 1,8 = 503,453 N$$

$$P \cdot K_2 = 279,696 N \cdot 0,8 = 223,757 N$$

A través de la ecuación 2.31 se determina la tensión de trabajo unitaria (T_u) que es la máxima tensión a la cual estará sometida la cinta transportadora.

$$T_u = \frac{1195,943 N}{1000 * 0,5 m} = 2,392 \frac{N}{mm} = 13,659 \frac{Lb}{pulg} = 2,439 \frac{Kg}{cm}$$

4.3.6 Selección del material de la banda transportadora.

4.3.6.1 Selección del material.

Para la selección del material se debe tomar en cuenta la tensión unitaria calculada anteriormente, se debe seleccionar un material que soporte una tensión de 2,439 *Kg/cm*, la tabla 2.12 indica el tipo de tejido que se debe seleccionar para las distintas cargas.

Se selecciona un tipo de tejido Nylon-Nylon = Ny 12,5 con unión vulcanizada capaz de soportar 12,5 *Kg/cm*.

Se seleccionó nylon-nylon en vista de ser un material comercialmente utilizado, además de tener buena resistencia al trabajo arduo.

4.3.6.2 Selección del número de telas.

A través de la ecuación 2.37 se determina el número de telas.

$$N_t = \frac{12,5 \text{ Kg}}{50 \text{ cm} * 2,439 \text{ Kg/cm}} = 0,102$$

Como $N_t < 1$ se selección el número de telas a utilizar: uno (1).

4.3.7 Longitud de la banda transportadora.

Para conocer la longitud de la cinta transportadora es necesario conocer el diámetro del tambor.

La tabla 2.15 muestra los diámetros recomendados para tambores en función de la tensión de trabajo.

Para un arco de contacto de 180° entre el tambor y la correa y con una tensión de trabajo de 2,39 N se selecciona un diámetro de tambor igual a 200 mm (8 pulg).

$$D_c = 8 \text{ pulg} = 200 \text{ mm}$$

De la ecuación 2.38 se determina la longitud de la banda.

$$L_c = (2 * 5,8 \text{ m}) + (\pi * 0,2 \text{ m}) = 12,223 \text{ m}$$

4.3.7.1 Ancho de cara del tambor.

Para determinar el ancho de cara de las poleas se necesita conocer el ancho de cara de la banda, aplicando la ecuación 2.39 para un ancho de banda $B \leq 1\text{m}$, el ancho de cara F es el siguiente:

$$F = 0,5 \text{ m} + 0,05\text{m} = 0,55\text{m}$$

4.3.8 Dimensiones de los rodillos superiores e inferiores.

Se selecciona el tipo de rodillo según el ancho de banda y tipo de carga. De la tabla 2.14, para un tipo de carga ligera y un ancho de banda de 20 pulg se seleccionan los rodillos clase CEMA Nueva B con rodamiento de bola y un diámetro de 4 pulg.

4.3.9 Cargas estáticas a soportar por los rodillos

4.3.9.1 Consideración de factores de diseño de Carga estática de rodillos superiores.

- Factor de participación F_p : a través de la tabla 2.16 Por ser rodillos planos con 0° de inclinación $F_p = 1$.
- Factor de servicio F_s : a través de la tabla 2.17 El factor de servicio es seleccionado de acuerdo al número de horas de trabajo en este caso de 6 a 9 horas por día, $F_s = 1$.
- Factor ambiental F_m : a través de la tabla 2.18 El factor ambiental se selecciona de acuerdo a las condiciones de ambiente, en este caso con presencia de material abrasivo o corrosivo, $F_m = 1$.
- Factor de choque F_d : a través de la tabla 2.19 Se selecciona el factor de choque que depende de la velocidad de la banda y el tamaño del material, $F_d = 1$.
- Factor de velocidad F_v : a través de la tabla 2.20 Se selecciona el factor de velocidad que depende de la velocidad de la banda y el diámetro de los rodillos, $F_v = 1$.

4.3.9.2 Carga estática de la estación de rodillos superiores.

Es determinada por medio de la ecuación 2.41 tomando en consideración los factores calculados anteriormente.

$$C_{st} = \left[1,482 \cdot \left(6,0 + \frac{46,308}{3,6 \cdot 3,15} \right) \cdot 9,81 \right] [1 \cdot 1 \cdot 1] = 146,600 \text{ N}$$

4.3.9.3 Carga estática de la estación de rodillos inferiores.

Es determinada por medio de la ecuación 2.42 tomando en consideración los factores calculados anteriormente.

$$C_{st} = [3,0 \cdot 6,0 \cdot 9,81][1,03 \cdot 1 \cdot 1] = 181,877 \text{ N}$$

4.3.10 Distancia entre apoyos.

A través de la tabla 2.21 se logra obtener la distancia entre apoyos D_a en función del ancho de banda y el tipo de tambor.

$$D_a = 880 \text{ mm}$$

4.3.11 Determinación del diámetro del tambor.

La selección del diámetro de tambor apropiado depende principalmente del tipo y espesor de la banda seleccionada. La banda consta de una carcasa compuesta de fibras sintéticas o de acero embebida en un recubrimiento de goma llamado cubierta.

Teniendo en cuenta que se utilizará una sola tela de fibra sintética del material Ny 12,5 (Poliamida) se selecciona el espesor del recubrimiento de goma acuerdo a la norma DIN 22101.

De la tabla 4.14 para un material P (Polyamide) se selecciona un recubrimiento de 2 mm para el material textil sometido a tensión Ny 12,5 (Poliamida), además de este recubrimiento es recomendable una capa extra de goma por la parte de la banda que arrastra el material.

De la tabla 4.14 y 4.15 respectivamente se seleccionará un espesor de 2 mm.

Tabla 4.14 Valor mínimo de cubierta de capa según el material. (Savadera).

Material	Valor mínimo de cubierta de capas
B (Algodón)	1- 2 mm dependiendo de la estructura textil
P (Polyamide)	
E (Polyester)	
St (Cuerda de acero)	0.7-4 mm con refuerzo transversal

Tabla 4.15 Características y evaluación. (Savadera).

Características y su evaluación		
Carga	Favorable	1
	promedio	2
	desfavorable	3
Carga frecuente	Favorable	1
	promedio	2
	desfavorable	3
Tamaño de grano	Favorable	1
	promedio	2
	desfavorable	3
Densidad	Favorable	1
	promedio	2
	desfavorable	3
Abrasividad	Favorable	1
	promedio	2
	desfavorable	3

Tabla 4.16 Valor mínimo. (Savadera).

Suma de características evaluadas	Valor mínimo (mm)
5 a 6	0 a 1
7 a 8	1 a 3
9 a 11	3 a 6
12 a 13	6 a 10
14 a 15	mayor a 10

Pero antes se debe conocer el valor de C_{Tr} que se puede seleccionar directamente de la tabla 4.17. Para un material de polyamide.

Tabla 4.17 Parámetro Ctr. (Savadera).

Material	Ctr
B (algodón)	80
P (Polyamide)	90
E (Polyester)	108
St (Cuerda de acero)	145

Diámetro de tambor de referencia.

$$D_{Tr} = 90 * 2 \text{ mm} = 180 \text{ mm}$$

En la Figura 4.23 se puede ver los diferentes tipos de tambores que aparecen en una banda transportadora, diferenciando los tipos A, B o C.

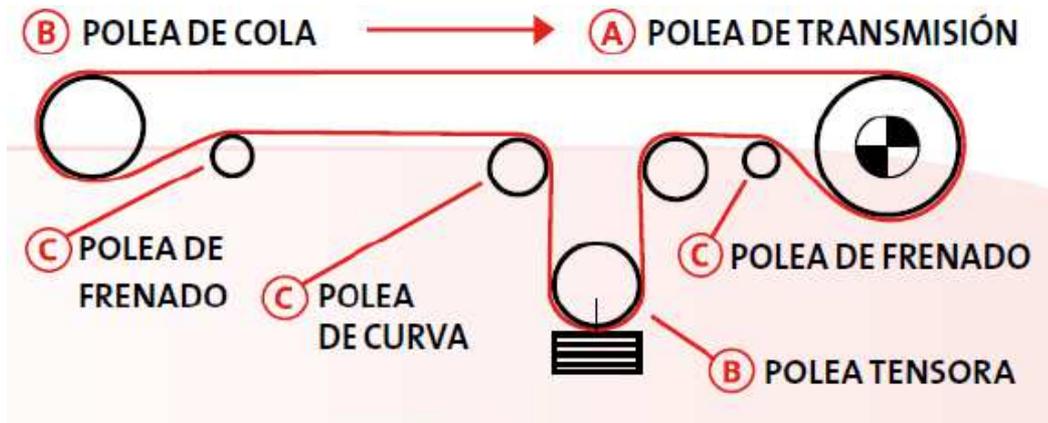


Figura 4.23 Tipos de tambores y poleas.. (Savadera).

A partir de allí se selecciona el diámetro ajustado a los ofrecidos por el fabricante. La tabla 4.18 indica el tamaño de los distintos tipos de tambores para un valor de $D_{Tr} = 200$ mm se obtiene un tamaño de tambor tipo A (Motriz): 250 mm y un tamaño de tambor tipo B (Tambor de cola): 200 mm.

Tabla 4.18 Diámetro mínimo del tambor. (Savadera).

Diámetro del tambor mínimo en mm			
Dtr	Por encima de 100%		
	A	B	C
100	125	100	0
125	160	125	100
160	200	160	125
200	250	200	160
250	315	250	200
315	400	315	250
400	500	400	315
500	630	500	400
630	800	630	500
800	1000	800	630
1000	1250	1000	800
1250	1400	1250	1000
1400	1600	1400	1250
1600	1800	1600	1400

4.3.12 Determinación del diámetro mínimo del eje del tambor.

Dada la configuración geométrica de los tambores en las bandas transportadoras, los criterios de diseño más importantes que se deben considerar para diseñar el eje son:

- Deformación por flexión.
- Deformación por torsión.

El primer paso para el diseño de los ejes es calcular la fuerza resultante sobre los tambores por medio de la ecuación 2.43.

En este caso para un tambor motriz.

$$R_T = (916,247 + 1195,943) \cdot \text{sen} \left(\frac{180}{2} \right) = 2112,190 \text{ N}$$

Para tambores no motrices (Tambor de cola), se realiza el cálculo con la ecuación 2.44

$$R_T = (2 \cdot 962,840) \cdot \text{sen} \left(\frac{180}{2} \right) = 1925,680 \text{ N}$$

La velocidad de giro del tambor motriz es determinada por la ecuación 2.46.

$$\omega_T = \frac{3,15 \cdot 60}{0,25 \cdot \pi} \cong 241 \text{ r.p.m}$$

La velocidad de giro del tambor de cola es determinada a través de la ecuación 2.46.

$$\omega_T = \frac{3,15 \cdot 60}{0,20 \cdot \pi} \cong 301 \text{ r.p.m}$$

Para un motor con una potencia de 2 Hp se determina el torque que ocurre en el tambor, a través de la ecuación 2.45.

$$T = \frac{1,5 \cdot 60 \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot 241} = 59435,456 \text{ N.mm}$$

Momento flector por el eje del tambor, definido por la ecuación 2.47 se tiene.

$$M = \frac{2112,190 (884 - 550)}{4} = 176367,865 \text{ N.mm}$$

Con todos los valores obtenidos y seleccionando el material de fabricación del tambor, se puede determinar el diámetro mínimo necesario del eje tambor debido a los esfuerzos combinados tanto de flexión como de torsión. Aplicando la teoría de Von Mises, según la ecuación 2.48.

Para un acero AISI 1035 HR (Laminado en caliente) se tiene un $s_y = 270 \text{ MPa}$

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5,8}{\pi \cdot 270} \left(\sqrt{(2,5 \cdot 176367,865)^2 + 59435,456^2} \right)} = 36,512 \text{ mm}$$

4.3.13 Selección de rodamientos para el eje del tambor

Conocido el diámetro del eje del tambor, sólo basta con determinar la capacidad de carga dinámica requerida para seleccionar los rodamientos adecuados para el eje del tambor motriz y tambor de cola. Para ello es necesario conocer la vida nominal L_{10} en horas de servicio que la banda debe trabajar y la carga dinámica equivalente que actúa sobre los rodamientos.

La vida nominal de los rodamientos depende de las horas de servicio que la banda transportadora trabajará según los requerimientos de producción. Como guía de este valor se puede considerar a las cintas transportadoras como máquinas para 8 horas de

trabajo continuo diario, para las cuales se espera una vida normal entre 20.000 a 30.000 horas de servicio.

Más adelante se realizara dicho cálculo para la selección de rodamiento.

4.3.14 Carga total sobre cada rodamiento

Las cargas que actúan sobre los rodamientos se componen de la fuerza resultante sobre el tambor, R_T más la fuerza de inercia adicional correspondiente al peso del tambor seleccionado.

Para realizar dicho cálculo se selecciona el peso promedio (W_T) de los tambores que se obtienen por medio de la tabla 2.22 la cual muestra los pesos de tambores para un ancho de banda de 500 mm, tanto para tambores llenos (drum pulleys) como para tambores con aletas (wing pulleys), en función del diámetro del tambor y del ancho de la cara del mismo.

$$\text{Peso promedio del tambor } W_T = 1,04 \text{ KN}$$

Obtenido el peso promedio se realiza el cálculo de la Fuerza resultante sobre el tambor a través de la ecuación 2.50.

$$F_R = \frac{2112,190 \text{ N} + 1040 \text{ N}}{2} = 1576,095 \text{ N}$$

Una vez determinada la carga sobre el rodamiento, se debe determinar la carga dinámica equivalente P_d .

Si la carga F_R sobre el rodamiento cumple con las propiedades de la capacidad dinámica de carga C_d , es decir, si es constante en magnitud, dirección y actúa radialmente sobre un rodamiento radial o axialmente y centrada sobre un rodamiento axial, entonces $P_d = F_R$. En el caso del tambor en la banda transportadora, la carga aplicada es radial y no existe una componente axial, por lo tanto se tiene el valor de la

carga dinámica equivalente con la cual se puede determinar la capacidad dinámica de carga C_d conociendo la vida del rodamiento L_{10h} .

Asumiendo una vida de $L_{10h} = 30.000 \text{ horas}$, se determina la capacidad dinámica de carga C_d para luego seleccionar un rodamiento de bolas que cumpla con estas propiedades.

De la ecuación 2.49 se obtiene el valor de C_d .

$$C_d = 11,931 \text{ KN}$$

Para la selección del rodamiento se tiene que:

- Rodamiento de bolas.
- $P_d = 15,760 \text{ KN}$
- $C_d = 11,931 \text{ KN}$
- $D_i = 37 \text{ mm}$

El diámetro interno comercial más cercano al obtenido es 40 mm, por lo tanto es necesario cambiar el diámetro del eje a , posteriormente se realiza la selección.

Se selecciona una chumacera tipo flange 2 huecos modelo UCFL208, ver anexo A figura A2.

4.3.15 Diseño del rodillo inferior.

Los rodillos inferiores son rodillos especiales que deben hacer contacto con el área de carga y las aletas de la cinta transportadora, debido a no encontrar información en catálogos, estos rodillos fueron diseñados, y adaptados a la cinta en fabricación.

Se selecciona una tubería de acero para cubrir el eje.

Tubería a utilizar:

Tubería de acero de 76,2 mm (3 pulg).

Diámetro externo =76,2 mm.

Espesor de pared: 2,25 mm

Diámetro interno =71,7 mm

Largo: 400 mm

Rodamiento a utilizar:

Ver anexo A Figura A1.

Eje de los rodillos inferiores.

Material; AISI 1035 HR

Diámetro; 20 mm.

Largo; 450 mm.

Pletina con forma de huella de banda transportadora

Pletina a ser doblada:

Ancho: 50,8 mm (2 pulg).

Espesor: 4,76 mm (3/4 pulg).

La figura 4.24 representa el rodillo inferior diseñado de acuerdo a los parámetros planteados

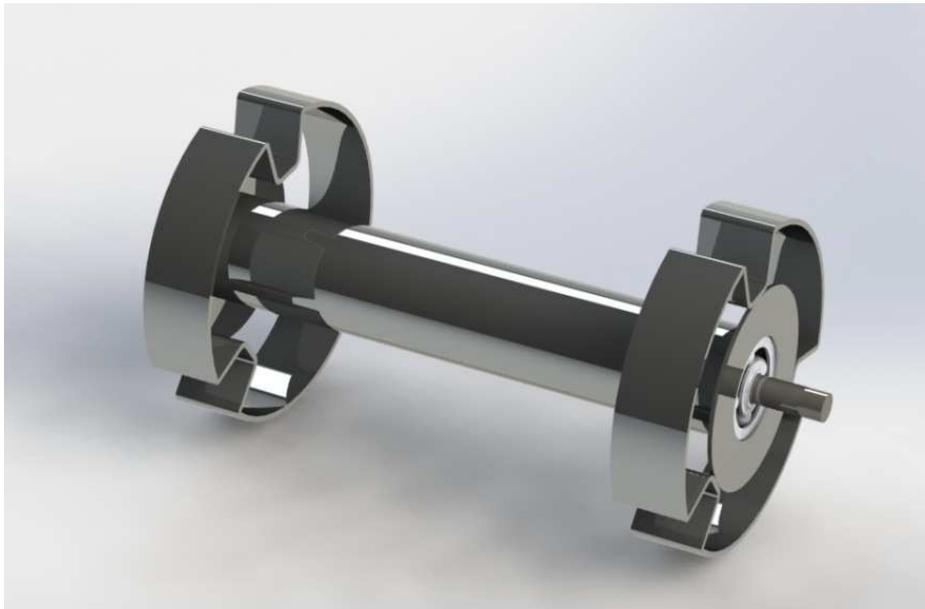


Figura 4.24 Rodillo inferior

4.3.15.1 Análisis de esfuerzo en el eje del rodillo inferior.

El análisis de esfuerzos fue realizado por medio de la herramienta de diseño Solidworks, evaluando así el comportamiento del eje, la figura 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28 muestran el desplazamiento, momento flector, esfuerzo cortante y factor de seguridad respectivamente, del rodillo inferior.

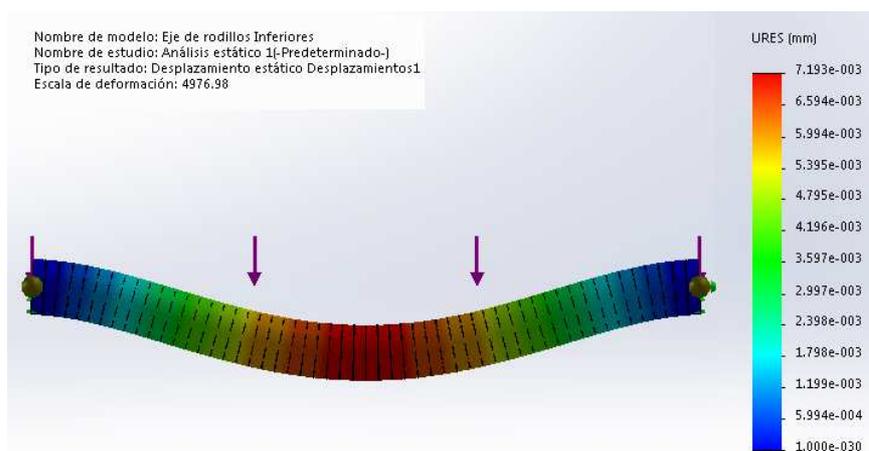


Figura 4.25 Análisis de desplazamiento en eje de rodillo inferior

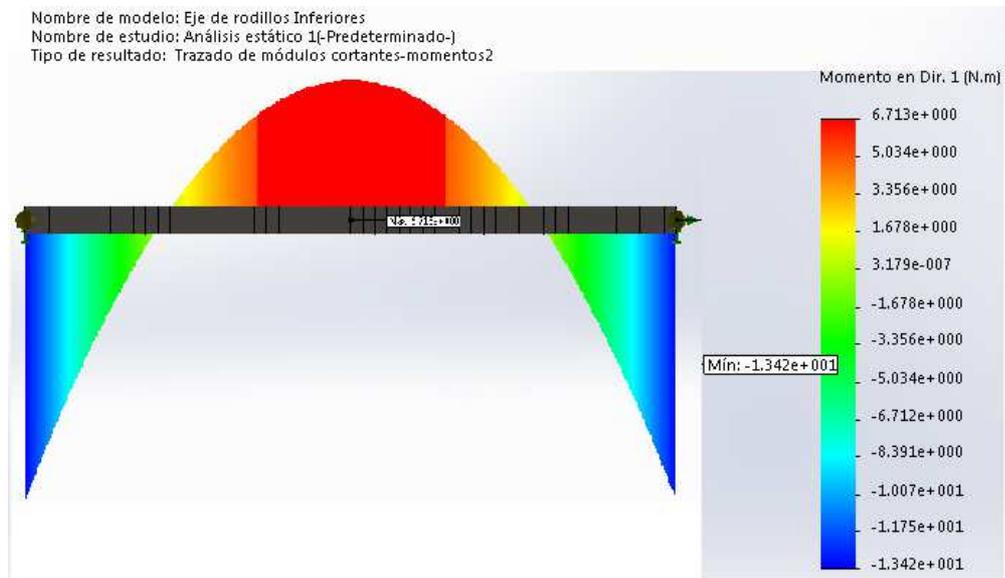


Figura 4.26 Análisis de momento flector en eje de rodillo inferior

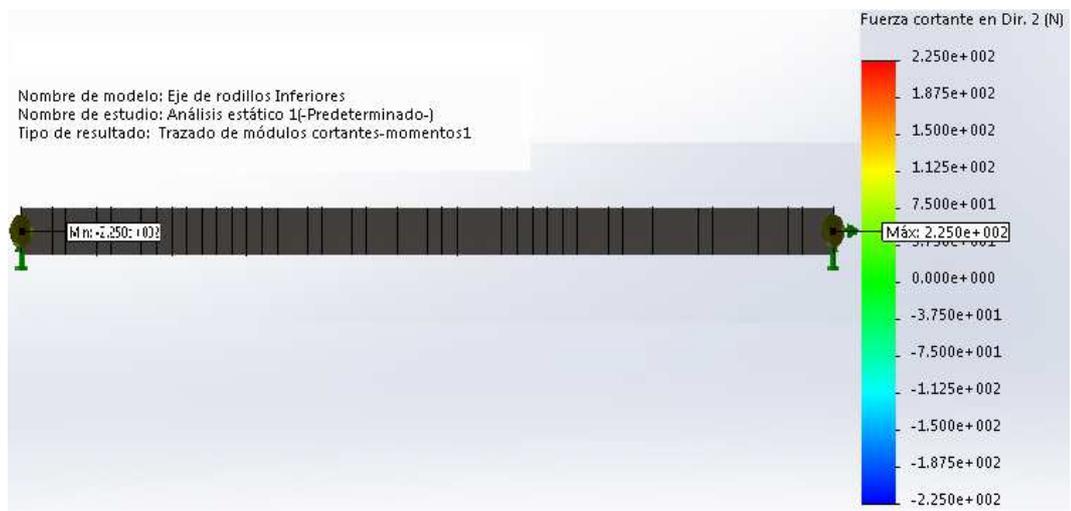


Figura 4.27 Análisis de esfuerzo cortante en eje de rodillo inferior

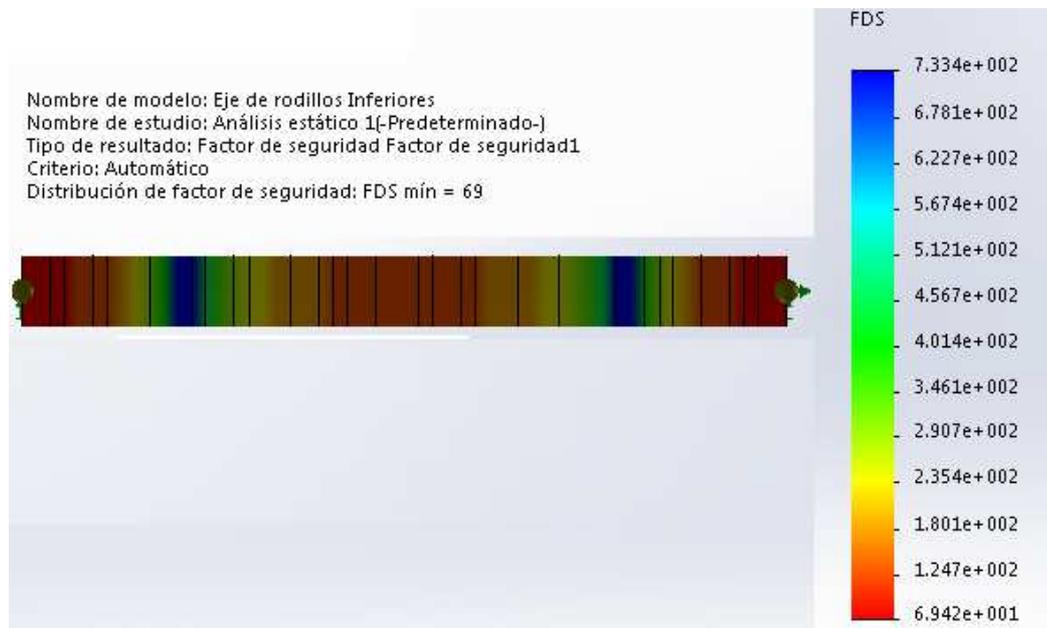


Figura 4.28 Análisis de factor de seguridad a en eje de rodillo inferior

Como resultado de los análisis realizados al eje del rodillo inferior, se obtuvo un desplazamiento de 0,007 mm, un factor mínimo de seguridad de 69.

