

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTROMECAÁNICA**



**PROYECTO DE GRADO**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA EL CARGUÍO  
DE FLUORITA EN LA SECCIÓN DE MOLIENDA DE CRUDO 2 DE LA  
PLANTA DE CEMENTO VIACHA SOBOCE S.A.”**

**Proyecto de grado presentado para la obtención de Grado  
Académico de Ingeniero Electromecánico**

**Postulante: Univ. Victor Filemon Quispe Baptista**

**Tutor: Ing. Nelson Condorena Ávila**

**La Paz – Bolivia**

**2024**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **Dedicatoria**

A mis padres Daria y Filemon, quienes siempre han dado con largueza para mi formación académica. Sus sacrificios y su dedicación incansable son el motor que me impulsó a continuar en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Arturo y Filemon Jr., gracias por estar siempre ahí para mí, por sus consejos, por su aliento y por las risas compartidas en los momentos de descanso.

A mi primo Danilo, aunque ya no esté con nosotros, sé que nos cuida desde el cielo.

Y a mi abuela y mis tías, quienes me cuidaron desde que era un niño y me enseñaron los valores que hoy guían mi camino.

A todos gracias por su amor incondicional, este proyecto de grado es el resultado de su amor, su paciencia y su apoyo constante. Cada logro que he alcanzado en mi vida académica es también su logro, porque sin ustedes no habría sido posible.

## **Agradecimientos**

Expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Nelson Condorena y a AMEF consultores por la oportunidad que me brindaron al permitirme desarrollar mi proyecto de grado bajo su asesoramiento y guía experta. Gracias a su valioso apoyo, pude superar numerosos desafíos y lograr los objetivos que me había propuesto.

Asimismo, no puedo dejar de mencionar a los docentes de mi carrera, quienes con dedicación y paciencia me brindaron una educación de calidad y me enseñaron los fundamentos de esta bella y noble profesión. Gracias a ellos, pude adquirir los conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo este proyecto con éxito.

Agradezco de todo corazón a Alejandra 🐾 por su apoyo, confianza y motivación en este proyecto, sin su ayuda, el presente trabajo no sería el mismo.

Por último, no quiero dejar de mencionar a mi Alma Mater, la Universidad Mayor de San Andrés, y en particular a mi carrera, donde encontré no sólo una formación académica de excelencia, sino también colegas y amigos para toda la vida.

## Resumen

**Postulante :** Victor Filemon Quispe Baptista  
**Dirección :** Av. Manco Kapac Bloque F-2 Dpto 1-1  
**Celular :** 73217585

### Resumen:

El proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de transporte de fluorita de 15 t/h para la sección de molienda de crudo 2 en la Planta Cemento Viacha Soboce S.A., cumpliendo con requisitos de seguridad y eficiencia. Los objetivos específicos incluyen establecer criterios de diseño, diseñar una cinta transportadora inclinada a 45°, dimensionar elementos electromecánicos, elaborar planos y calcular costos. Se justifica por la reducción de costos y tiempo de operación (1.5 horas diarias por operador), y por beneficios ambientales. El sistema debe adaptarse a las estructuras existentes (3.5x18x9 m<sup>3</sup>) y usar motores IEC. Herramientas como SolidWorks, CAdSIMU y Excel se emplean para diseño y simulación. Conclusión: el sistema propuesto es viable y eficiente.



V°B° Tutor  
Ing. Nelson Condorena Ávila

## ÍNDICE

<b>Capítulo I - Planteamiento del problema</b> .....	<b>2</b>
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.2 OBJETIVOS .....	5
1.2.1 Objetivo general .....	5
1.2.2 Objetivos específicos .....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.3.1 Justificación económica .....	5
1.3.2 Justificación técnica .....	5
1.3.3 Justificación social .....	6
1.3.4 Justificación ambiental .....	6
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO .....	6
1.5 LIMITACIONES DEL PROYECTO .....	6
<b>Capítulo II - Fundamento teórico</b> .....	<b>7</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	8
2.1.1 Antecedentes en la Planta de Cemento Viacha .....	8
2.1.2 Proyectos de grado de universidades extranjeras .....	9
2.1.3 Equipamiento comercial .....	10
2.2 BASES TEÓRICAS .....	11
2.2.1 Manual CEMA .....	11
2.2.2 Cintas Transportadoras .....	13
2.2.3 Variadores de frecuencia .....	27
2.2.4 Tolvas .....	28
2.2.5 Estructuras metálicas .....	31
<b>Capítulo III - Marco Metodológico</b> .....	<b>33</b>
3.1 METODOLOGÍA .....	34