4.3.16 Diseño de la estructura de soporte de la banda transportadora.

La estructura de soporte de la banda transportadora debe soportar el peso de las partes móviles de la banda más el peso del material que posa sobre la banda cuando esta está completamente cargada, además debe ser totalmente estático, debido a las vibraciones que se van a generar en el momento que la banda transporte material, se utiliza como herramienta de diseño Solidworks.

4.3.17 Consideraciones de diseño.

- Carga que debe soportar 120 kg.
- El tamaño de la estructura se debe adaptar a las longitudes de la banda.
- Se debe tomar en cuenta el soporte de los tambores, motriz y retorno.
- El material de diseño es Perfil UPL 100 y Ángulo L 50x4.

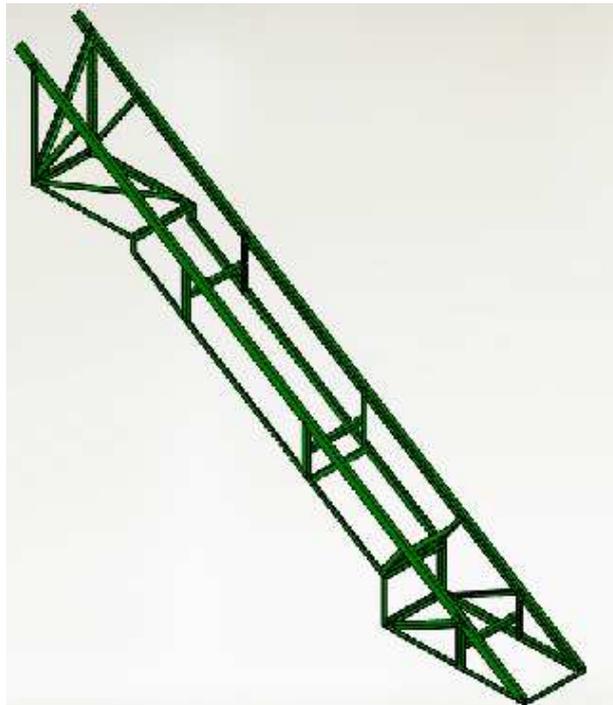


Figura 4.29 Estructura de soporte de la banda transportadora

4.3.17.1 Análisis de esfuerzo estáticos a la estructura de soporte de la banda transportadora.

Tomando en cuenta las consideraciones de diseño, se procede a realizar los análisis estáticos a la estructura de soporte, y de esta manera evaluar su comportamiento.

Las figuras 4.30, 4.31 y 4.32 representan los análisis de evaluación del comportamiento de la estructura.

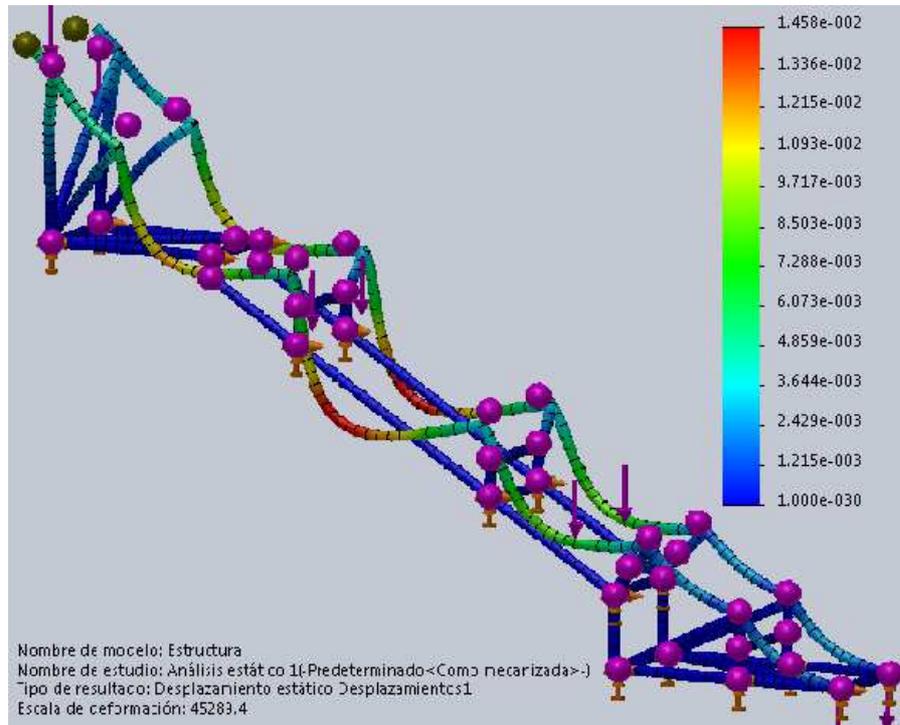


Figura 4.30 análisis de desplazamiento estático a la estructura de soporte

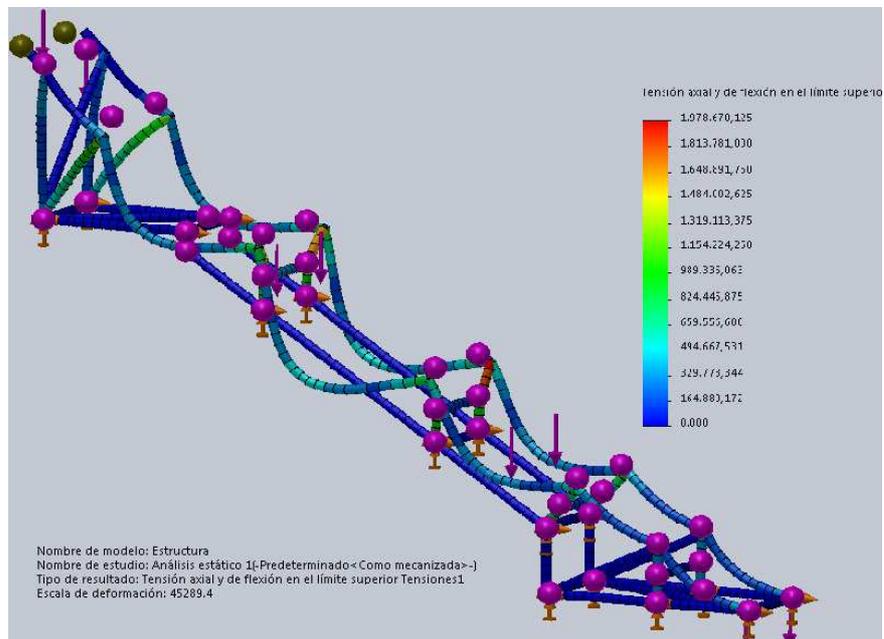


Figura 4.31 análisis de tensión y de flexión a estructura de soporte

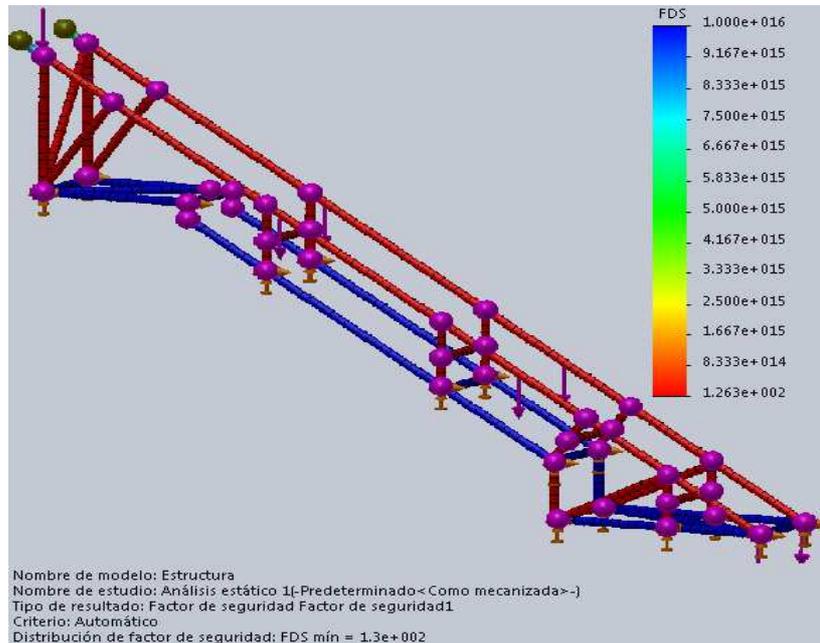


Figura 4.32 factor de seguridad de la estructura de soporte

Como resultado a los análisis realizados se tiene un factor de seguridad de 130 y un desplazamiento máximo de 0,0145 mm, que puede ser despreciable.

4.3.18 Diseño de la fosa de recepción.

Una vez diseñado y seleccionados los equipos que conforman la línea de recepción se realiza el diseño de la fosa de recepción, en el cual estarán apoyadas las estructuras de soporte de los equipos, utilizando como herramienta de diseño Solidworks.

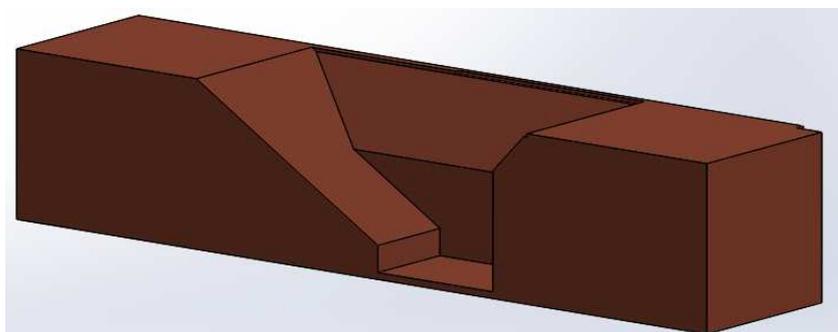


Figura 4.33 Fosa de recepción

4.3.19 Selección de motoreductor.

Para la selección del motoreductor en primer lugar se toma en cuenta la potencia necesaria para el funcionamiento óptimo de la banda, de acuerdo a los cálculos realizados anteriormente la potencia del motor debe ser de 1,398 KW, por lo tanto se debe seleccionar un motoreductor cuya potencia sea igual o superior a ésta.

Obtenida la velocidad angular del tambor motriz de 241 rpm. Se procede a calcular la relación de transmisión para un motor que gire a 1750 rpm:

$$Rt = \frac{1750 \text{ rpm}}{241 \text{ rpm}} = 7,26$$

Se selecciona un motoreductor con una relación muy cercana al valor obtenido, el reductor debe ser de tipo sinfín-corona con acople directo al eje del tambor, pues fue el sistema de transmisión seleccionado para la operación de la banda.

El motoreductor será seleccionado del catálogo D87.1-2008 de la empresa SIEMENS.

Tipo de motoreductor seleccionado de acuerdo a la potencia necesaria ver anexo

Se selecciona un motoreductor modelo SC.63-LAI90L4 de 1,8 KW a 1750 rpm con salida a 244 rpm. Para obtener el serial es necesario seleccionar la versión de eje, frecuencias y tensiones, y versión de la carcasa.

Versión del eje ver anexo A figuras A3, A4 y A5 respectivamente.

- La versión del eje es enchufable con chaveta V25x60.
- La carcasa de sujeción es de brida tipo A.
- La tensión de funcionamiento es de 220/240V a 60 Hz.

Serial del motoreductor

- Serial del motorreductor 2KJ1702-1EP13-9FA1

4.3.20 Bomba de achique.

La bomba de achique está ubicada en el fondo de la fosa de recepción de tal manera que pueda bombear el agua que se genere dentro de la fosa debido a los niveles freáticos o inundación.

Para este diseño se seleccionó una Bomba de achique de aguas negras marca Shinge de 0,75 Hp con flotante, ya que con ésta potencia la bomba será capaz de llevar el fluido desde el fondo de la fosa hasta la tubería de aguas de lluvia.

4.3.21 Tolva de estación de descarga.

La tolva ubicada en la estación de descarga de la banda esta acoplada al elevador de cangilones, permitiendo así que los materiales transportados entren al elevador de cangilones y no ocurra derrame de material, la figura 4.34 representa la tolva de descarga, modelada en Solidworks.

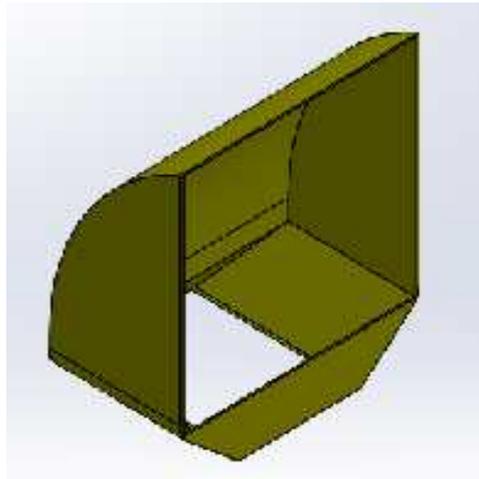


Figura 4.34 Tolva de descarga acoplada al elevador

4.3.22 Diseño de eje y tambor motriz.

Para el eje del tambor motriz se toman en consideración los cálculos obtenidos anteriormente, material seleccionado, diámetro y tensiones que se generan, además del material que recubre el tambor.

Se realizó el diseño en Solidworks, la figura 4.35 representa el eje y tambor motriz.

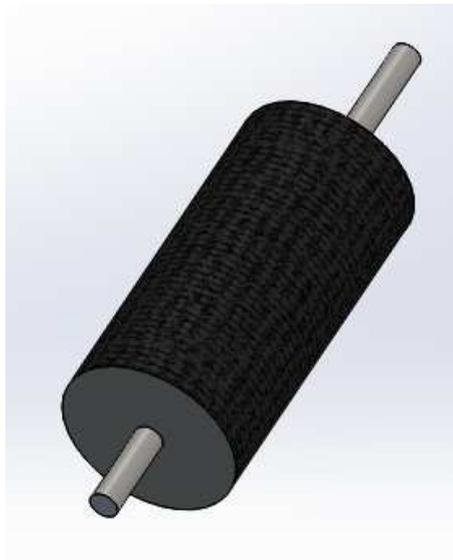


Figura 4.35 eje y tambor motriz

4.3.23 Análisis de esfuerzos al eje y al tambor motriz.

Tomando en cuenta las consideraciones de diseño, se procede a realizar los análisis estáticos al tambor y eje motriz y evaluar su comportamiento, a través de la herramienta de diseño Solidworks.

Las figuras 4.36, 4.37, 4.38 y 4.39 muestran los resultados obtenidos.

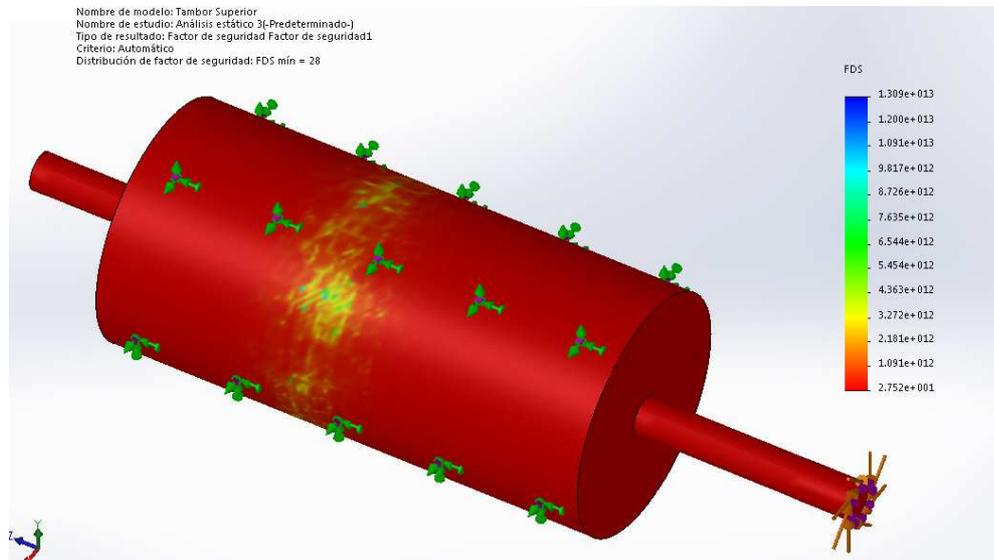


Figura 4.36 Factor de seguridad de eje y tambor motriz

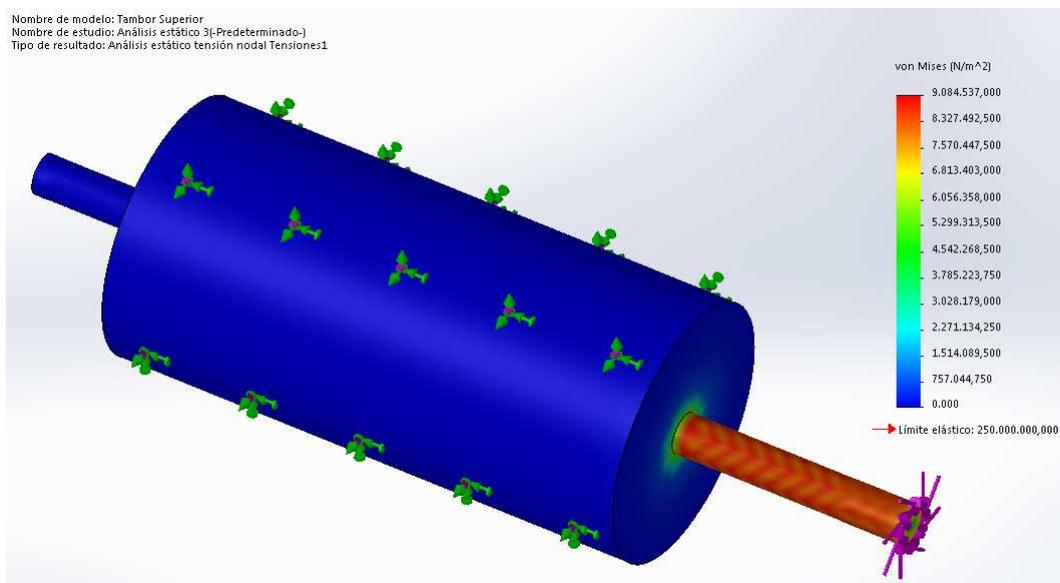


Figura 4.37 Análisis estático de tensiones

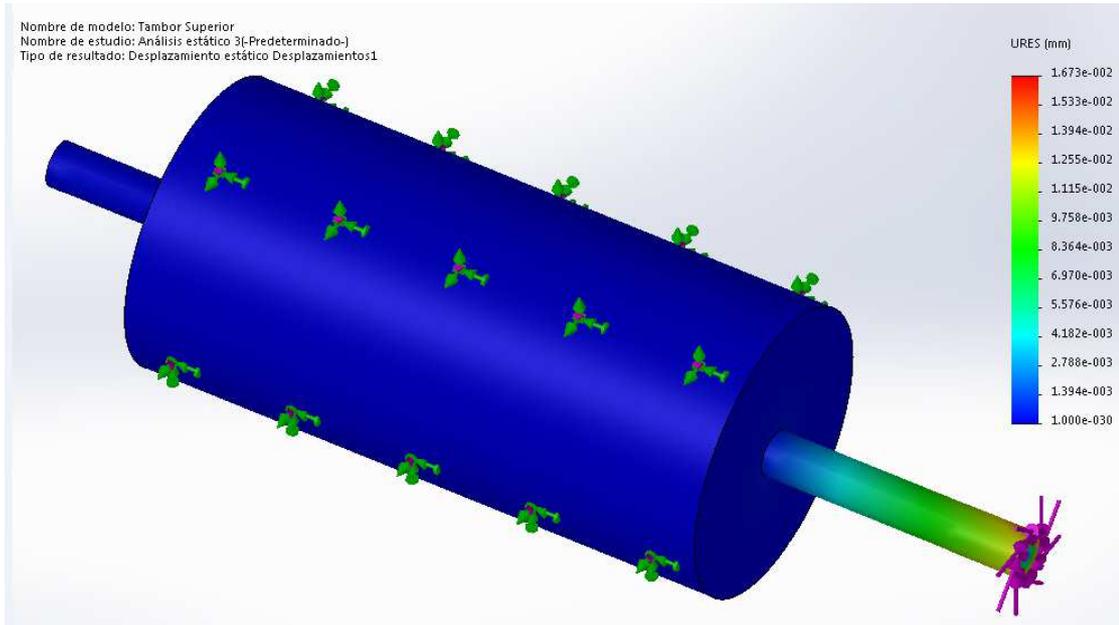


Figura 4.38 Análisis estático de desplazamiento

4.3.23.1 Análisis de esfuerzos al eje motriz.

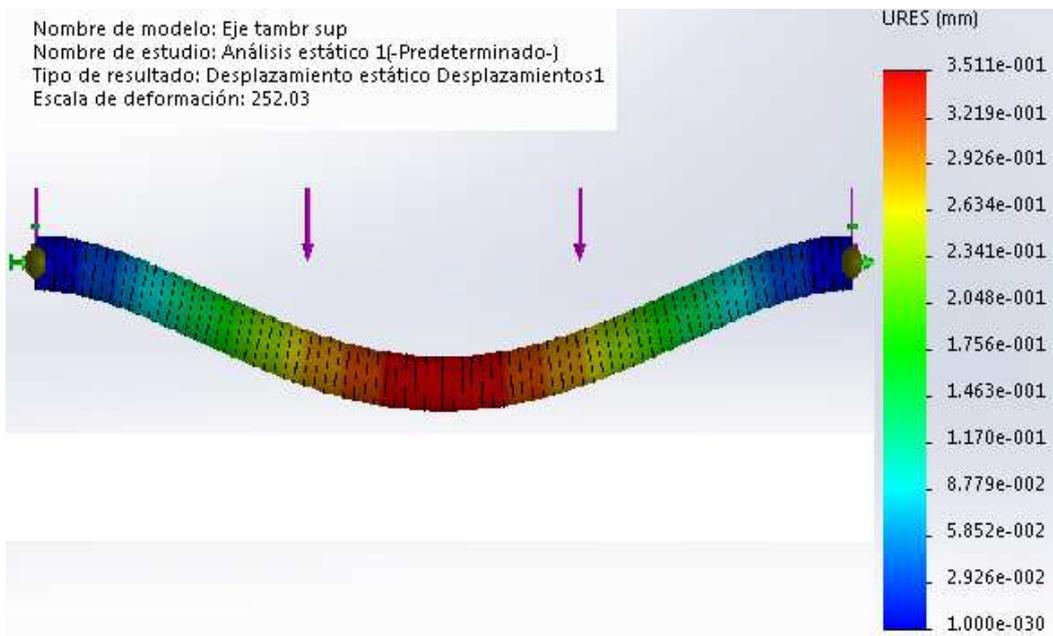


Figura 4.39 Análisis de desplazamiento estático en eje de tambor motriz

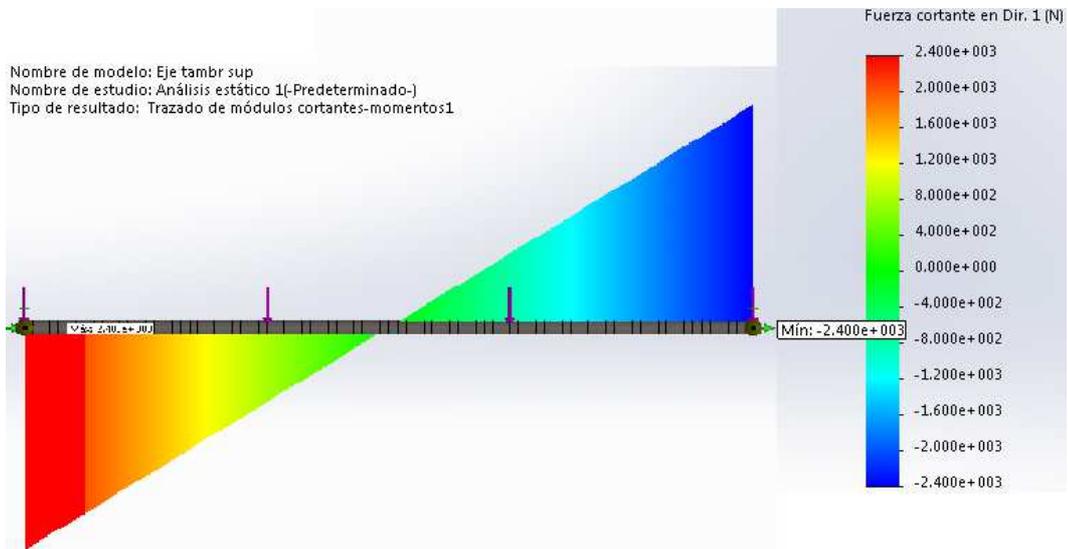


Figura 4.40 Análisis de esfuerzo cortante en eje de tambor motriz

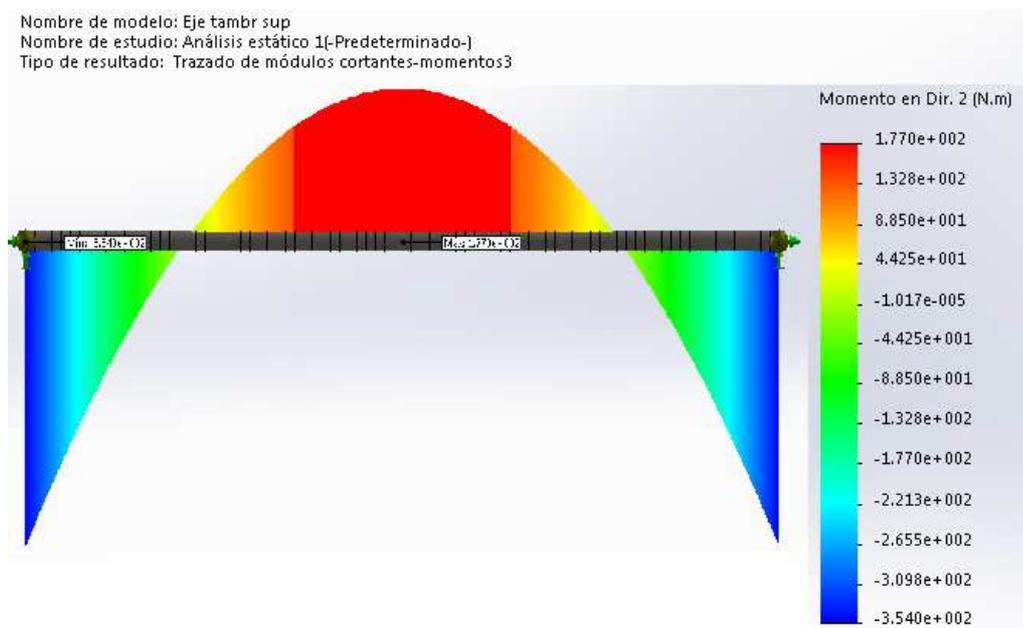


Figura 4.41 Análisis de momento flector en eje de tambor motriz

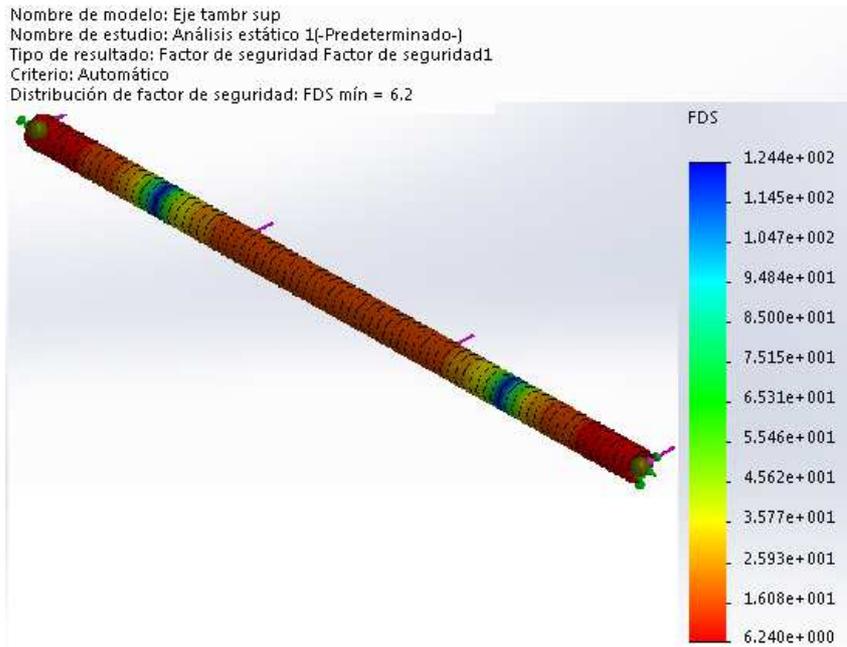


Figura 4.42 Factor de seguridad del eje del tambor motriz análisis estático

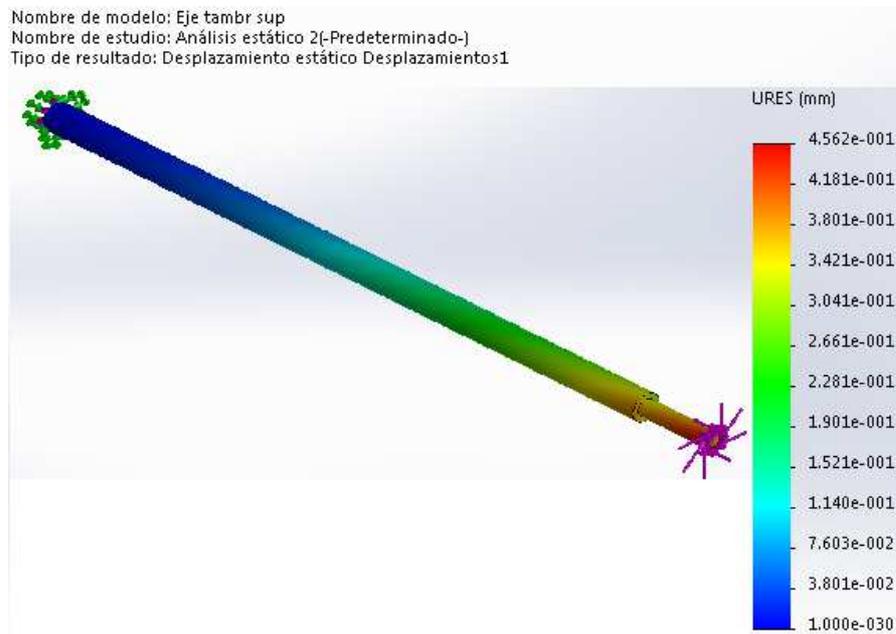


Figura 4.43 Análisis de desplazamiento estático (Torsión)

Nombre de modelo: Eje tambr sup
Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 9.2

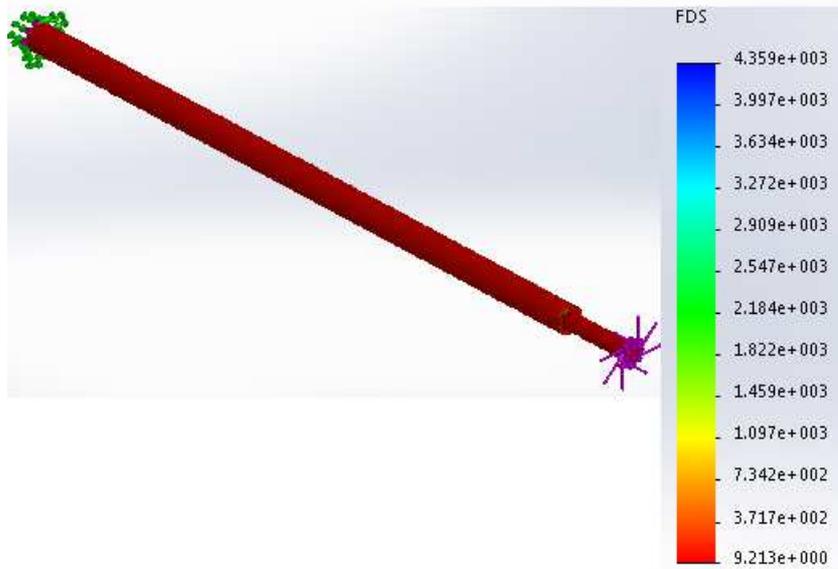


Figura 4.44 Factor de seguridad del eje motriz (torsion)

Nombre de modelo: Eje tambr sup
Nombre de estudio: Fatiga 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Fatiga(Vida) Resultados2

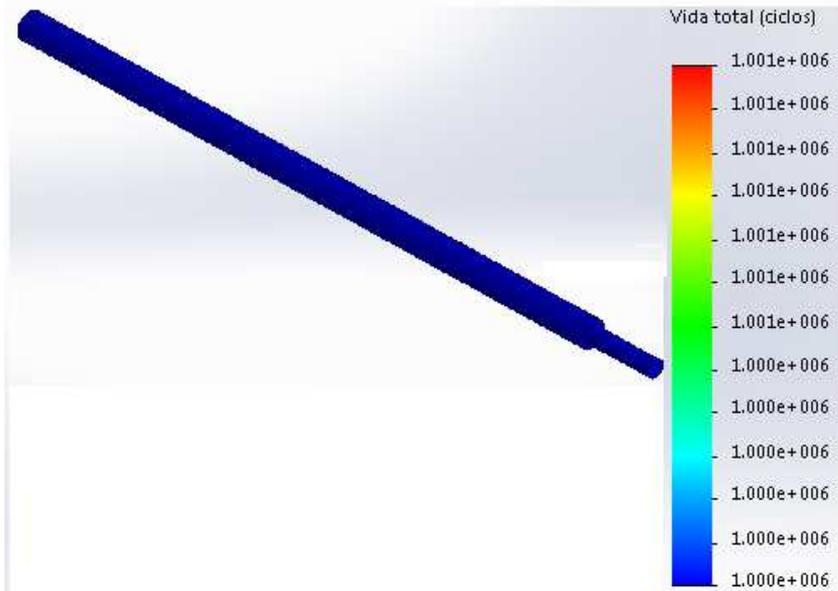


Figura 4.45 Vida total del eje motriz

4.3.24 Diseño de línea de recepción de material a granel acoplado.

Establecido los criterios de diseño y seleccionados los materiales y equipos, se realiza el ensamble de los elementos, utilizando la herramienta de diseño Solidworks.

Las figuras 4.46, 4,47 muestran los resultados.

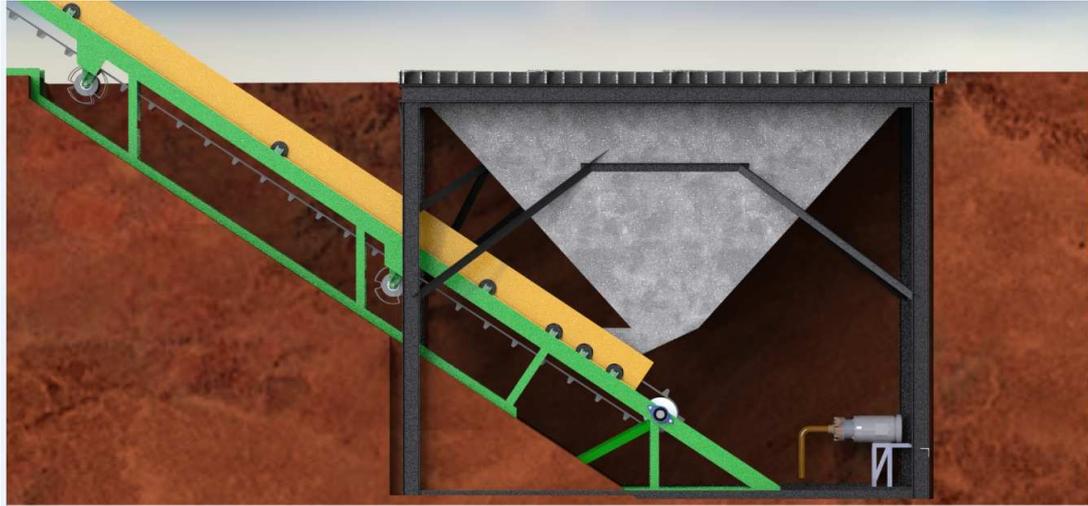


Figura 4.46 Línea de recepción de material a granel

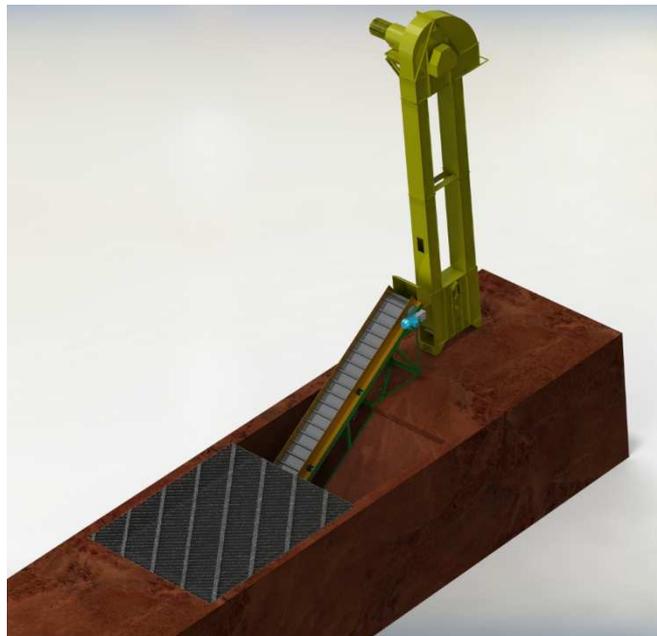


Figura 4.47 Línea de recepción de material a granel

4.4 Diseño de sistema de supervisión y automatización de operación de la nueva línea de recepción de material a granel.

En función de facilitar un poco el manejo de los equipos eléctricos se plantea el diseño de un sistema automatizado que cubra pequeñas operaciones de labor, como encendido y apagado de quipos, además de paradas y alarmas de emergencia así como también señales de luces en el tablero eléctrico. A continuación se presenta el funcionamiento del sistema planteado.

4.4.1 Funcionamiento.

Es un sistema sencillo de transporte de materiales a granel que cuenta con una fosa de recepción donde los camiones descargarán por gravedad a través de compuertas ubicadas en la parte inferior de los mismos, este material cae en una tolva que lo dirige a una banda transportadora inclinada para finalmente entregarlo a un elevador de cangilones, que lo traslada a la línea de procesamiento.

4.4.2 Automatización para la operación del sistema.

1. Presionar dos botones simultáneamente en el tablero, para que arranque el sistema constituido por la banda y el elevador. En el momento que se presionen los botones debería encender una bocina que indique el inicio del proceso, sonará por unos 3 segundos (seguridad para el personal) y luego empiezan a funcionar los equipos. Al momento de arrancar los equipos (primero debe arrancar el elevador y 7 segundos después arranca la banda, esto por si la banda está cargada de algún material, de manera que cuando caiga en el elevador ya éste estaría operativo) se enciende una luz de color amarillo (ubicada en un lugar visible en la zona del tablero y en la zona de descarga) que indique el standby del proceso por unos 2 minutos mientras se hace una inspección del funcionamiento de los equipos y se alcanzan las velocidades recomendadas,

deben vencerse las inercias para un funcionamiento óptimo. Pasados los 2 minutos de standby, se apaga la luz amarilla y se enciende una luz verde que indica que se puede proceder a abrir la compuerta del camión. Además de esto, el tablero cuenta con dos luces blancas que encenderán en caso de sobrecarga de alguno de los dos motores según sea el caso.

2. El sistema cuenta con un botón de parada de emergencia, ubicado en un punto estratégico del proceso. En caso de ser presionado se deben detener inmediatamente los equipos. Debe también encenderse una coctelera de color rojo visible desde todos los puntos del proceso y una bocina, todo esto para indicar que existe una emergencia.
3. Para la detección de incendios se recurre a dos detectores, uno ubicado en el elevador de cangilones y el otro ubicado en la banda transportadora.
4. En caso de inundación de la fosa de recepción, se activará una bomba de achique ubicada en el fondo de la fosa para el vaciado de la misma. La operación de la bomba de achique dependerá de un flotante que viene incorporado a ella, por lo tanto sólo se incluye un switch de encendido en el tablero de control.
5. Al estar en funcionamiento el sistema, también empezará a funcionar un par de sensores de velocidad cero unos 5 segundos después del arranque de cada equipo (ya que sería normal un deslizamiento de los tambores al iniciar el proceso) ubicados en el tambor de cola de la banda y del elevador, en caso de que la velocidad de alguno de los sea diferentes y esto se prolongue por unos 5 segundos pues se debería detener el sistema automáticamente (primero banda,

luego elevador) y encenderse una luz en el tablero que indique que existe una falla por deslizamiento.

6. A fines de evitar el desbordamiento del silo de almacenamiento de material se instalarán dos sensores de oscilación ubicados en dos niveles, el más bajo para advertir al operador del llenado del silo con la activación de una bocina y una coctelera color naranja, el otro sensor en el nivel más alto del silo que detendrá el sistema para evitar el derrame de material.



Figura 4.48 Tablero de sistema automatizado

4.4.3 Lógica cableada del sistema automatizado.

Para la denominación de cada uno de los componentes ver anexo A tabla A9, tabla A8 propiedades de los elementos del sistema, además del diagrama DTI anexo B figura B1.

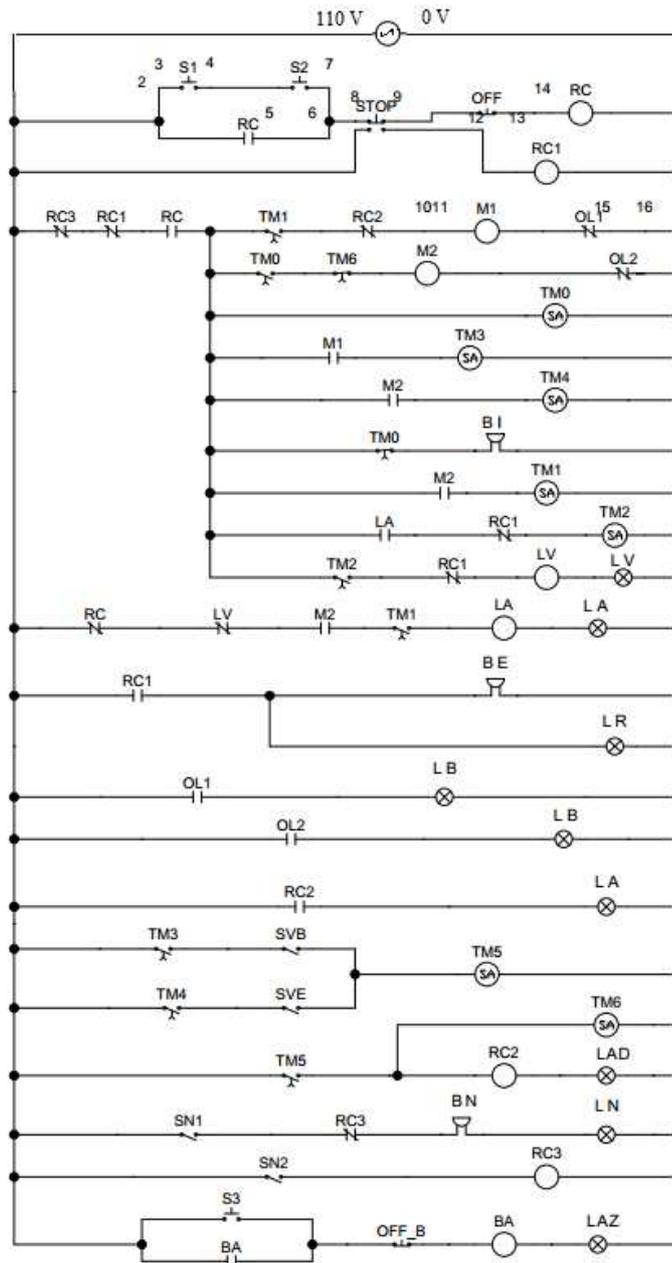


Figura 4.49 Lógica cableada del sistema automatizado

4.5 Plan de mantenimiento y operación para la línea de recepción.

4.5.1 Programación de mantenimiento

Es importante contar con la documentación que permita cumplir y darle seguimiento a los trabajos de mantenimiento, es por ello que se han elaborado los formatos, programas y procedimientos siguientes.

4.5.2 Ficha técnica.

Este documento es de vital importancia para el personal que proporcionará el mantenimiento de la maquinaria, ya que muestra los principales aspectos técnicos que sirven como referencia para identificar la máquina, partes principales y tipo de lubricante que utiliza.

La figura 4.50 representa la ficha técnica para la tolva de recepción.

		C.R. INAGRO; S.A Ficha Técnica: Elevador de Cangilones	
Equipo	Tolva de recepción		
Tipo	Metálica		
Num. De Identificación			
Lubricación	No aplica		

Figura 4.50 Ficha técnica para la tolva de recepción

La figura 4.51 Representa la ficha técnica para un Transportador de cinta.

 C.R. INAGRO; S.A. Ficha Técnica: Transportador de Cinta		
EQUIPO	TRANSPORTADOR	
TIPO	CINTA	
Num.		
SECCION		
LONGITUD		
CAPACIDAD		
MOTOR	TIPO	ELECTRICO
	H.P	
	R.P.M	
	HRZ.	
	VOLT.	
	AMP.	
	T. MAX. AMB	
	W.G.T	
	MODELO	
	SERIAL Num	
REDUCTOR	RATIO	
LUBRICACION		
PARTE	TIEMPO EN HORAS	CANTIDAD Y TIPO DE LUBRICANTE
CHUMACERA		
MOTOR		
CAJA REDUCTORA		

Figura 4.51 Ficha técnica para el transportador de cinta.

La figura 4.52 representa la ficha técnica para el elevador de cangilones.

 C.R. INAGRO; S.A Ficha Técnica: Elevador de Cangilones		
Equipo	Elevador de cangilones	
Tipo	Cangilones	
Num. De Identificación		
Sección		
Longitud		
Capacidad		
Motor	Tipo	Electrico
	H.P	
	R.P.M	
	HRZ.	
	Voltaje	
	T. Maxima de ambiente	
	W.G.T	
	Modelo	
Reductor	Ratio	
Lubricación		
Parte	Tiempo en Horas	Cantidad y tipo de lubricante
Motor		
Caja reductora		

Figura 4.52 Ficha técnica para un elevador de cangilones.

4.5.3 Orden de trabajo.

Se han diseñado dos diferentes tipos de orden de trabajo, con el fin de diferenciar entre los trabajos programados que se elaborarán a partir de una orden de trabajo de mantenimiento preventivo y los trabajos no programados que se ejecutarán a partir de las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo.

4.5.3.1 Mantenimiento preventivo.

Para realizar un trabajo de mantenimiento, es necesario basarse en un documento que especifique la máquina en la cual se trabajará, el costo de los materiales utilizados, la persona que solicita el trabajo, trabajo solicitado, fecha de solicitud, trabajo realizado, persona que lo realizó y fecha de entrega. La figura 4.53 , muestra la orden de trabajo para mantenimiento preventivo

4.5.3.2 Mantenimiento correctivo.

El documento que se elabora para proporcionar mantenimiento correctivo debe tener un número correlativo, la prioridad del trabajo puede ser “A” si es muy indispensable, “B” indispensable, “C” normal y “D” poco indispensable. Además se especifica la fecha y hora en la cual se detiene el proceso productivo debido a la avería, la fecha y hora en la que se puede utilizar nuevamente el recurso, persona que solicita, realiza y recibe el trabajo de mantenimiento. La figura 4.54, muestra el formato descrito anteriormente.



C.R. INAGRO; S.A.
Orden de Trabajo Mantenimiento Preventivo

Num. ORDEN	MAQUINA		HORAS ESTIMADAS	TIPO DE TRABAJO
	TIPO	NUMERO		
			HORAS REALES	COSTO MATERIAL
TRABAJO SOLICITADO		TRABAJO REALIZADO		
Solicitado POR		REALIZO		
FECHA SOLICITUD		RECIBIDO		
APROBADO		FECHA ENTREGA		

Figura 4.53 Orden de trabajo, mantenimiento preventivo

4.5.4 Personal y procedimientos para efectuar mantenimiento.

El éxito del mantenimiento proporcionado a la maquinaria radica en buena parte en contar con el personal adecuado para su realización. El mantenimiento del nuevo sistema se llevará a cabo por uno de los mecánicos y el eléctrico de la empresa. Es necesario contar con ambos, ya que el sistema posee mecanismos de elevación y transporte, además toda la maquinaria utilizada es alimentada por energía eléctrica a través de sus motores.

Los procedimientos para efectuar mantenimiento preventivo en los elementos que componen el sistema se describen a continuación.

4.5.4.1 Tolva.

Revisar lámina.

- Verifique que no tenga hoyos, que no esté doblada.
- Inspeccione que no haya fisuras en la lámina.

4.5.4.2 Revisar soldaduras.

- Verifique que todas las uniones soldadas estén en buen estado.

Cinta transportadora.

Notificar a producción.

- Informe al supervisor de turno de planta que se rebajará en el transportador e indicar el tiempo estimado para completar el trabajo.

Desconectar la corriente.

- Corte la energía eléctrica antes de retirar la primera guarda de seguridad o llevar a cabo cualquier mantenimiento.

Revisar boca de alimentación.

- Revise escape, inspeccione que no tenga huecos, que no salga polvo o productos por las uniones.

Revisar rodamiento.

- Revise lubricación, debe tener suficiente grasa, revise que el sello esté en buen estado y que el rodamiento esté limpio.
- Revise el rodamiento, éste no debe tener ningún juego y el montaje debe ser correcto.

Revisar eje de entrada y rodamiento motriz.

- Revise eje, observe que no tenga desgaste.
- Revise el rodamiento, debe tener suficiente grasa, verifique que el sello esté bien, no debe presentar ningún juego, revise que el montaje sea correcto.

Revisar tambor de cola.

- Revise eje, observe que no tenga desgaste.
- Revise el rodamiento, debe tener suficiente grasa, verifique que el sello este bien, no debe presentar ningún juego.

Revisar rodillos.

- Revise lubricación, debe tener suficiente grasa, revise que el sello este en buen estado y que el rodamiento este limpio.
- Revise el rodamiento, éste no debe tener ningún juego

Revisar motor y reductor.

- Revise eje de salida, revise los movimientos extraños, verifique que no tenga escapes.
- Revise acople, verifique que no presente juego, que no este desalineado o ruido extraño.
- Revise eje de entrada, no debe presentar ningún movimiento extraño o escape
- Revise lubricación, saque el indicador de nivel, vea el nivel, tome en cuenta el ángulo de montaje.
- Observe e inspeccione los movimientos extraños del eje del motor.
- Revise ventilador, la tapa debe estar bien asegurada no deben faltar tornillos.

Revisar soporte.

- Revise la estructura, verifique que no falten tornillos, inspeccione los movimientos extraños y observe que la pintura se encuentre en buen estado.

Revisar operación de la banda transportadora.

- Revise los ruidos de los rodamientos, motor, estos deben ser silenciosos.
- Revise la temperatura, tanto en los rodamientos como en el motor debe ser normal.
- Chequear si existen movimientos extraños.
- Revise si posee algún detalle la cinta transportadora, como desgaste, huecos, o alguna fisura en los costados.

Notificar a producción.

- Informe al supervisor de turno que el transportador está nuevamente en servicio.

4.5.4.3 Elevador de cangilones.

Notificar a producción.

- Informe al supervisor de turno de planta que se rebajará en el elevador e indicar el tiempo estimado para completar el trabajo.

Desconectar la corriente.

- Corte la energía eléctrica antes de retirar la primera guarda de seguridad o llevar a cabo cualquier mantenimiento.

Revisar boca de alimentación.

- Revise el soporte, éste debe estar bien asegurado y no deben faltar tornillos.
- Revise el escape, no debe haber evidencia de polvo ni huecos.
- Revise acabado, no debe tener óxido, la pintura debe estar en buen estado y limpia.

Revisar rodamiento en bota.

- Revise ubicación, debe tener grasa fresca, rodamiento limpio y su sello en buen estado.

- Revise rodamiento, no debe tener ningún juego, sus pistas deben estar bien ajustadas y tener un buen montaje.
- Revise sello del eje, no debe tener escapes y la temperatura debe ser normal.
- Revise sello del tensor, no debe tener escapes.

Revisar el tambor de la bota.

- Abra la tapa, la banda debe estar tensada, centrada y debe subir todo el producto.
- Cierre la tapa, y revise que el empaque esté en buen estado.

Revisar piernas del elevador.

- Revise la estructura, deben estar rectas, no deben existir fisuras ni evidencia de escapes.
- Revise acabados, verifique que la pintura esté limpia y en buen estado, no debe haber óxido, debe tener su número de identificación.

Revisar banda de cangilón.

- Abra la puerta de inspección, revise que los tornillos de los cangilones no estén desgastados, que sus bordes y bandas estén bien y que la banda de cangilones esté centrada.
- Cierre la puerta, verifique que el empaque esté en buen estado.

Revisar escalera.

- Revise estructura, verifique que no existan soldaduras rotas o escalones doblados, verifique que las plataformas de descanso no estén dobladas o tengan hoyos.

- Revise acabados, verifique pintura en buen estado y limpia, no debe haber óxido en las escaleras o en las plataformas de descanso.

Revisar cabeza del elevador.

- Revise que la cabeza esté bien asegurada y que las barandas estén bien.
- Revise soporte, verificar si la tensión del cable es la adecuada.
- Revise el tensor, verificar que la argolla de enganche esté asegurada, que los ganchos estén en buen estado, y los ganchos no estén dañados en su rosca.

Revisar tambor de la cabeza.

- Abra la puerta de inspección, la banda debe estar centrada, el recubrimiento del rodillo en buen estado, la descarga no debe tener desgaste y el sello debe estar ajustado.
- Cierre la puerta de inspección asegurándose que el empaque este en buen estado.

Revisar rodamiento de la cabeza.

- Revise lubricación, verifique si tiene grasa fresca, que el sello del rodamiento esté en buen estado y que el rodamiento este limpio.
- Revise rodamiento, no debe tener juego, verifique si las piezas están bien ajustadas, y que el montaje sea correcto.

Revisar cadena y piñones.

- Revise los piñones, verifique el desgaste de los dientes y de sus lados, los piñones no deben tener juego.

- Revise cadena, no debe tener óxido, verifique si tiene la tensión normal, debe estar centrada y no presentar ningún juego lateral.
- Revise guarda, verifique que este bien asegurada, y que no tenga desgaste.

Revisar motor y reductor.

- Revise eje de salida, no debe tener movimientos extraños o escapes.
- Retire guarda del acople.
- Revise acople, éste no debe tener desgaste y los prisioneros deben estar bien ajustados.
- Revise eje de entrada, no debe tener movimientos extraños o escapes.
- Revise eje del motor, no debe tener ningún movimiento extraño.
- Revise la guarda, verifique que quede suficiente espacio libre.
- Revise el nivel de aceite.
- Revise que el montaje no tenga ningún movimiento extraño.
- Revise el ventilador de motor, debe estar bien asegurado.
- Revise conexión eléctrica, verifique que estén puestas las tapas y que la coraza esté bien asegurada.

Revisar boca de descarga.

- Revise que el soporte esté bien asegurado y que no falten tornillos.
- Revise escape, verifique si hay evidencias de polvo o si tiene huecos.
- Revise los acabados, no debe tener óxido, la pintura debe estar limpia y en buen estado, la lámina no debe estar deformada.

Arrancar la unidad.

- Retire etiquetas y avisos de seguridad.

- Quite el trancado del panel de control y del cuarto eléctrico.
- Oprima el botón de marcha.

Revisar operación del elevador.

- Revise los ruidos, los rodamientos deben ser silenciosos, la banda no debe patinar.
- Revise la temperatura, tanto en los rodamientos como en el motor debe ser normal.
- Revise los movimientos anormales.

Notificar a producción.

- Informe al supervisor de turno que el elevador de cangilones está nuevamente en servicio.

4.5.5 Programación.

Se ha desarrollado una programación de mantenimiento para cada uno de los elementos del sistema basándose en dos puntos bien definidos: en los reportes que se tienen en la empresa de paros por averías y en los tiempos de vida útil proporcionados por los fabricantes.

En los casos de chequeos de estructuras metálicas, láminas, soldaduras, escaleras, cadenas y piñones se harán semestrales ya que éstos tienen en promedio 2 reportes de fallos por averías. Por otra parte los rodamientos, cabezales, bocas de carga, descarga y cajas reductoras presentan fallos y vencimiento de vida útil de grasa y aceite cada 4 meses por lo que anticipándose a la avería se revisan en forma trimestral.

Además los cojinetes y chumaceras de los motores tienen por lo general reportes de fallos mensuales por lo que será necesario que se les proporcione tres revisiones mensuales para verificar su buen funcionamiento y proveerlos de grasa fresca, si es necesario.

Se presentan a continuación las tablas 4.19, 4.20 y 4.21 con la programación en meses del mantenimiento que se dará a cada elemento del nuevo sistema de recepción de materia prima a granel. Los meses se cuentan a partir de la fecha en que se inició el uso del sistema.

Tabla 4.19 Programación de mantenimiento para la tolva de recepción

Tolva	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inspección												
Chequear Lámina												
Chequear Soldadura												

4.5.6 Inspección de los equipos en planta.

Para mantener a los equipos en perfectas condiciones de operación es necesario realizar chequeo de los mismos en un periodo de tiempo determinado, para ello se cuenta con una hoja de inspección que notifica que cada uno de los elementos seleccionados fueron revisados, ya sea de manera visual o general, además ayuda a llevar un buen control de conteo de los equipos.

 C.R. INAGRO; S.A. Hoja de Inspección			
ACTIVIDAD	Frecuencia	SI	NO
Vista general de estructura de la banda transportadora	Cada arranque		
Inspeccion visual de rodillos	Cada arranque		
Inspeccion visual de la banda	Cada arranque		
Inspeccion visula de motorreductores 1 y 2	Cada arranque		
Inspeccion visual de la tolva de recepcion	Cada arranque		
Revisión de conexiones electricas	Semanal		
Comprobacion de funcionamiento general	Semanal		
Comprobacion de estructura general	Semanal		
Revisión de motores y reductores	Mensual		
Inspección de rodillos	Mensual		
Limpieza y revision de tablero de control	Mensual		
Alineacion de motoreductores	Semestral		
Pintura y sellado de estructuras	Semestral		
Reajustes de tornilleria en bastidores y rodillos	Anual		

Figura 4.55 Hoja de inspección de equipos

Tabla 4.20 Programación de mantenimiento para el elevador de cangilones

Elevador de Cangilones	Mes												
	Inspección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chequear boca de alimentación													
Chequear rodamientos de bota													
Chequear el tambor de la bota													
Chequear piernas del elevador													
Chequear bandas de cangilones													
Chequear escalera													
Chequear cabeza de elevador													
Chequear tambor de la cabeza													
Chequear rodamiento de la cabeza													
Chequear cadena y piñones													
Chequear motor y reductor													
Chequear boca de descarga													

Tabla 4.21 Programación de mantenimiento para la banda transportadora

Banda transportadora Inspección	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chequear boca de alimentación												
Chequear rodamientos de bola												
Chequear rodillos transportadores												
Chequear cinta transportadora												
Chequear estructura												
Chequear tambor de cola y motriz												
Chequear cadena y piñones												
Chequear motor y reductor												

4.5.7 Herramientas y equipos de mantenimiento.

En el desarrollo de las actividades de mantenimiento es necesario contar con las herramientas que permitan trabajar. Se debe tomar en cuenta la distancia que se encuentra el taller de la línea de recepción, por lo que regresar por una herramienta provocaría pérdida de tiempo, especialmente en el caso de la cabeza del motor del elevador, ya que para llegar a ella es necesario subir aproximadamente 3 pisos. Con el fin de hacer eficiente el trabajo del mecánico y eléctrico se ha determinado el equipo, herramienta e insumos que debe llevar consigo y se describe a continuación.

Es importante determinar el consumo de amperios de los equipos de transporte y elevación de productos para establecer si su funcionamiento es normal. Es por ello necesario contar con un amperímetro para comparar los consumos nominales de las fichas técnicas con los consumos reales. Otro parámetro que evidencia el funcionamiento de la maquinaria es la temperatura de trabajo, en este caso se contará con un termómetro digital que permita hacer mediciones en lugares poco accesibles tales como motores, cajas reductoras, cadenas y bandas. Las temperaturas reales de trabajo se compararán con las nominales de las fichas técnicas.

En cuanto a las herramientas, se determinó que el operador debe llevar al momento de realizar el mantenimiento, el juego de llaves que permita apretar o cambiar tornillos y tuercas, se debe revisar en el taller que no falte ninguna. Los tapones de las cajas reductoras se deben aflojar con una llave Hallen. Con el fin de chequear el lubricante. En el caso de la aplicación de grasa se debe llevar la pistola de engrase (grasera) cargada totalmente, ésta tiene capacidad para una libra de grasa, tomar en cuenta que para el engrase de rodamientos se aplica aproximadamente de 5 a 8 gramos a cada uno. También es necesario contar con destornilladores de estría y pala.

Los insumos necesarios son tornillos y tuercas ya que por la vibración que provocan los motores se aflojan y se caen, estos deben ser remplazarlos durante el chequeo.

En el caso de los lubricantes se debe contar con aceite SAE 40-SAE 30 para caja reductora. Para los rodamientos se aplicará grasa NGLI2, para cada tipo de rodamiento se debe aplicar la cantidad de grasa necesaria para su óptima lubricación.

4.5.8 Problemas y posibles soluciones en una banda transportadora.

1.- Cinta combada: evitar hacer rollos de cinta muy grandes o guardarlos en lugares húmedos. Una cinta nueva debería enderezarse cuando es forzada a ello, o si no debe ser reemplazada.

2.- Cinta inapropiadamente empalmada o sujetadores (grapas) dañados: usar los sujetadores correctos. Reapretar después de una corrida en un tiempo corto. Si el empalme es inapropiado, remover el empalme y colocar uno nuevo.

3.- Cinta demasiado rápida: reducir la velocidad de la cinta.

4.- Cinta estirada en un lado: dar tiempo para que la cinta nueva se reacomode. Si la cinta no se reacomoda adecuadamente o no es nueva, remover la sección estirada y empalmar un pedazo nuevo.

5.- Guaya interruptora extraviada o inadecuada: cuando el servicio se ha perdido, instalar una cinta con una guaya interruptora apropiada.

6.- Contrapeso demasiado pesado: recalcular el peso requerido y ajustar el contrapeso. Reducir la tensión de compensación al punto de deslizamiento y luego tensar suavemente.

7.- Contrapeso demasiado liviano: recalcular el peso requerido y ajustar el contrapeso. Ajustar la tensión con los tornillos si el compensador es de ese tipo.

8.- Daños por abrasivos, ácidos, químicos, calor, aceite: use la cinta para las condiciones especificadas. Para materiales abrasivos penetrando en cortadas y entre pliegues, reparar con parches fríos y permanentes. Sellar los sujetadores de metal o reemplazarlos con empalmes vulcanizados. Cubrir la línea de la cinta para protegerla de lluvia, nieve, o sol excesivo. No sobre-lubricar los bastidores.

9.- Mala velocidad diferencial en las poleas duales: hacer los ajustes necesarios.

10.- Accionamiento fuera de tensión: recalcular las tensiones máximas de la cinta y seleccionar la correcta. Si la línea está sobre-extendida, considere dos sistemas con puntos de transferencia. Si el tejido no tiene suficiente rigidez para la carga, instalar la cinta con apropiada flexibilidad cuando el servicio se pierda.

11.- Borde gastado o roto: reparar borde de la correa. O sacar el pedazo malo y empalmar un nuevo pedazo.

12.- Impacto excesivo del material sobre la cinta o los sujetadores: usar chutes y pantallas desviadoras correctamente diseñadas. Hacer empalmes vulcanizados. Instalar bastidores de impacto donde sea posible. Hacer que se carguen primero los finos.

Donde el material es atrapado en los delantales, ajustar las tablas a la mínima luz, o instalar bastidores acojinados para mantener la cinta contra el delantal.

13.- Tensión excesiva: recalcular y ajustar la tensión. Usar empalmes vulcanizados dentro de los límites recomendados.

14.- Bastidores congelados. Despejar bastidores. Lubricar. Mejorar mantenimiento. (No sobre-lubricar).

15.- Poleas y bastidores descuadrados: realinear. Instalar “limit-suiches” por mayor seguridad.

16.- Bastidores inapropiadamente ubicados: recolocar los bastidores o insertar bastidores adicionales espaciados para soportar la cinta.

17.- Cargado inapropiado, derramamiento: la alimentación debería estar en la dirección del viaje de la cinta y a la velocidad de la cinta, centrada sobre la cinta. Controlar el movimiento del flujo con alimentadores, chutes y delantales.

18.- Almacenaje o manejo inapropiado: referir al fabricante para detalles del almacenaje y el manejo.

19.- Tracción insuficiente entre la cinta y la polea: incrementar el abrace con poleas deflectoras. Revestir la polea de accionamiento. En condiciones de mojado usar revestimientos ranurados. Instalar correctamente los mecanismos de limpieza. Ver el punto número 7.

20.- Material entre la cinta y la polea: use delantales apropiados. Remover acumulación. Mejorar el mantenimiento.

21.- Material incrustado y adherido: remover acumulación. Instalar dispositivos de limpieza, barredores y mesa en "V" invertida. Mejorar mantenimiento.

22.- Revestimiento de polea desgastado: reemplazar el revestimiento desgastado. Apretar los tornillos salidos y sueltos.

23.- Poleas demasiado pequeñas. usar poleas de diámetros más grandes.

24.- Radio de la curva vertical convexa demasiado pequeño: incrementar el radio por realineación vertical de los bastidores para prevenir excesiva tensión de borde.

25.- Velocidad de cargado relativa demasiada alta o demasiada baja. Ajustar los chutes o corregir la velocidad de la cinta. Considerar el uso de bastidores de impacto.

26.- Cargado de lado: tratar de cargar en la dirección del viaje de la cinta, en todo el centro de la línea del transportador.

27.- Delantales inapropiadamente colocados.- Instalar tablas delantales de tal forma que no rocen contra la cinta.

La tabla C2 del anexo C presenta una data resumen de los problemas y posibles soluciones que se presentan en una banda transportadora.

4.6 Rentabilidad económica del proyecto.

La empresa como inversionista del proyecto necesita conocer el presupuesto de toda la obra, conociendo tanto los costos de diseño así como los de instalación, además desea conocer si el proyecto es rentable, conociendo también en cuantos años se obtienen beneficios de la obra además de conocer cuanta va a ser su nueva producción, de esta manera podrá tomar la decisión del proyecto.

4.6.1 Producción actual.

En el caso de la producción de semillas, la recepción de material se comienza a dar en el mes de Septiembre hasta el mes de Marzo a Abril, es decir, se trabaja en una ventana de seis meses, todo el tiempo restante del año sólo se mantienen almacenados los productos en cavas acondicionadas, la obtención de ganancias viene dada por la prestación de un servicio (procesamiento de semillas y almacenamiento) más no por la venta de un producto final. La capacidad instalada es utilizada sólo durante los seis meses que se recibe material, los otros seis meses del año son ociosos debido a la particularidad del proceso que esta empresa realiza.

Al recibir tanto material en tan poco tiempo es de esperar que la única línea de recepción y secado colapse, teniendo muchas veces que cancelar la recepción de materiales por falta de capacidad, de allí la importancia de la nueva línea de recepción de materiales a granel diseñada, ya que ésta permite un aumento en la capacidad de recepción de maíz en mazorca por el sólo hecho de desvincular los materiales a granel de los equipos de recepción y secado para su dedicación exclusiva al maíz, función incluso para la que fueron hechos, además permitirá un aumento en la capacidad de recepción de materiales a granel y la reactivación de maquinarias especializadas para éste tipo de materiales que estaban inactivas por falta de una línea de recepción apropiada, no bastando eso se podrá reducir el personal encargado del área a sólo dos personas, que dada la situación actual del país representa un beneficio considerable para la empresa.

Finalmente para calcular la rentabilidad se obtendrá el diferencial de ganancia entre el sistema de recepción actual y el sistema de recepción diseñado, estos ingresos irán amortizando el costo de inversión inicial del sistema diseñado.

4.6.2 Capacidad de Producción actual

La planta estará en capacidad de procesar 2.225 kg. promedio de semilla por hora de operación, lo que resulta considerando un solo turno de ocho horas de operación en 17.801kg./día, 436.132kg./mes y considerando 10,8 meses de operación da como resultado 4.710.222 kg/año y finalmente corrigiendo esta cifra un 5% menos por paradas para mantenimiento y fallas de maquinarias en un total de 4.474.711 kg/año como capacidad de procesamiento real, la tabla 4.22 cuenta con un resumen de lo expuesto.

Tabla 4.22 Capacidad instalada actualmente.

Fuente: Información proporcionada por C.R. Inagro, S.A.

Capacidad Instalada	Parámetros
Kg./mes	436.132,00
Meses Trabajados	10,8
Capacidad Instalada anual (Kg./año)	4.710.222
Corrección por Mantenimiento y fallas	5,00%
Capacidad Instalada real (Kg./Año)	4.474.711

Fuente: Información proporcionada por C.R. Inagro, S.A.

4.6.3 Capacidad Instalada por rubro.

Tabla 4.23 capacidad instalada por rubro.

Fuente: Información proporcionada por C.R. Inagro, S.A.

Producto	Capacidad instalada anual	Capacidad instalada para 6 meses	Unidad
Maíz	2.824.315	1.412.158	Kg
Caraota	197.724	98.862	Kg
Fríjol	292.906	146.453	Kg
Soya	706.975	353.488	Kg
Arroz	135.763	67882	Kg
Girasol	89.546	44.773	Kg
Sorgo	227.482	113.741	Kg

4.6.4 Capacidad a Utilizar

Considerando manejar inicialmente el 8% del mercado de semilla, lo que representa aproximadamente unas 2100 toneladas, esto representa una capacidad utilizada el 1er año del proyecto de aproximadamente 45%, para el 2do año se espera aumentar a 12% la participación de mercado, lo que representa unas 3.150 toneladas, para el 3er año se espera un 15% de participación lo que representa unas 3.900 toneladas hasta llegar al 17% en el 4to año de operaciones, unas 4.500 toneladas, lo que significa llegar a ocupar con la actividad principal de producción de semilla hasta un 100% de la capacidad total.

4.6.5 Implementación de nueva línea de recepción

Como ya se ha mencionado anteriormente, la empresa cuenta con una línea de procesamiento de materiales a granel que se encuentra inhabilitada actualmente debido a la falta de un sistema de recepción para abastecerla. La línea de procesamiento de materiales a granel cuenta con los siguientes equipos: secadores verticales de porción, scalper (limpiadora de arroz), limpiadora de granos, mesa gravimétrica, clasificadora, fumigadora y empaquetadora. Para determinar la proyección de la producción que tendría la empresa con la implementación de la nueva línea de recepción de materiales a granel, se realizó un estudio a los equipos para estipular las capacidades que se manejarían, obteniendo como resultado que el cuello de botella es generado por los secadores de porción, ya que su capacidad es de 10.000 Kg (20.000 kg para ambos) y el tiempo promedio que tardan en secar dicha cantidad es de 19 a 22 horas, esto implica que la capacidad de procesamiento dependerá de cuanto material pueda pasar por los secadores. Realizando los cálculos respectivos se estima la producción de materiales a granel de la siguiente manera considerando paradas por mantenimiento y fallas de equipo, además de la pérdida considerable de un 5% de granos descartados por defectos, se tiene que:

$$\text{Proy. de producción anual} = \frac{20.000 \text{ Kg}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{20 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \cdot \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \cdot 0,95 = 4.560.000 \text{ kg/año}$$

Además de estos resultados, se obtiene también un extra de producción de maíz en mazorca debido a que la capacidad de recepción de materiales a granel en la línea existente será utilizada sólo para maíz en mazorca. Entonces, realizando una suma de todos los materiales a granel y teniendo en cuenta que por cada 15.000 kg que se reciben de material a granel se podrían recibir 25.000 kg de maíz en mazorca (una diferencia de 40%) se obtiene lo siguiente:

$$\text{Prod. extra de maíz en mazorca} = 1.650.396 \text{ kg/año} \cdot 1,40 = 2.310.554 \text{ Kg/año}$$

De acuerdo a los cálculos anteriores la nueva capacidad instalada será la siguiente:

Tabla 4.24 Capacidad instalada según proyecciones de producción.

Producto	Capacidad Instalada Anual (Kg)	Capacidad instalada para 6 meses
Maíz	5.134.869	2.567.435
Caraota	4.560.000	2.280.000
Fríjol		
Soya		
Arroz		
Girasol		
Sorgo		
TOTAL	9.694.869,00	4.847.435

Entonces, para obtener la ganancia bruta que se genera por año gracias a la línea de recepción diseñada, es necesario realizar la sumatoria de las ganancias de las proyecciones de producción tanto para materiales a granel como para maíz en

mazorca, teniendo en cuenta que la capacidad de recepción total quedaría apta para recibir las mismas cantidades de ambos materiales. Además se debe acotar que el período de producción es de 6 meses, considerando que el precio de procesamiento y almacenamiento del producto es de 8,10 Bs/kg se obtiene lo siguiente para un estudio de 5 años. (Tabla 4.25).

Tabla 4.25 Estimación de ingresos brutos.

Período	Estimación de producción (Kg)	40% de producción de maíz (Kg)	Granel (Kg)	Ingresos brutos (BsF)
Año 0				
Año 1	2.100.000	420.000	1.050.000	11.907.000,00
Año 2	3.150.000	630.000	1.575.000	17.860.500,00
Año 3	3.900.000	780.000	1.950.000	22.113.000,00
Año 4	4.560.000	912.000	2.280.000	25.855.200,00
Año 5	4.560.000	912.000	2.280.000	25.855.200,00

4.6.6 Rentabilidad

Para el estudio de rentabilidad se establece un tiempo crítico de recuperación de la inversión inicial de capital de 5 años con financiamiento por medio de capital propio, se establece además una depreciación lineal para equipos (tolva y banda) y edificios (fosa) con 30 años de vida útil. El modelo aplicado para el estudio será el de valor actual con una tasa mínima de rendimiento establecida por los propietarios de la empresa de 20%, de la misma forma se incluirá un estudio del tiempo de pago de la inversión inicial del proyecto.

4.6.7 Inversión inicial

La inversión inicial contempla los costos de cada uno de los elementos y sus componentes pertenecientes a la línea de recepción de materiales a granel diseñada, siendo estos: fosa, tolva de recepción, banda transportadora y sistema de automatización. Serán incluidos también los costos de instalación y fabricación según sea el caso.

La tabla C1 del anexo C indica el valor de la inversión inicial, así como también el valor de cada uno de los materiales y piezas que pertenecen al diseño de la nueva línea de recepción de material a granel.

4.6.8 Costos de producción.

De acuerdo a información proporcionada por la empresa, los costos de producción asociados a la línea de recepción y procesamiento de materiales a granel serán de 5,67 BsF/Kg, este valor se fijó en base a la mano de obra directa, el mantenimiento de equipos, gastos generales y materiales indirectos. (Tabla 4.26).

Tabla 4.26 Costos de producción asociados a la línea de recepción y procesamiento de materiales a granel.

Período	Producción asociada a línea de granel (kg)	Costos de producción (BsF/Kg)
Año 0		
Año 1	1.470.000	8.334.900,00
Año 2	2.205.000	12.502.350,00
Año 3	2.730.000	15.479.100,00
Año 4	3.192.000	18.098.640,00
Año 5	3.192.000	18.098.640,00

4.6.9 Utilidad neta

La utilidad neta será el resultado de descontar a los ingresos brutos todos los gastos asociados a la puesta en marcha de la línea de recepción diseñada.

Tabla 4.27 estimación de utilidad neta.

Período	Ingresos brutos (Bs)	Costos de producción (Bs)	Depreciación anual (Bs)	Ingreso neto gravable (Bs)	ISLR (Bs)	Utilidad neta (Bs)
Año 0						
Año 1	11.907.000,00	8.334.900,00	86.211,30	3.485.888,70	1.121.702,16	2.364.186,54
Año 2	17.860.500,00	12.502.350,00	86.211,30	5.271.938,70	1.728.959,16	3.542.979,54
Año 3	22.113.000,00	15.479.100,00	86.211,30	6.547.688,70	2.162.714,16	4.384.974,54
Año 4	25.855.200,00	18.098.640,00	86.211,30	7.670.348,70	2.544.418,56	5.125.930,14
Año 5	25.855.200,00	18.098.640,00	86.211,30	7.670.348,70	2.544.418,56	5.125.930,14

4.6.10 Determinación del valor actual (VA)

Se aplica el modelo de valor actual para determinar la rentabilidad de la implementación de la nueva línea de recepción en forma de una cantidad de dinero en el presente, se obtienen los flujos monetarios netos del proyecto a una tasa mínima de rendimiento (TMR) del 20%.

Tabla 4.28 cálculo del Valor Actual.

Período	Depreciación acumulada (Bs)	Valor Residual (Bs)	Utilidad neta (Bs)	Flujo monetario neto (Bs)	Valor Actual (Bs)
Año 0				-2.742.937,00	-2.742.937,00
Año 1	86.211,30	2.586.339,00	2.364.186,54	2.364.186,54	1.970.147,57
Año 2	172.422,60	2.413.916,40	3.542.979,54	3.542.979,54	2.460.422,14
Año 3	258.633,90	2.327.705,10	4.384.974,54	4.384.974,54	2.537.584,77
Año 4	344.845,20	2.241.493,80	5.125.930,14	5.125.930,14	2.471.979,81
Año 5	431.056,50	2.155.282,50	5.125.930,14	7.281.212,64	2.926.173,74
				Total VA	9.623.371,03

Como resultado se obtiene una $VA \geq 0$ lo que quiere decir que los ingresos del proyecto superan a los costos, incluyendo la tasa mínima de rendimiento, en una cantidad de 9.623.371,03 BsF. En un tiempo de 5 años de pago.

A manera de respaldo del resultado obtenido en el estudio de rentabilidad a través del método de valor actual, se efectúa también un estudio del tiempo de pago del proyecto (Tabla 4.29).

Tabla 4.29 Cálculo del tiempo de pago.

Período	Capital pendiente al inicio (Bs)	Amortización del principal (Bs)	Capital pendiente al final (Bs)
Año 0			2.742.937,00
Año 1	2.742.937,00	2.364.186,54	378.750,46
Año 2	378.750,46	3.542.979,54	-3.164.229,08
Año 3	-3.164.229,08	4.384.974,54	-7.549.203,63
Año 4	-7.549.203,63	5.125.930,14	-12.675.133,77
Año 5	-	5.125.930,14	-17.801.063,91

Desde el punto de vista del tiempo de pago, el proyecto de inversión en la nueva línea de recepción es aceptable, ya que la inversión inicial de capital se logra recuperar durante el segundo año de funcionamiento, logrando así quedar dentro del tiempo crítico de 5 años establecido por los inversionistas.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 CONCLUSIONES

Partiendo de los estudios realizados y de los resultados obtenidos, a continuación se presentan las conclusiones más relevantes de esta investigación.

- Se realizó el estudio de la línea de recepción de material a granel utilizada en la planta actualmente, con lo que se pudo determinar cuáles son las etapas más críticas de éste y por lo tanto, las que se recomienda intervenir para mejorar la producción.
- En el estudio realizado se observó que la planta cuenta con instalaciones para procesamiento de semillas a granel, las cuales no se encuentran activas debido a la falta de un sistema de recepción de material a granel.
- Entre los equipos existentes para el procesamiento de semillas, se realizó el cálculo de la capacidad del elevador de cangilones, ya que la empresa no contaba con esa información, además se partió de este cálculo para el diseño de la nueva línea de recepción de material a granel.

- En vista de que el objetivo de la empresa es aumentar la producción, se plantearon varias alternativas o posibles soluciones a la situación existente, que satisficieran las demandas presentadas por la empresa. El método de las ponderaciones resultó muy conveniente para la selección de la solución que mejor se adaptaba a la problemática propuesta.
- El diseño del dispositivo requirió de la selección de algunos componentes (por ser ellos normalizados) y de la realización de los cálculos resistivos para otros como tolva de recepción y estructura de soporte, estructura de soporte de la banda transportadora, tambor motriz, eje de tambor motriz, rejilla de recepción.
- Al realizar los cálculos resistivos a cada uno de los elementos de la línea de recepción a diseñar, se observaron resultados satisfactorios, la rejilla de recepción presentó un factor de seguridad de 3,5 lo cual es aceptable para el diseño, en cuanto al análisis estático de deformación y desplazamiento se puede concluir que son despreciables en comparación al tamaño de la rejilla, además el análisis de fatiga nos indica los puntos donde el elemento va a fallar.
- La tolva y su estructura de soporte se evaluó mediante el mismo procedimiento, obteniendo de igual manera resultados satisfactorios, está presentó un factor de seguridad de 6,2, éste siendo mayor a uno (1) se considera aceptable al momento de realizar el diseño, en el análisis de desplazamiento estático y deformación estática, se concluye que son desplazamientos mínimos en comparación al tamaño de la tolva y que estos pueden ser despreciables.
- La estructura de soporte de la banda transportadora demostró ser totalmente satisfactoria, ya que tiene un factor de seguridad mínimo de 130 (muy elevado), se debe destacar que los análisis de desplazamiento y deformación

estática se pueden despreciar, ya que la deformación y el desplazamiento son mínimos comparados con el tamaño de la estructura.

- El análisis realizado al diseño del rodillo y eje motriz, indica que su factor de seguridad es de 28 y que su diseño es aceptable, y que los desplazamientos estáticos son muy pequeños, los cuales pueden ser despreciable.
- La línea de recepción será operada por una sola persona, la cual dispondrá de un tablero de control para poner en funcionamiento el elevador de cangilones y la banda transportadora, además de esto contará con una serie de dispositivos de advertencia que ayudarán a garantizar la seguridad del personal durante el proceso.
- La capacidad de recepción actual a través del dispositivo tipo bazuca es de 26 ton/h, mientras que la capacidad de la línea de recepción diseñada es de 46 ton/h, esto implica un aumento de la capacidad de recepción utilizando la nueva línea en comparación con la capacidad de la bazuca de 77%.
- El chequeo de los equipos con la frecuencia mencionada es de suma importancia, para poder mantenerlos en perfectas condiciones, y así evitar paradas de plantas no programadas que influirán en la pérdida de clientes, ya que se está tratando con semillas las cuales son muy delicadas y no pueden ser almacenadas sin ser procesadas, es decir, no se debe mantener estacionado un camión granelero hasta que el problema sea solventando, en vista de que puede ocurrir el desconocimiento del tiempo de reparación, además de la producción debido a la pérdida de tiempo de procesamiento, en caso de no estar en época de recibimiento de material.
- Luego de haber aplicado el modelo de estudio de rentabilidad denominado valor actual, se concluye que la inversión en ésta nueva línea de recepción de

materiales a granel es notoriamente rentable considerando una tasa mínima de rendimiento del 20%, para sustentar éste resultado se determinó que el tiempo de pago de la inversión es de 2 años de operación de la línea.

5.2 Recomendaciones.

- Diseñar un sistema de aspiración para evitar partículas suspendidas en el aire con el fin de reducir los riesgos de explosión y la contaminación del aire en el recinto y sus alrededores, para la contención de dichas partículas también resultaría conveniente la fabricación de una cobertura para la banda transportadora, de esta manera se reduciría considerablemente la dispersión de partículas.
- Diseñar un programa de entrenamiento en normas de seguridad para el personal de operación de la línea diseñada, de esta forma se sacaría el máximo provecho a los dispositivos de advertencia incluidos en el diseño.

Referencias bibliográficas

- (Belt Conveyor CEMA), Handbook. 2da Ed, 68.
- Boror. (2003). Diseño de un sistema de recepción de materia prima a granel y elaboración del manual de puestos y funciones para el personal operativo del departamento de producción en purina de Guatemala, S.A. 57-128.
- Castro, J. y otros. (2011). Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustibles de vehículos de carga. 78-85.
- Estrada, F. y otros. (2002). Manejo de materiales. 34-106.
- Fuenmayor. Z. (2014). Estudio técnico-económico en la implementación de un sistema de bandas transportadoras para el acarreo de estéril en el área de la mina paso diablo sur, Carbozulia S.A. 62-75.
- Gómez, D. (2008). Diseño, construcción y automatización de una cinta transportadora para la simulación mecánica de un proceso industrial. 46-88.
- Goodyear (1975). Handbook of Conveyor and Elevator belt. 5-7.
- Hinojosa. H. (2002). Software para diseño de transportadores de banda. 62-125.

- Holbrow. P. y otros. (2002). Explosion venting of bucket elevators. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15, 337-383.
- McBride, W. y otros. (2009). An investigation and optimization of the 'OLDS' elevator using Discrete Element Modeling. *Powder Technology*, 193, 216-234.
- Miravete De Marcos, A. y otros. (1998). Los transportes en la ingeniería industrial: problemas y práctica. 1ª Ed., Reverté S.A, Barcelona-España, 154-169.
- Norma DIN 22101:1982-02 Continuous conveyors Belt conveyors for loose bulk materials Basics for calculation and dimensioning.
- Norma ISO 5048: 1989 (E) Continuous mechanical handling equipment -
- Belt conveyors with carrying idlers Calculation of operating power and tensile Forces.
- Norma Venezolana COVENIN 2402:1997. Tipología de los vehículos de carga.
- Norma Venezolana COVENIN 614:1997. Límite de peso para vehículos de carga.
- Patel, J. y otros. (2012). A Review on numerical and experimental study of screw conveyor. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 1, 66-69.
- Pirelli. Manual de cálculo de cintas transportadoras. 19-35.

- Rademacher, F. (1979). Non-spill discharge characteristics of bucket elevators. *Powder Technology*, 22, 215-241.
- Roulunds. Catálogo de Bandas Transportadoras. 23,11-13.
- Rulmecca. Catálogo sobre criterios de diseño de las cintas transportadoras. 12.
- Saavedra, R. (2000). Metodología para mejorar los programas de operación y mantenimiento de cintas transportadoras. 126-149.
- Sanz, P. (2011). Software para el diseño de una banda transportadora y creación del modelo de elementos asociado. 97-132.
- Shreekant, R. y otros. (2002). Mechanical damage to soybean seed during processing. *Journal of stored products Research*, 38, 385-394.
- Zereiforush, H. y otros. (2010). Screw conveyor power and Troughput Analysis during Horizontal handling of Paddy Grains. *Journal of Agricultural Science*, 2, 147-157.

Anexo “A”

Tabla A1 Valores de K para garantizar que no ocurra deslizamiento. Fuente: Manual de cálculo de cintas transportadoras de Pirelli, pág-28.

Valores de K_1 :

Arco abrazado α°	Coeficiente convencional de rozamiento			
	0,20	0,25	0,30	0,35
180°	2,15	1,84	1,64	1,50
200°	2,00	1,71	1,54	1,42
210°	1,94	1,67	1,51	1,38
220°	1,88	1,62	1,46	1,36
240°	1,77	1,54	1,40	1,30
300°	1,54	1,38	1,26	1,19
360°	1,40	1,26	1,18	1,12
420°	1,30	1,19	1,12	1,08
480°	1,23	1,14	1,08	1,05

Principal dimensiones			Capacidades de carga básica		Velocidades nominales		Designación
d	D	B	dinámica	estática	Velocidad de referencia	Límite de velocidad	
mm			kN	C_0	r/min		* rodamiento SKF Explorer
20	72	19	30,7	15	24000	15000	6404

Factores de cálculo
 k_r 0,035
 f_0 11

Figura A1. Selección de rodamiento para eje de los rodillos inferiores. Fuente: Catálogo digital de rodamientos SKF.

Tabla A2. Selección de chumacera para eje de tambor. Fuente: Catálogo Bearing and Seals, Chumaceras tipo flange, pág-43.



Codigo	Diámetro Eje		Dimensiones (mm)									Tornillo	Peso (kg)		
	Pulg.	mm	H	J	L	A2	A1	A	E	N	S				
UCLR202		15													0.43
UCLR202-10	5/8		99	76.5	57	15	11	25.5	30.9	11.5	11.5	M10		0.43	
UCLR203		17													
UCLR203-11	11/16														
UCLR204-12	3/4		113	90	69	15	11	25.5	33.3	11.5	12.7	M10		0.48	
UCLR204		20													
UCLR205-14	7/8														
UCLR205-15	15/16		130	99	88	16	12	27	35.7	11.5	14.3	M10		0.6	
UCLR205		25													
UCLR205-16	1														
UCLR206-18	1-1/8														
UCLR206		30	148	117	88	18	13	31	40.2	11.5	15.9	M10		0.9	
UCLR206-19	1-3/16														
UCLR206-20	1-1/4														
UCLR207-20	1-5/16														
UCLR207-21	1-5/16														
UCLR207-22	1-3/8		161	130	98	19	14	34	44.4	14	17.5	M12		1.2	
UCLR207		35													
UCLR207-23	1-7/16														
UCLR208-24	1-1/2														
UCLR208-25	1-9/16		175	144	108	21	14	36	51.2	14	19	M12		1.5	
UCLR208		40													
UCLR209-26	1-5/8														
UCLR209-27	1-11/16														
UCLR209-28	1-3/4		188	148	108	22	16	38	52.2	18	19	M16		1.9	
UCLR209		45													
UCLR210-30	1-7/8														
UCLR210-31	1-15/16		197	157	115	22	16	40	54.6	18	19	M16		2.2	
UCLR210		50													
UCLR211-32	2														
UCLR211-34	2-1/8		224	184	138	25	18	43	58.4	18	22.2	M16		3.1	
UCLR211		55													
UCLR211-35	2-3/16														
UCLR212-36	2-1/4														
UCLR212		60	250	202	148	29	18	48	68.7	18	25.4	M16		4	
UCLR212-38	2-3/8														
UCLR212-39	2-7/16														
UCLR213-40	2-1/2														
UCLR213		65	258	210	155	30	20	50	69.7	23	25.4	M20		5	
UCLR214-44	2-3/4														
UCLR214		70	265	214	168	31	20	54	75.4	23	30.3	M20		5.6	
UCLR215		75	275	225	164	34	22	55	78.5	23	33.3	M20		6.2	
UCLR215-48	3														

Au. La Industria, galpón 22, sector La Providencia c/c. Av. Intercomunal, Turmero - Maracay, Maracay-Edo. Aragua.
 Teléfonos: (0243) 269.43.49 / 269.44.80 / 269.00.34 / 269.09.93 / 269.15.32 / Fax: (0243) 269.38.40 / e-mail: maracay@bearings-and-seals.com



BEARINGS & SEALS
 BY 2014 TORO 2 / 91 100 100 000

Tabla A3. Selección de modelo de motorreductor. Fuente: Catálogo de motorreductores SIEMENS D87.1-2008, pág.-6/8.

Motorreductores
Reductores sinfin-corona

Motorreductores de hasta 1,5 kW

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{red}	Rendimiento η	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹							
0,55 (50 Hz)	SC.55-LA8054								
0,66 (60 Hz)	55	67	72	2,1	25	0,76	2KJ1702 - WDB13 - WBE1	15	15
	70	84	92	2,4	20	0,83	2KJ1702 - WDB13 - WBD1	15	15
	90	112	48	3,2	15	0,85	2KJ1702 - WDB13 - WBC1	15	15
	SC.55-LA8054								
0,75 (50 Hz)	46	56	75	0,94	30	0,69	2KJ1701 - WDB13 - WBF1	14	14
	56	67	67	1,1	25	0,71	2KJ1701 - WDB13 - WBE1	14	14
	70	84	60	1,2	20	0,79	2KJ1701 - WDB13 - WBD1	14	14
	90	112	46	1,6	15	0,82	2KJ1701 - WDB13 - WBC1	14	14
	140	166	33	2,2	10	0,87	2KJ1701 - WDB13 - WBB1	14	14
	199	230	24	3,0	7	0,91	2KJ1701 - WDB13 - WBA1	14	14
0,90 (50 Hz)	SC.83-LA80M4								
0,90 (60 Hz)	23	28	203	0,81	60	0,68	2KJ1702 - WDC13 - WDJ1	15	15
	28	34	175	0,92	60	0,68	2KJ1702 - WDC13 - WDH1	15	15
	35	42	146	1,1	40	0,71	2KJ1702 - WDC13 - WDC1	15	15
	46	56	114	1,3	30	0,74	2KJ1702 - WDC13 - WDF1	15	15
	56	67	98	1,6	25	0,76	2KJ1702 - WDC13 - WDE1	15	15
	70	84	85	1,8	20	0,83	2KJ1702 - WDC13 - WDD1	15	15
	90	112	66	2,3	15	0,85	2KJ1702 - WDC13 - WDC1	15	15
140	166	46	3,2	10	0,90	2KJ1702 - WDC13 - WDB1	15	15	
	SC.90-LA80M4								
1,1 (50 Hz)	66	67	91	0,8	25	0,71	2KJ1701 - WDC13 - WDE1	14	14
	70	84	81	0,9	20	0,79	2KJ1701 - WDC13 - WDD1	14	14
	90	112	63	1,1	15	0,82	2KJ1701 - WDC13 - WDC1	14	14
	140	166	45	1,6	10	0,87	2KJ1701 - WDC13 - WDB1	14	14
	199	230	33	2,2	7	0,91	2KJ1701 - WDC13 - WBA1	14	14
1,3 (50 Hz)	SC.53-LA9054								
1,3 (60 Hz)	47	56	165	0,92	30	0,74	2KJ1702 - WEL13 - WBF1	19	19
	57	68	141	1,1	25	0,76	2KJ1702 - WEL13 - WBE1	19	19
	71	85	123	1,2	20	0,83	2KJ1702 - WEL13 - WBD1	19	19
	94	113	95	1,6	15	0,85	2KJ1702 - WEL13 - WBC1	19	19
	142	170	67	2,2	10	0,9	2KJ1702 - WEL13 - WBB1	19	19
	202	242	48	3,1	7	0,92	2KJ1702 - WEL13 - WBA1	19	19
1,5 (50 Hz)	SC.83-LA90L4								
1,5 (60 Hz)	71	85	167	0,91	20	0,83	2KJ1702 - WEP13 - WBD1	22	22
	95	114	129	1,2	15	0,85	2KJ1702 - WEP13 - WBC1	22	22
	142	170	91	1,7	10	0,9	2KJ1702 - WEP13 - WBB1	22	22
	203	244	65	2,3	7	0,92	2KJ1702 - WEP13 - WBA1	22	22

6

Para versiones de eje, ver la página 6/13 1, 2 ó 3
 Para frecuencias y tensiones, ver la página 6/16 1 ó 3
 Para formas de carcasa, ver la página 6/11 A, D, F ó H
 *) para forma constructiva B3

Tabla A4. Selección de versión de eje. Fuente: Catálogo de motoredutores SIEMENS D87.1-2008, pág.-6/13.

**Motorreductores
Reductores sinfin-corona**

Versiones de eje

Datos para selección y pedidos

Version del eje	Referencia a posición	Apéndice de la referencia	Dimensiones del eje		
Reductores a sinfin-corona SC, carcasa con montaje por el eje					
Tamaño			SC.Cas	SC.Cso	SC.Cea
Eje enchufable con chaveta	1		V18 x 40	V25 x 50	V25 x 60
Eje hueco	5		H18 x 76	H20 x 88	H25 x 120
	6		H20 x 76 ¹⁾	H25 x 88 ¹⁾	
Reductores a sinfin-corona SC, carcasa con montaje o brazo de reacción					
Tamaño			SC.Zas SC.Das	SC.Zao SC.Dao	SC.Zes SC.Des
Eje enchufable con chaveta	1		V18 x 40	V25 x 50	V25 x 60
Eje hueco	5		H18 x 76	H20 x 88	H25 x 120
	6		H20 x 76 ¹⁾	H25 x 88 ¹⁾	
Reductores a sinfin-corona SC, carcasa con brida (tipo A)					
Tamaño			SC.Fas	SC.Fao	SC.Fea
Eje enchufable con chaveta	1		V18 x 40	V25 x 50	V25 x 60
Eje hueco	5		H18 x 76	H20 x 88	H25 x 120
	6		H20 x 76 ¹⁾	H25 x 88 ¹⁾	

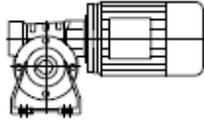
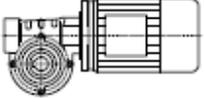
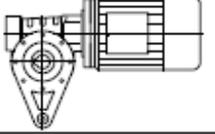
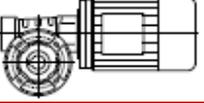
¹⁾ Serie profiverte

Tabla A5. Selección de carcasa de motorreductor. Fuente: Catálogo de motorreductores SIEMENS D87.1-2008, pág.-6/11.

Motorreductores
Reductores sinfin-corona

Modos de fijación

Datos para selección y pedidos

Modo de fijación	Referencia 14.º pos.	Identificación en designación de tipo (4.ª posición)	
Patas adicionales en la tapa	A	C	
Contraje (tipo C)	H	Z	
Brazo de reacción	D	D	
Brida (tipo A)	F	F	

6

Tabla A6. Selección de tipos de tensiones de motorreductor. Fuente: Catálogo de motorreductores SIEMENS D87.1-2008, pág.-8/18.

Motorreductores
Motores

Ejecución eléctrica

Tensiones, intensidades y frecuencias (continuación)
Posibles tensiones en motores con un número de polos

Tensiones	Conexión Servicio	Fre- cuencia	Potencia ¹⁾	Referen- cia, 12.4 posición	Agencia de la referencia	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	
Tensiones estándar para motores según CENELEC																			
220 ... 240 V / 380 ... 420 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	1		✓	✓	✓	✓	✓									
380 ... 420 V / 660 ... 725 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	1							✓	✓	✓	✓					
220 ... 240 V / 380 ... 420 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	2		✓	✓	✓	✓	✓									
440 ... 480 V	Y	60 Hz	1,2 x P ₅₀																
380 ... 420 V / 660 ... 725 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	2							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
440 ... 480 V	Δ	60 Hz	1,2 x P ₅₀																
Tensiones especiales para motores según CENELEC																			
220 ... 240 V / 380 ... 420 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	9	N1A						✓								
380 ... 420 V / 660 ... 725 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	9	N1B							✓							
220 ... 240 V / 380 ... 420 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	9	N2A						✓								
440 ... 480 V	Y	60 Hz	1,2 x P ₅₀																
380 ... 420 V / 660 ... 725 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	9	N2B							✓							
440 ... 480 V	Δ	60 Hz	1,2 x P ₅₀																
500 V	Y	50 Hz	P ₅₀	9	N1C	✓	✓	✓	✓										
500 V	Δ	50 Hz	P ₅₀	9	N1D	✓	✓	✓	✓										
Tensiones para motores a ejecución eléctrica según NEMA																			
440 ... 480 V	Y	60 Hz	1,2 x P ₅₀	9	N3C	✓	✓	✓	✓	✓									
440 ... 480 V	Δ	60 Hz	1,2 x P ₅₀	9	N3D	✓	✓	✓	✓	✓									
Tensiones para motores según UL-R																			
230 / 460 V	YY/Y	60 Hz	P ₅₀																
460 V	Δ	60 Hz	P ₅₀																
Tensiones para motores según CSA																			
575 V	Y	60 Hz	P ₅₀																
575 V	Δ	60 Hz	P ₅₀																
Tensiones para motores según UL-R y CSA																			
230 / 460 V	YY/Y	60 Hz	P ₅₀																
460 V	Δ	60 Hz	P ₅₀																
575 V	Y	60 Hz	P ₅₀																
575 V	Δ	60 Hz	P ₅₀																
Otras tensiones para 50 Hz																			
220 ... 240 V / 380 ... 420 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	9	N4A	✓	✓	✓	✓	✓									
380 ... 420 V / 660 ... 725 V	Δ/Y	50 Hz	P ₅₀	9	N4B						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tensiones para alimentación por convertidor																			
400 V	Y	50 Hz ²⁾	P ₅₀	9	N5B	✓	✓	✓	✓	✓									
400 V	Δ	50 Hz ²⁾	P ₅₀	9	N5C						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
400 V	Δ	57 Hz ²⁾	P ₅₀	9	N5A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
230 V	Δ	50 Hz ²⁾	P ₅₀	9	N5A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tensiones para motores a freno con rectificador de freno																			
380 ... 420 V	Y	50 Hz	P ₅₀																
380 ... 420 V	Δ	50 Hz	P ₅₀																

1) P₅₀ / P₅₀ = Potencia asignada con 50 Hz a 60 Hz. * Posible previa consulta
2) Frecuencia de corte

En motores que funcionan tanto en conexión en triángulo como en estrella, es posible conmutar Δ-Y para el arranque.

8/18 Siemens D 87.1 - 2008

Tabla A7. Selección de rodillos superiores. Fuente: Catálogo de rodillos para transportadores REXNORD (2014), pág-16.

REX CLASSIC IDLERS — Series B+

Series B+ Dimensions

Return Idler

B+ rolls can be furnished in urethane-coated.

Dimensions (In) — Average Weight (lb)

Belt Width	4" Roll		5" Roll		B	C	L
	Product Number	Idler Weight	Product Number	Idler Weight			
18	18-G84040-21	17	18-G85040-21	20	26-1/2	27	21
20	20-G84040-21	18	20-G85040-21	21	30-1/2	29	23
24	24-G84040-21	20	24-G85040-21	24	34-1/2	33	27
30	30-G84040-21	24	30-G85040-21	29	40-1/2	38	33
36	36-G84040-21	29	36-G85040-21	33	46-1/2	45	39
42	42-G84040-21	33	42-G85040-21	38	52-1/2	51	45
48	48-G84040-21	39	48-G85040-21	44	58-1/2	57	51

⊙ Use washers with 1/2" bolts.
 ⊕ Also available with 11-3/4" and 16-1/2" drop.

Flat Idler

B+ rolls can be furnished in urethane-coated.

Dimensions (In) — Average Weight (lb)

Belt Width	4" Roll		5" Roll		B	C	L
	Product Number	Idler Weight	Product Number	Idler Weight			
18	18-G84020-21	18	18-G85020-21	22	29	27	21
20	20-G84020-21	20	20-G85020-21	23	31	29	23
24	24-G84020-21	22	24-G85020-21	26	35	33	27
30	30-G84020-21	26	30-G85020-21	30	41	38	33
36	36-G84020-21	31	36-G85020-21	35	47	45	39
42	42-G84020-21	35	42-G85020-21	40	53	51	45
48	48-G84020-21	41	48-G85020-21	46	59	57	51

⊙ 1/2" or 3/8" bolt.

16 (6002) **NOTE:** Dimensions subject to change. Certified drawings are supplied with orders upon request. © Rexnord 2014

Tabla A8. Automatización de sistema Banda transportadora-Elevador de Cangilones.

Denominación	Función	Propiedades
S1	Pulsador para arranque del sistema	Pulsadores normalmente abiertos
S2		
STOP	Pulsador de parada de emergencia	
OFF	Pulsador de apagado del sistema	Pulsador normalmente cerrado
RC	Contactador de inicio de funcionamiento	
RC1	Contactador de parada de emergencia	
TM0	Temporizador de bocina de arranque de equipos	3 seg
M2	Contactador auxiliar de arranque de elevador de cangilones	
TM1	Temporizador de arranque de la banda	10 seg
M1	Contactador auxiliar de arranque de la banda	
OL	Relé de sobrecarga de motores M1 y M2	
LB	Luz de tablero indicadora de sobrecarga de motor	Color blanco
LA	Contactador asociado a luz amarilla	
	Luz de tablero que indica estado de inspección de arranque de equipos	Color Amarillo
TM2	Temporizador de inspección de funcionamiento de los equipos	2 minutos

LV	Contactor asociado a luz verde	
	Luz de tablero indicadora de inicio de descarga del camión	Color Verde
BE	Bocina indicadora de emergencia	
BI	Bocina indicadora de inicio de los equipos	
LR	Luz indicadora de emergencia	Coctelera de color rojo
LAD	Luz indicadora de deslizamiento de banda	Coctelera de color amarillo
TM3	Temporizador de inicio de funcionamiento de SVB	15 seg
TM4	Temporizador de inicio de funcionamiento de SVE	8 seg
TM5	Temporizador de deslizamiento de la banda	5 seg
TM6	Temporizador de parada por deslizamiento, tiempo entre parada de banda y de elevador	5 seg
RC2	Contactor de encendido de luz que indica parada por deslizamiento	
SN1	Sensor de oscilación para medir el nivel de sólidos en el silo	
SN2	Sensor de oscilación para medir el nivel de sólidos en el silo	
RC3	Contactor de parada de equipos por desborde de material en el silo	
BN	Bocina indicadora de llenado del silo	

LN	Luz indicadora de llenado del silo	Coctelera color Naranja
S3	Pulsador para arranque de bomba de achique	
OFF B	Pulsador de apagado de la bomba de achique.	
BA	Contactador de arranque de bomba de achique	
LAZ	Luz de tablero indicadora de encendido de bomba	Color azul
SVB	Sensor de velocidad cero de tambor de cola de la banda	
SVE	Sensor de velocidad cero de tambor de cola del elevador	

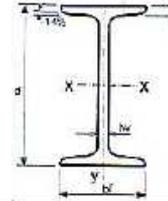
Tabla A9. Denominación de los componentes de lógica cableada

Marca	Denominación del componente	Marca	Denominación del componente
S2	Pulsador (normalmente abierto, Ladder)	RC1	Contacto normalmente abierto (Ladder)
RC	Relé (Ladder)	BE	Indicador acústico
	Conexión eléctrica 24 V (Ladder)	LR	Indicador luminoso
	Conexión eléctrica 0 V (Ladder)	OFF	Pulsador (normalmente cerrado, Ladder)
RC	Contacto normalmente abierto (Ladder)	S1	Pulsador (normalmente abierto, Ladder)
RC1	Relé (Ladder)	STOP	Pulsador (conmutador, Ladder)
RC	Contacto normalmente abierto (Ladder)	RC2	Contacto normalmente abierto (Ladder)
TM1	Contacto normalmente abierto (Ladder)	LA	Indicador luminoso
RC2	Contacto normalmente cerrado (Ladder)	SVB	Contacto normalmente abierto (Ladder)
M1	Relé (Ladder)	SVE	Contacto normalmente abierto (Ladder)
TM0	Contacto normalmente abierto (Ladder)	TM5	Relé con retardo a la conexión (Ladder)
M2	Relé (Ladder)	TM5	Contacto normalmente abierto (Ladder)
TM0	Relé con retardo a la conexión (Ladder)	RC2	Relé (Ladder)
TM0	Contacto normalmente cerrado (Ladder)	M1	Contacto normalmente abierto (Ladder)
BI	Indicador acústico	TM3	Relé con retardo a la conexión (Ladder)
M2	Contacto normalmente abierto (Ladder)	M2	Contacto normalmente abierto (Ladder)
TM1	Relé con retardo a la conexión (Ladder)	TM4	Relé con retardo a la conexión (Ladder)
LA	Contacto normalmente abierto (Ladder)	TM3	Contacto normalmente abierto (Ladder)
RC1	Contacto normalmente cerrado (Ladder)	TM4	Contacto normalmente abierto (Ladder)
TM2	Relé con retardo a la conexión (Ladder)	TM6	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
TM2	Contacto normalmente abierto (Ladder)	TM6	Relé con retardo a la conexión (Ladder)
RC1	Contacto normalmente cerrado (Ladder)	SN1	Contacto normalmente abierto (Ladder)
LV	Relé (Ladder)	RC3	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
LV	Indicador luminoso	BN	Indicador acústico
TM1	Contacto normalmente abierto (Ladder)	BA	Relé (Ladder)
M2	Contacto normalmente abierto (Ladder)	RC3	Relé (Ladder)
LA	Relé (Ladder)	SN2	Contacto normalmente abierto (Ladder)
LA	Indicador luminoso	S3	Pulsador (normalmente abierto, Ladder)
		BA	Contacto normalmente abierto (Ladder)
		OFF_B	Pulsador (normalmente cerrado, Ladder)
		LN	Indicador luminoso
		RC1	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
		RC3	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
		RC	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
		LV	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
		LAD	Indicador luminoso
		OL1	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
		OL2	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
		OL1	Relé (Ladder)
		LB	Indicador luminoso
		OL1	Contacto normalmente abierto (Ladder)
		LAZ	Indicador luminoso
		OL2	Relé (Ladder)
		OL2	Contacto normalmente abierto (Ladder)
		LB	Indicador luminoso

Tabla A10. Selección de perfil IPN para estructuras de la línea de recepción. Fuente: Catálogo de productos SABIMET, pág-7.



VIGAS IPN
 Vigas perfil normal europeo
 ASTM Designation A36
 Tolerancias dimensionales E.N. 10024, 10034, 10056
 Calidades del acero norma E.N. 10025 S 275JR



IPN (l)	DIMENSIONES (mm)						ÁREA cm ²	PESO kg/m	MOMENTO RESPECTO A LOS EJES					
	h	b	s	t	r ₁	r ₂			EJE X - X			EJE Y - Y		
									I _x cm ⁴	S _x cm	R _x cm	I _y cm ⁴	S _y cm ³	R _y cm
60	34	3.6	5.3	-	-	-	5.35	4.2	30.4	10.1	2.38	3.04	1.79	0.75
80	80	4.2	4.2	5.9	3.9	2.3	7.77	6.10	78.40	19.6	3.18	6.29	2.99	0.90
100	100	5.0	4.5	6.8	4.5	2.7	10.60	8.34	171.00	34.2	4.01	12.2	4.88	1.07
120	120	5.8	5.1	7.7	5.1	3.1	14.20	11.10	328.00	54.7	4.81	21.5	7.41	1.23
140	140	6.6	5.7	8.6	5.7	3.4	18.20	14.30	573.00	81.9	5.61	35.2	10.7	1.40
160	160	7.4	6.3	9.5	6.3	3.8	22.8	17.90	935.0	117.0	6.40	54.70	14.80	1.55
180	180	8.2	6.9	10.4	6.9	4.1	27.9	21.90	1450.0	161.0	7.20	81.30	19.80	1.71
200	200	9.0	7.5	11.3	7.5	4.5	33.4	26.20	2140.0	214.0	8.00	117.00	26.00	1.87
220	220	9.8	8.1	12.2	8.1	4.9	39.5	31.10	3060.0	278.0	8.80	162.00	33.10	2.02
240	240	10.6	8.7	13.1	8.7	5.2	46.1	36.20	4250.0	354.0	9.59	221.00	41.70	2.20
260	260	11.3	9.4	14.1	9.4	5.6	53.3	41.90	5740.0	442.0	10.40	288.00	51.00	2.32
280	280	11.9	10.1	15.2	10.1	6.1	61.0	47.90	7590.0	542.0	11.10	364.00	61.20	2.45
300	300	12.5	10.8	16.2	10.8	6.5	69.0	54.20	9800.0	653.0	11.90	451.00	72.20	2.56
320	320	13.1	11.5	17.3	11.5	6.9	77.7	61.00	12510.0	782.0	12.70	555.00	84.70	2.67
340	340	13.7	12.2	18.3	12.2	7.3	86.7	68.00	15700.0	923.0	13.50	674.00	98.40	2.80
360	360	14.3	13.0	19.5	13.0	7.8	97.0	76.10	19610.0	1090.0	14.20	818.00	114.00	2.90
380	380	14.9	13.7	20.5	13.7	8.2	107.0	84.00	24010.0	1260.0	15.00	975.00	131.00	3.02
400	400	15.5	14.4	21.6	14.4	8.6	118.0	92.40	29210.0	1460.0	15.70	1160.00	149.00	3.13
425	425	16.3	15.3	23.0	15.3	9.2	132.0	104.00	36970.0	1740.0	16.70	1440.00	176.00	3.30
450	450	17.0	16.2	24.3	16.2	9.7	147.0	115.00	45850.0	2040.0	17.70	1730.00	203.00	3.43
475	472	17.8	17.1	25.6	17.1	10.3	163.0	128.00	56480.0	2380.0	18.60	2090.00	235.00	3.60
500	500	18.5	18.0	27.0	18.0	10.8	179.0	141.00	68740.0	2750.0	19.60	2480.00	268.00	3.72
550	550	20.0	19.0	30.0	19.0	11.9	212.0	166.00	99180.0	3610.0	21.60	3490.00	349.00	4.02
600	600	21.5	21.6	32.4	21.6	13.0	254.0	199.00	139000.0	4630.0	23.40	4670.00	434.00	4.30

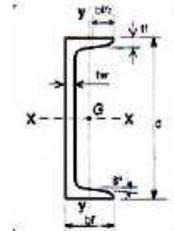
A= Area de la sección
 I= Momento de Inercia
 W= Modulo Resistente
 i= Radio de giro= $\sqrt{I/A}$

Centro Empresarial Torre Humboldt, Calle Río Cauca, Planta Alta, oficina PA-06, Prados del Este, Caracas
 Teléfonos - Fax: (0212) 975.49.45 / 975.30.52 / 975.47.83 / 978.51.16 / 978.51.17
 www.sabimet.com

Tabla A11. Selección de perfil UPL para estructuras de la línea de recepción. Fuente: Catálogo de productos SABIMET, pág-11.



VIGAS UPL
 Vigas perfil liviano
 Norma Covenin Perfiles 1293
 Norma Covenin "U" 1037
 Calidades del acero Norma Covenin AE 25 AE 35



UPL	Peso (Kgf/m)	Area (cm ²)	Altura (mm) d	Ancho del ala (mm) bf	Espesor del ala (mm) tf	Espesor del alma (mm) tw	Eje X - X			Eje Y - Y			
							I _x cm ⁴	S _x cm ³	r _x cm	I _y cm ⁴	S _y cm ³	r _y cm	e _y (cm)
80	6.08	7.75	80	35	7	4.5	74.4	18.6	3.1	7.8	3.18	1	1.1
100	8.2	10.5	100	40	8	5	155	30.9	3.92	13.5	4.8	1.15	1.22
120	9.58	12.2	120	45	8	5	266	443	4.67	19.8	6.1	1.27	1.31

A= Area de la sección
 I= Momento de Inercia
 W= Modulo Resistente
 i= Radio de giro= $\sqrt{I/A}$

Tabla A12. Selección de Angulo L para estructuras de la línea de recepción. Fuente: Catálogo de productos SABIMET, pág-18.



• ANGULOS:

ANGULOS NACIONALES

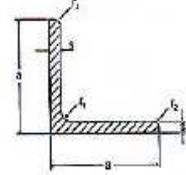
Angulares de lados iguales

Tolerancias dimensionales

Norma Covenin perfiles 1293-85

Norma Covenin "L" 1036-86

Calidades del acero Covenin AE-25 y AE-35



L	DIMENSIONES				ÁREA cm ²	PESO kg/m	DISTANCIA DE LOS EJES				MOMENTO RESPECTO A LOS EJES								
	(mm)										x - x = y - y		E-E		n - n				
	a	s	r ₁	r ₂			e	w	v ₁	v ₂	I _x	S _x	R _x	I _E	R _E	I _n	R _n	S _n	
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm	cm			
20x 3	20	3.0	3.5	2.0	1.12	0.88	0.60	1.41	0.85	0.70	0.39	0.28	0.59	0.62	0.74	0.15	0.18	0.37	
25x 3	25	3.0	3.5	2.0	1.42	1.12	0.73	1.77	1.03	0.87	0.79	0.46	0.75	1.27	0.95	0.31	0.30	0.47	
30x 3	30	3.0	5.0	2.5	1.74	1.38	0.84	2.12	1.18	1.04	1.41	0.65	0.90	2.24	1.14	0.57	0.48	0.57	
35x	4	35	4.0	5.0	2.5	2.67	2.10	1.00	2.47	1.41	1.24	2.98	1.18	1.05	4.68	1.33	1.24	0.88	0.68
										1.53	1.27	4.14	1.71	1.04	6.50	1.30	1.77	1.16	0.68
40x	4	40	4.0	6.0	3.0	3.08	2.42	1.12	2.83	1.58	1.40	4.48	1.55	1.21	7.08	1.52	1.86	1.18	0.78
										1.70	1.43	6.33	2.26	1.16	9.98	1.49	2.67	1.57	0.77
50x	4	50	4.0	7.0	3.5	3.89	3.08	1.36	3.54	1.92	1.75	8.97	2.46	1.52	14.20	1.91	3.73	1.94	0.98
										1.98	1.76	11.00	3.05	1.51	17.40	1.90	4.59	2.32	0.98
65x	5	65	4.5	9.0	4.5	6.35	4.98	1.75	4.60	2.11	1.78	14.60	4.15	1.49	23.10	1.88	6.02	2.85	0.96
										2.49	2.28	24.96	5.27	1.98	39.91	2.53	10.00	4.00	1.27
75x	7	75	7.0	10.0	5.0	7.53	5.91	1.80	5.30	2.55	2.28	29.20	6.21	1.97	46.30	2.48	12.10	4.74	1.27
										2.62	2.29	33.40	7.18	1.96	53.0	2.47	13.80	5.27	1.26
90x	8	90	8.0	11.0	5.5	10.10	7.94	2.09	7.07	2.95	2.63	52.40	9.67	2.28	83.60	2.88	21.10	7.15	1.45
										3.01	2.65	58.90	11.00	2.28	93.30	2.85	24.40	8.11	1.46
100x	8	100	10.0	12.0	6.0	12.20	9.62	2.45	7.07	3.46	3.17	92.50	14.13	2.75	147.0	3.48	38.00	11.00	1.77
										3.87	3.52	145.00	19.90	3.06	230.00	3.85	59.90	15.50	1.96
						15.50	12.20	2.74		3.99	3.54	177.00	24.70	3.04	280.00	3.82	73.30	18.40	1.95

Anexo ‘B’

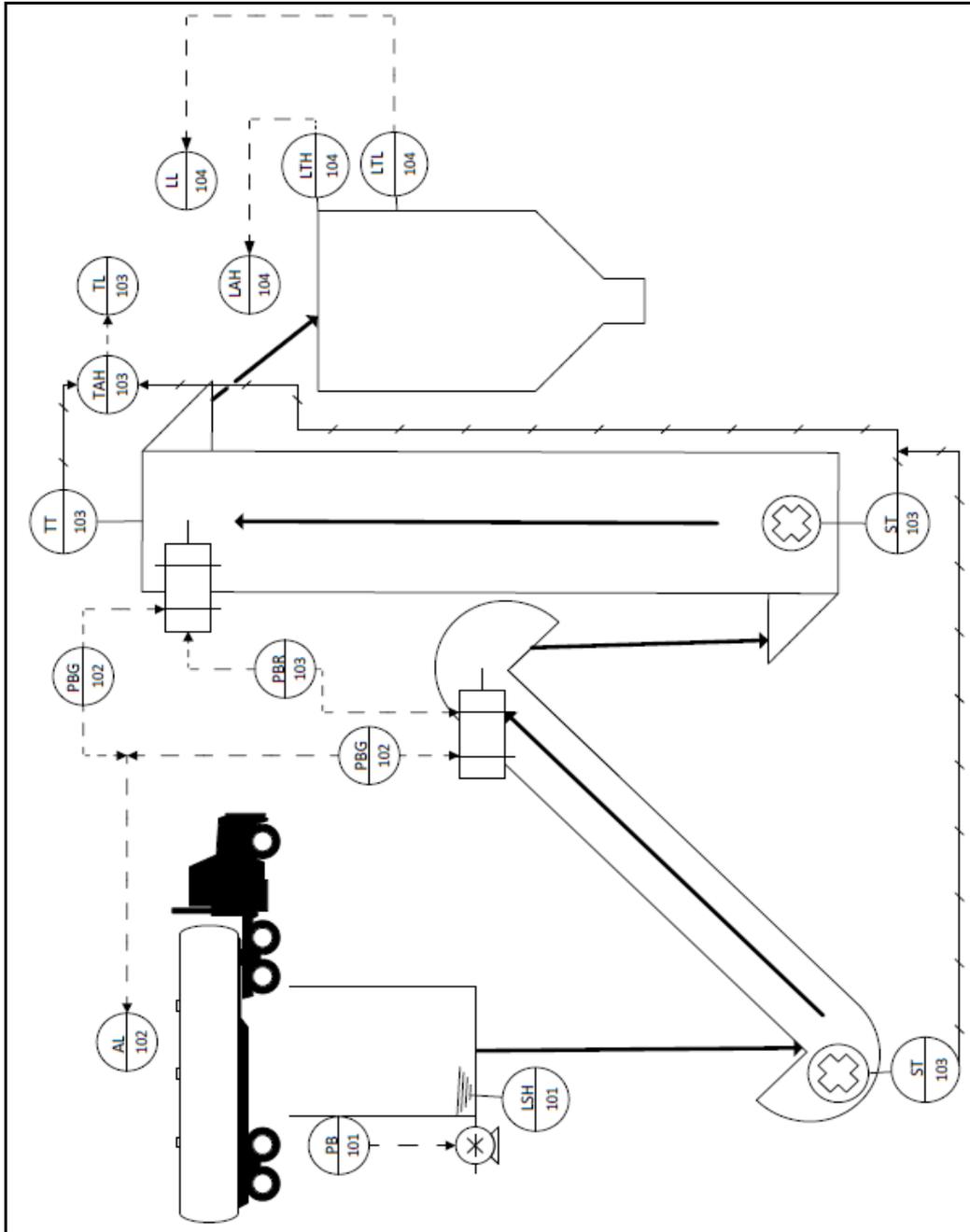


Figura B1. Diagrama DTI del sistema de automatización.

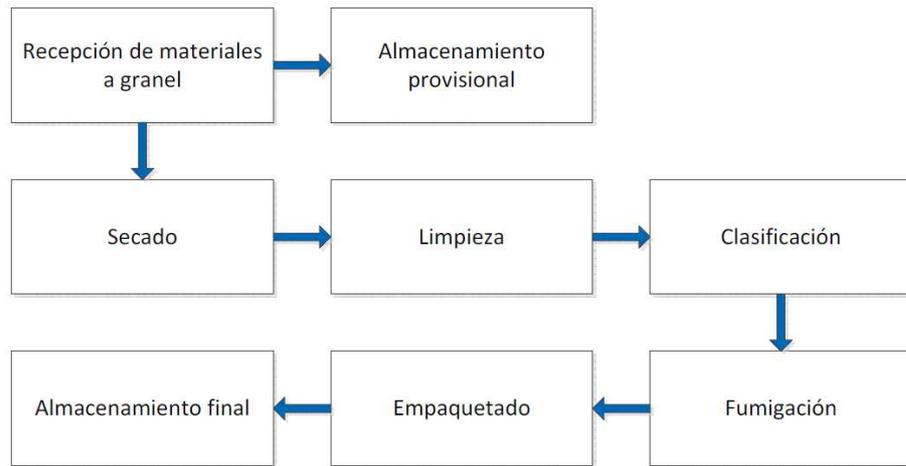


Figura B2. Diagrama de proceso de materiales a granel.



Figura B3. Diagrama de proceso de maíz en mazorca.

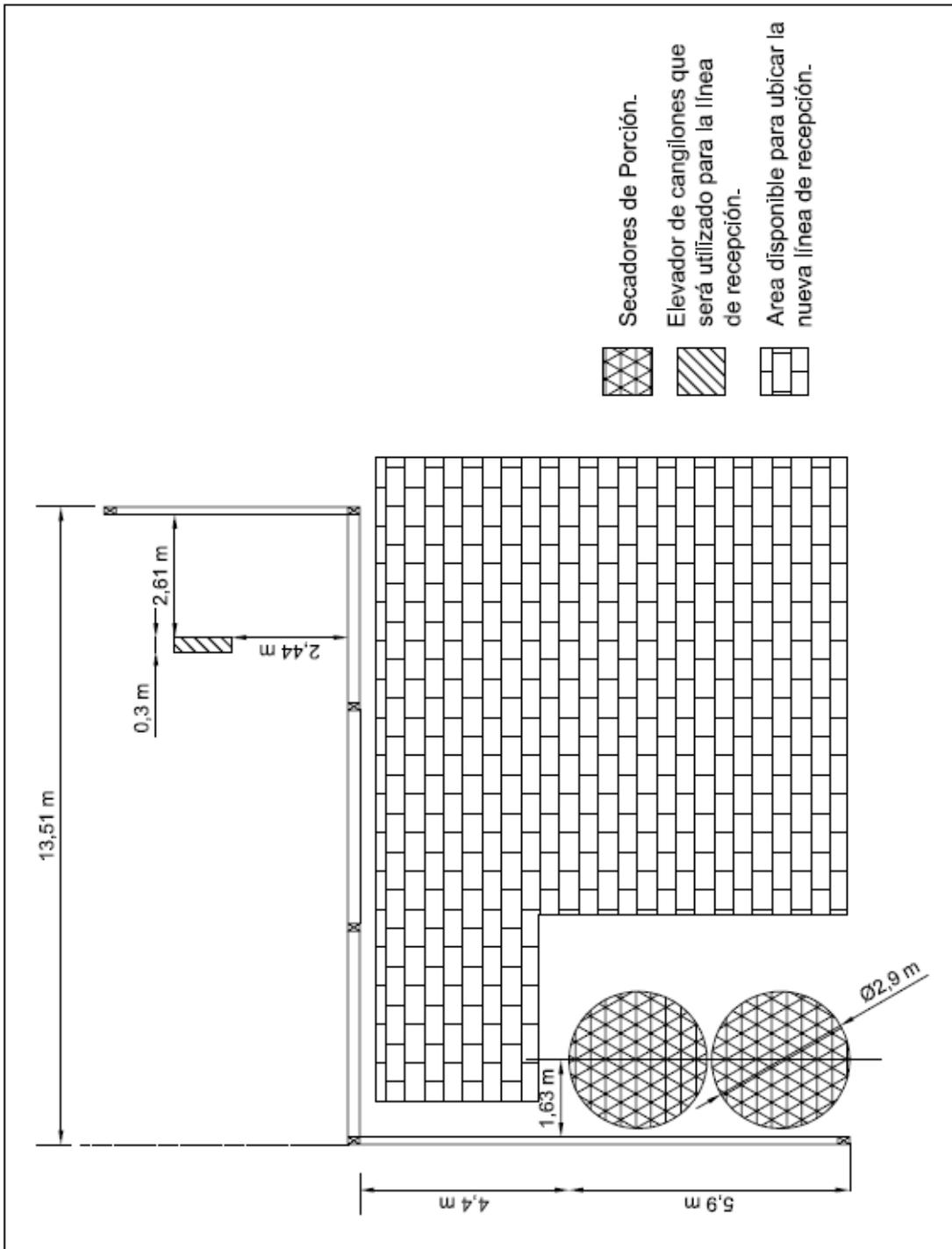


Figura B4. Vista de planta de área disponible para instalación de línea de recepción.

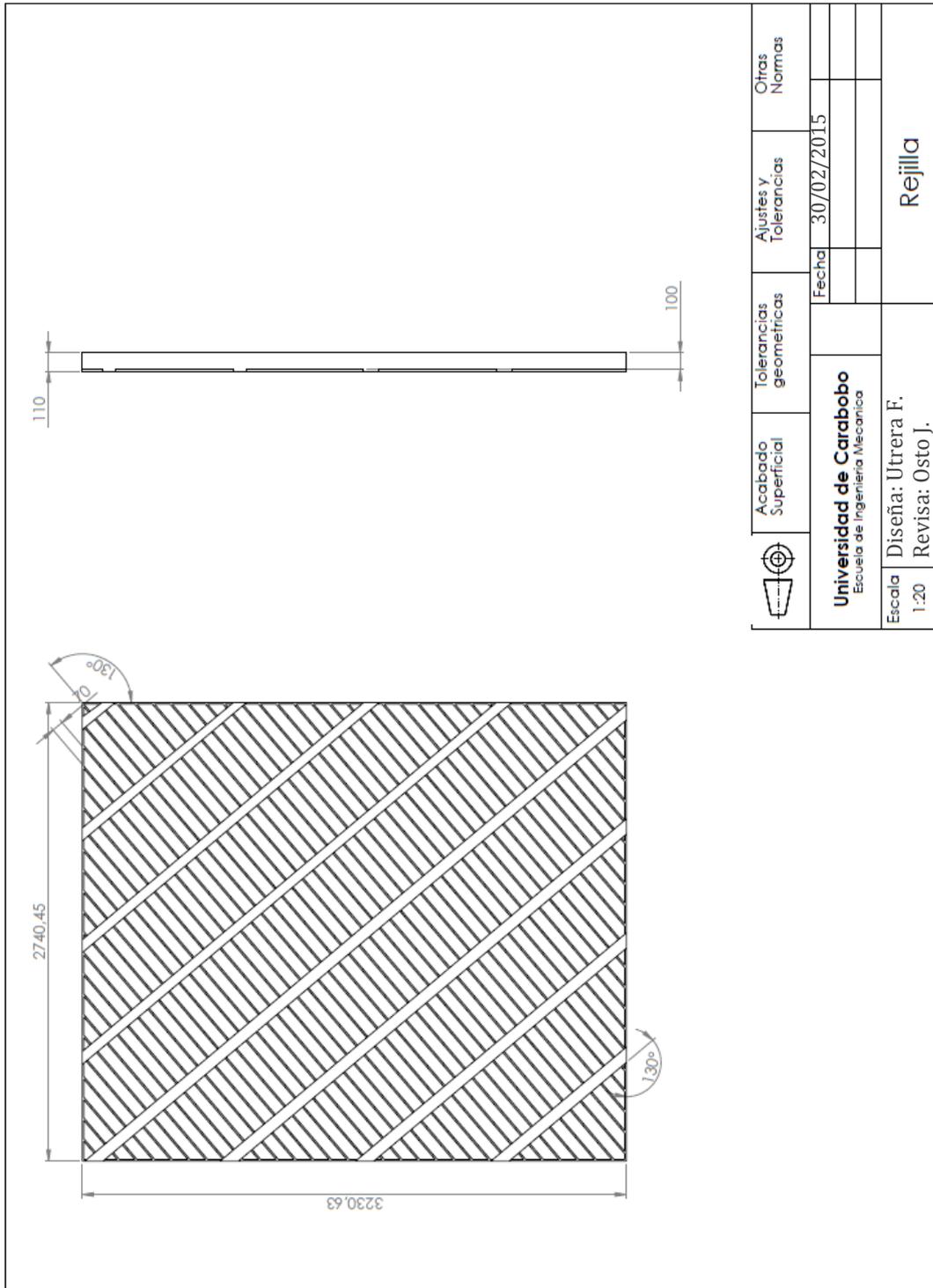


Figura B5. Plano de rejilla de tolva de recepción.

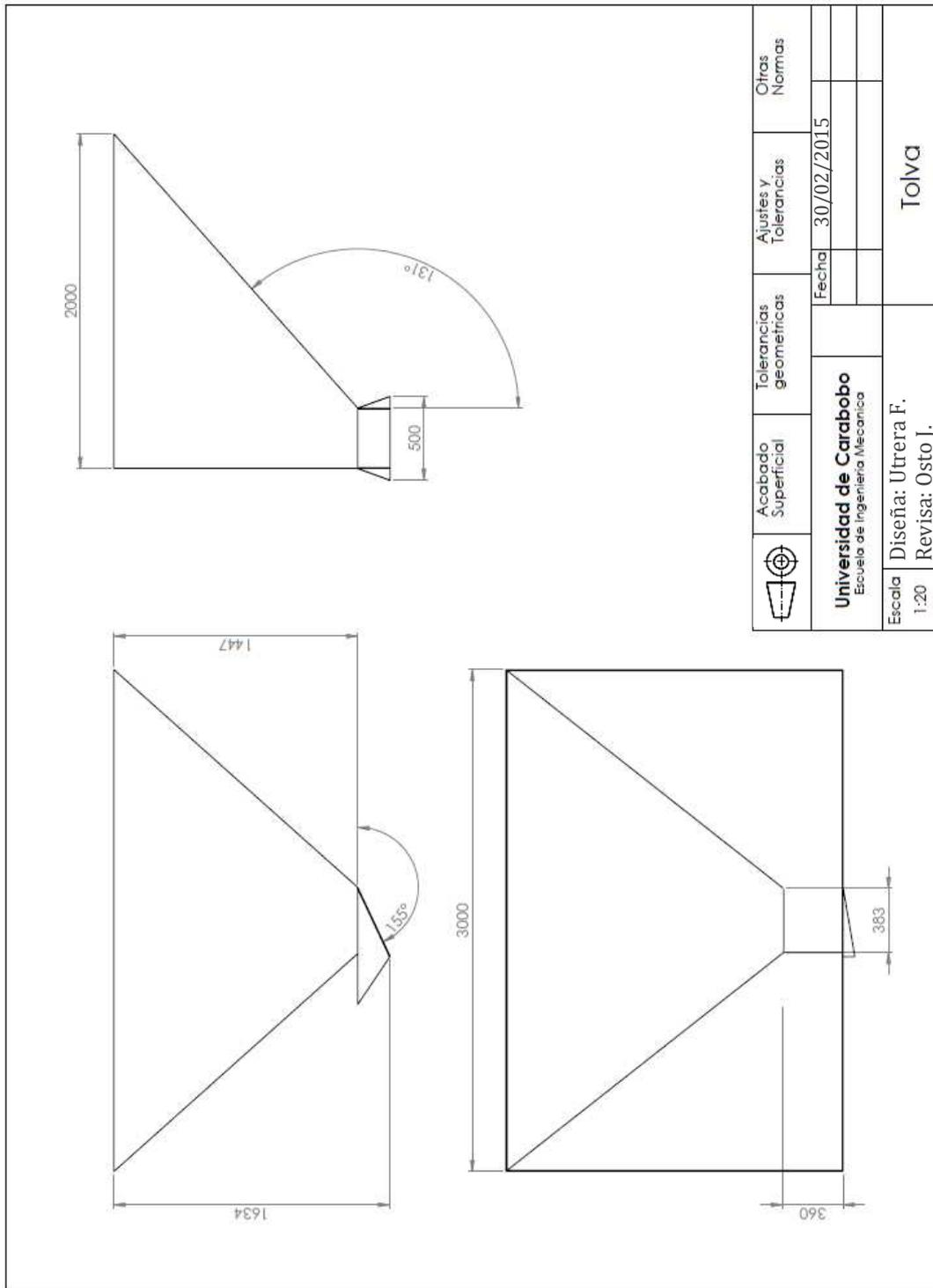


Figura B6. Plano de tolva de recepción.

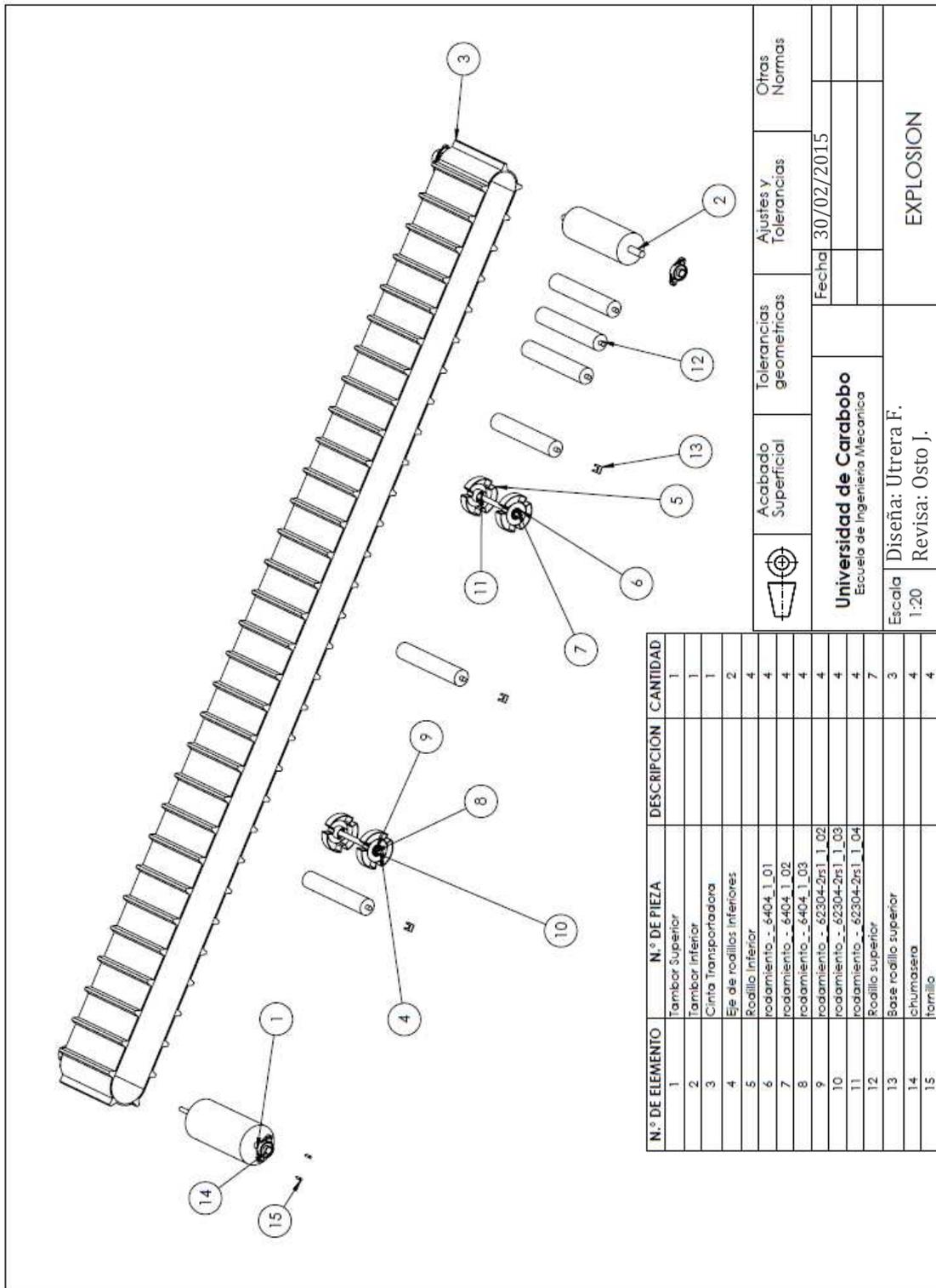
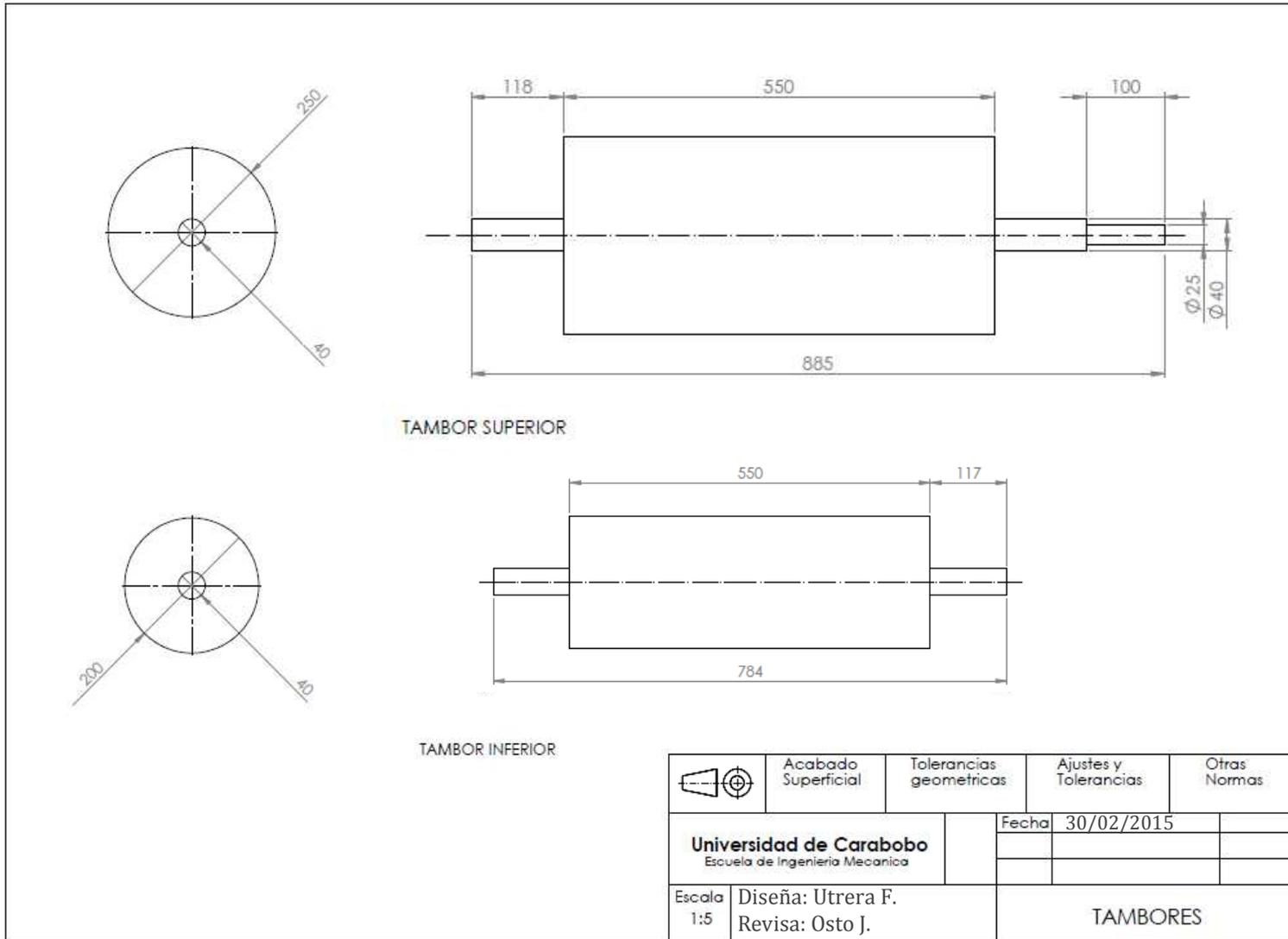
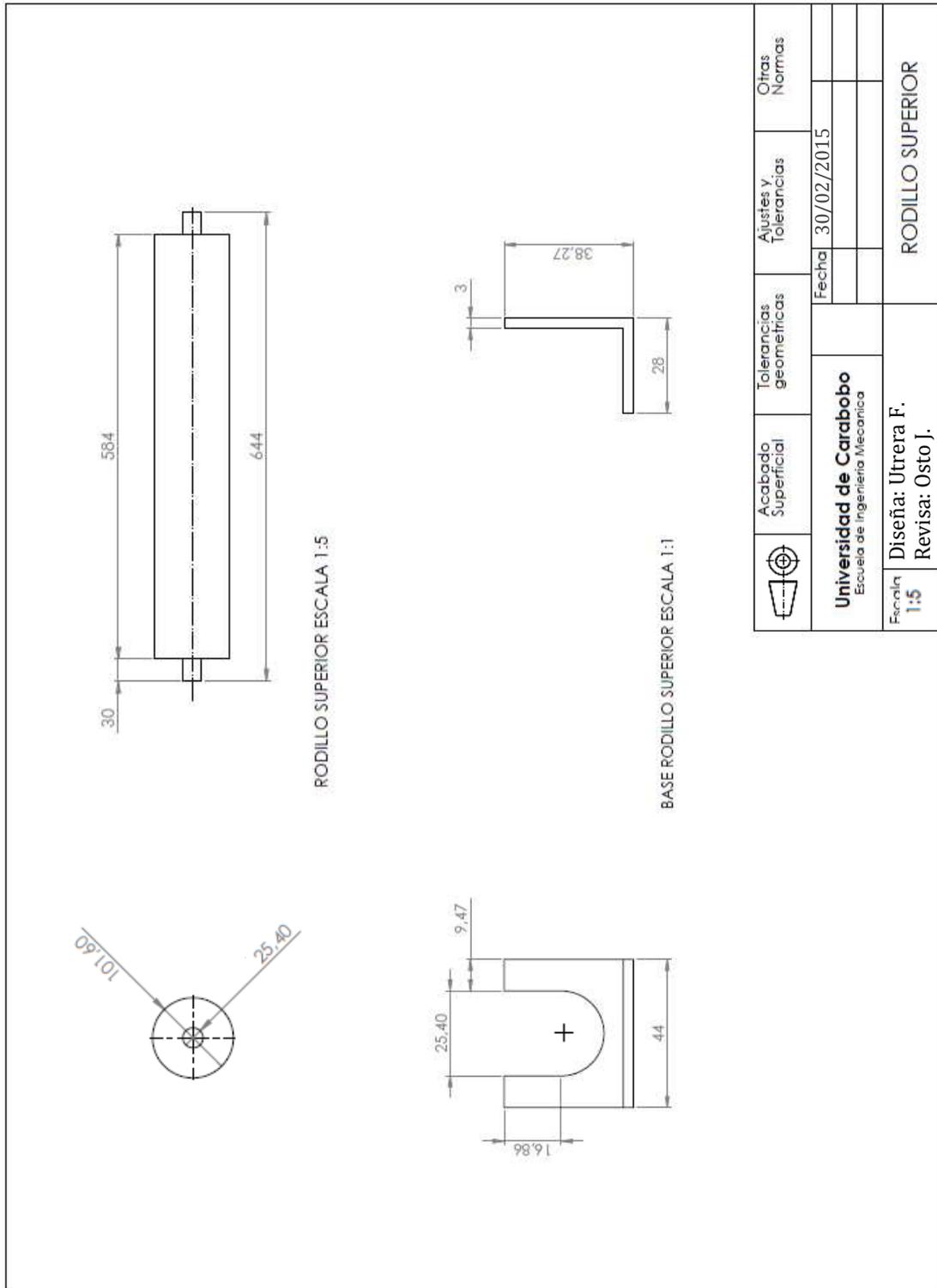


Figura B7. Plano de banda transportadora. Vista en explosión.

Figura B8. Plano de tambor motriz.





Acabado Superficial	Tolerancias geométricas	Ajustes y Tolerancias	Otras Normas
Universidad de Carabobo Escuela de Ingeniería Mecánica	Fecha: 30/02/2015		
Escala: 1:5 Diseña: Utrera F. Revisa: Osto J.	RODILLO SUPERIOR		

Figura B9. Plano de rodillo superior.

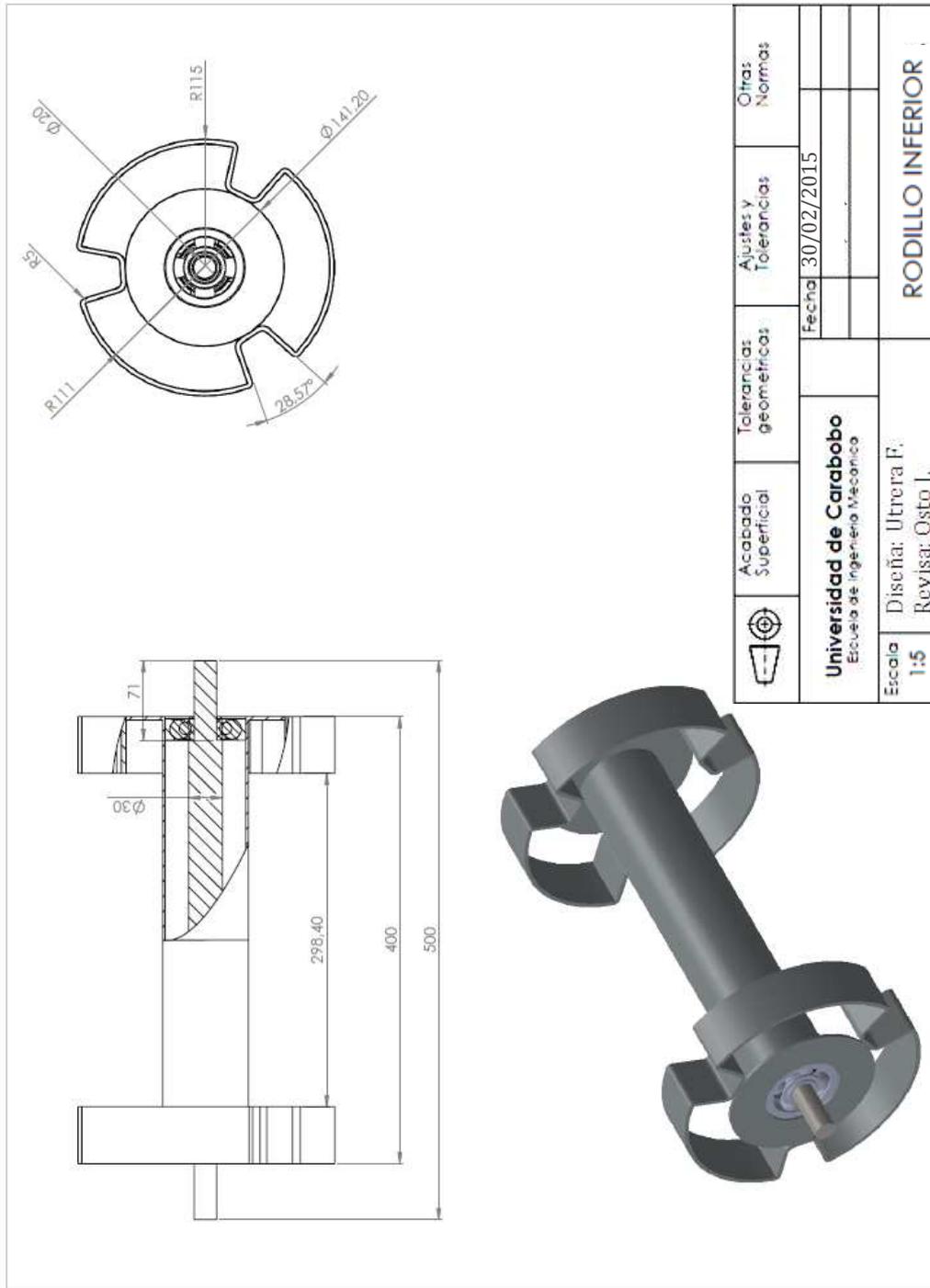


Figura B10. Plano de rodillo inferior.

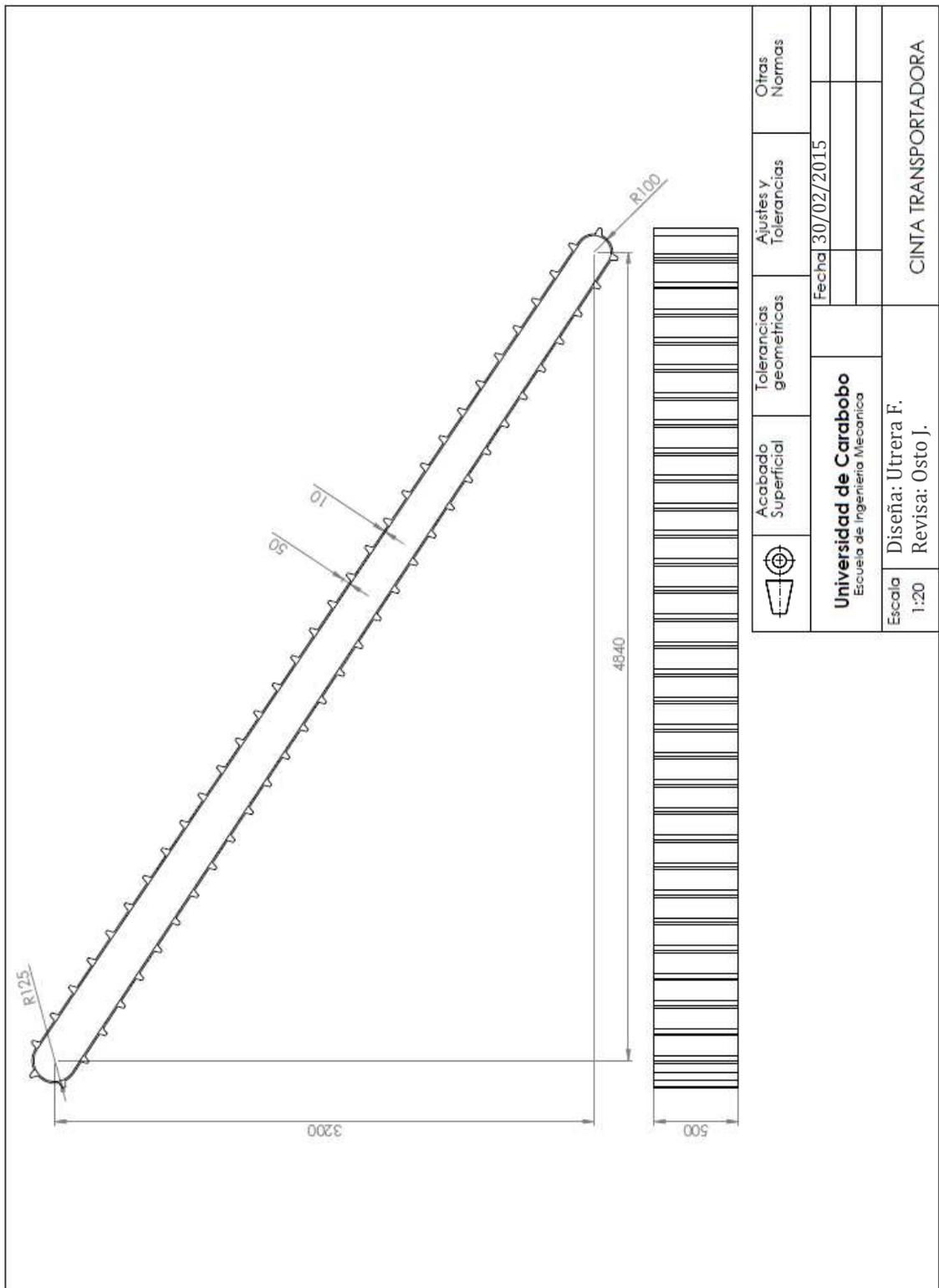


Figura B11. Plano de cinta transportadora.



Figura B12. Disposición final de línea de recepción.

Anexo “C”

Tabla C1 Inversión Inicial

	Parte	Componentes	Cantidad	Unidad	Precio (BsF/Unidad)	Sub-total (BsF)
Banda Transportadora	Cinta	Banda de 14 m de largo, 500 mm de ancho, espesor de 4mm, 1 lona de Poliamida, nervios transversales de 2x2", unión vulcanizada.	552	Pulg	400,00	220.800,00
	Rodillos Superiores	Rodillos de acero, 23" de largo, 4" de diámetro, con sus bases. (cotizados por catálogo)	6	Unidad	9.000,00	54.000,00
	Rodillos Inferiores	Pletina de acero grado AE-25 de 2"x 3/16"	12	Kg	120,00	1.440,00
		Tubería HN Redonda de 3" de diámetro	6	m	2.350,00	14.100,00
		Rodamientos SKF 6404	4	Unidad	1.800,00	7.200,00
		Barra de acero AISI 1035 HR de 20 mmx 1,5m	3,7	Kg	320,00	1.184,00
	Tambor motriz	Corte de lámina de acero AISI 1020 de 1/8" de espesor	10	Kg	75,00	750,00
		Barra de acero AISI 1035 HR de 40 mmx 1m	10	Kg	320,00	3.200,00
		Chumacera tipo flange 2 huecos para eje de 40 mm	2	Unidad	4.200,00	8.400,00
	Tambor de cola	Corte de lámina de acero AISI 1020 de 1/8" de espesor	8	Kg	75,00	600,00
		Barra de acero AISI 1035 HR de 40 mm x 1m	10	Kg	320,00	3.200,00
		Chumacera tipo flange 2 huecos para eje de 40 mm	2	Unidad	4.200,00	8.400,00
	Motoreductor	Motoreductor marca SIEMENS de 1,8 KW a 1750 RPM, reductor sinfín-corona 7,5:1 (cotizado por catálogo)	1	Unidad	142.800,00	142.800,00
	Estructura	Perfil UPL 100	113	Kg	44,00	4.972,00
		Angulo L 50x4	111	Kg	44,00	4.884,00
Láminas laterales anti derrame (Lámina de tambores)		77	Kg	75,00	5.775,00	
Fabricación e Instalación	A cargo de empresa SIDEMA, C.A. en un tiempo estimado de 11 semanas				850.000,00	
Tolva	Tolva	Lámina de acero ASTM A242 de 5mm	670	Kg	225,00	150.750,00
	Rejilla	Pletina de acero grado AE-25 de 100mm x 7 mm	686	Kg	90,00	61.740,00
	Estructura	Angulo L 50x4	77	Kg	44,00	3.388,00
		Perfil IPN 100	199	Kg	44,00	8.756,00
Fabricación e instalación	A cargo de empresa SIDEMA, C.A. en un tiempo estimado de 4 semanas				350.000,00	
Fosa	Excavación y construcción	Excavación y estructura civil a cargo de la constructora AFIMACO, C.A. en un tiempo estimado de 6 semanas				650.000,00

	Bomba de achique	Bomba de achique de aguas negras Shimgge de 0,75 Hp con flotante	1	Unidad	30.000,00	30.000,00	
Automatización	Tablero	Pulsador de tablero	6	Unidad	745,00	4.470,00	
		Pulsador de emergencia	1	Unidad	1.144,00	1.144,00	
		Luces de tablero	4	Unidad	585,00	2.340,00	
		Contactador auxiliar 40 A (110V/110V) 2 polos	7	Unidad	1.868,00	13.076,00	
		Contactador 40 A (110V/220V) 3 polos	2	Unidad	2.742,00	5.484,00	
		Relé temporizador programable 10A (110V)	7	Unidad	3.500,00	24.500,00	
		Cajón doble fondo 50x60x20	1	Unidad	6.958,00	6.958,00	
	Sistema de advertencia	Bocina	3	Unidad	2.150,00	6.450,00	
		Coctelera	3	Unidad	5.300,00	15.900,00	
	Sensores	Sensor capacitivo de nivel	2	Unidad	4.230,00	8.460,00	
		Switch de velocidad cero	2	Unidad	1.758,00	3.516,00	
	Instalación	Por parte de la empresa SUMINISTROS ELECTRICOS MARACAY, C.A.					64.300,00
						TOTAL	2.742.937,00

Tabla C2 Mantenimiento correctivo a problemas más comunes

Problemas que surgen en planta	Posibles soluciones					
Cinta derramándose en la polea de cola.	7	15	14	17	21	
Cinta completa derramándose en todos los puntos de la cinta.	26	17	15	21	4	16
Una sección de la cinta derramándose en todos los puntos de la línea.	2	11	1			
La cinta derramándose en la polea principal.	15	22	21	16		
La cinta corriendo hacia un lado a lo largo de una longitud completa entre ciertos bastidores.	15	16	21			
Correa deslizando.	19	7	21	14	22	
Correa deslizando en el arranque.	19	7	22	10		
Esfuerzo excesivo en la correa.	13	10	21	6	9	8
Cinta rompiéndose en ó antes de los sujetadores; sujetadores rotos y sueltos.	2	23	13	22	20	10
Separación en el empalme vulcanizado.	13	23	10	20	2	9
Desgaste excesivo, rasgado, sacado de tajos, ruptura y desprendimientos.	26	4	17	8	1	21
Cubierta con huellas, marcas de ondulación o trazos.	8					
Correa endurecida y/o agrietada.	8	23	22	18		
Cubiertas quebradizas y rajadas.	8	18				
Ranuramiento longitudinal o agrietamiento en la cubierta superior.	27	14	21	12		
Ranuramiento longitudinal o agrietamiento en la cubierta inferior.	14	21	22			
Malla deteriorada, tejido agrietado, rotura, saque de tajos.	12	20	5	10	8	24
Separación de pliegues.	13	23	11	8	3	