3.2	HERRAMIENTAS.....	36
3.2.1	SolidWorks.....	36
3.2.2	CADeSIMU.....	36
3.2.3	Excel.....	36
3.3	AMBIENTE DE DESARROLLO.....	36
<b>Capítulo IV - Ingeniería del Proyecto.....</b>		<b>37</b>
4.1	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	38
4.1.1	Fluorita.....	38
4.1.2	Espacio disponible.....	38
4.1.3	Requerimientos de la planta.....	40
4.2	SISTEMAS Y SUBSISTEMAS.....	40
4.2.1	Subsistema de transporte.....	41
4.2.2	Subsistema mecánico.....	63
4.2.3	Subsistema eléctrico.....	66
4.2.4	Subsistema de carga y descarga.....	71
4.2.5	Subsistema estructural.....	76
<b>Capitulo V - Evaluación Técnica y Económica.....</b>		<b>91</b>
5.1	COSTO DE MATERIALES Y COMPONENTES.....	92
5.1.1	Materiales del subsistema de carga y descarga.....	92
5.1.2	Materiales del subsistema estructural.....	92
5.2	COSTO DE ELEMENTOS.....	92
5.2.1	Elementos del subsistema de transporte.....	92
5.2.2	Elementos del subsistema mecánico.....	93
5.2.3	Elementos del subsistema eléctrico.....	93
5.2.4	Elementos del subsistema de carga y descarga.....	93
5.2.5	Elementos del subsistema estructural.....	94
5.3	OTROS COSTOS.....	94

5.3.1	Mano de obra y maquinaria – Subsistema de transporte.....	94
5.3.2	Mano de obra y maquinaria – Subsistema mecánico .....	94
5.3.3	Mano de obra y maquinaria – Subsistema eléctrico .....	95
5.3.4	Mano de obra y maquinaria – Subsistema carga y descarga 95	
5.3.5	Mano de obra y maquinaria – Subsistema estructural .....	95
5.4	PRECIOS .....	96
5.5	EVALUACIÓN TÉCNICA .....	96
5.6	EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	97
<b>Capítulo VI - Conclusiones y Recomendaciones.....</b>		<b>98</b>
6.1	Conclusiones.....	99
6.2	Recomendaciones .....	99
<b>Bibliografía - Webgrafía.....</b>		<b>100</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>103</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 4.1 Características de la fluorita .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 4.2 Dimensiones del espacio disponible .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 4.3 Resumen de los polines seleccionados.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 4.4 Información de los tramos .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 4.5 Especificaciones de la cinta transportadora .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 4.6 Sumario de las tensiones obtenidas para la primera iteración ..</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 4.7 Resultados en la 19va iteración.....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 4.8 Características del Motorreductor Seleccionado .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 4.9 Características del Variador de Frecuencia seleccionado.....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 4.10 Características del Fusible Ultrarrápido recomendado por el fabricante .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 4.11 Características del Fusible Ultrarrápido recomendado por el fabricante .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 4.12 Características del disyuntor recomendado por el fabricante .</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 4.13 Carga sobre la pared inclinada de la tolva a una determinada profundidad.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 4.14 Cargas estructurales .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 5.1 Costos de material en el subsistema de carga y descarga .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 5.2 Costos de material en el subsistema estructural .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 5.3 Costos por elementos en el subsistema de transporte .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 5.4 Costos por elementos en el subsistema mecánico.....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 5.5 Costos por elementos en el eléctrico.....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 5.6 Costos por elementos en el subsistema de carga y descarga ...</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 5.7 Costos por elementos en el subsistema estructural.....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 5.8 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema de transporte .....</b>	<b>94</b>

<b>Tabla 5.9 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema mecánico .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 5.10 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema eléctrico.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 5.11 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema de carga y descarga.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 5.12 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema estructural .....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 5.13 Precios del sistema y los subsistemas .....</b>	<b>96</b>

## Índice de figuras

Figura 1.1 Reservorios de las materias primas involucradas en la obtención de la harina cruda (Molienda de Crudo 2) .....	3
Figura 1.2 Actual sistema de transporte de fluorita .....	4
Figura 2.1 Equipamiento extranjero .....	11
Figura 2.2 Equipamiento nacional .....	11
Figura 2.3 Partes de una cinta transportadora .....	14
Figura 2.4 Sección transversal de una banda transportadora con carcasa de cordones de acero recubiertos por caucho.....	14
Figura 2.5 Distancia de transición .....	17
Figura 2.6 Polines de carga.....	18
Figura 2.7 Configuración polín de retorno .....	19
Figura 2.8 Configuración polines de impacto para una cinta transportadora tipo artesa .....	19
Figura 2.9 Rodillos autoalineantes fijados a la estación de los polines de carga.....	20
Figura 2.10 Tambor estándar de acero con discos de refuerzo intermedio.....	21
Figura 2.11 Tambor tipo ala .....	21
Figura 2.12 Partes constructivas de un motor de inducción .....	23
Figura 2.13 Placa característica de un motor de la marca WEG.....	23
Figura 2.14 Take-up automático operado por gravedad .....	25
Figura 2.15 Placa característica de un reductor de la marca WEG .....	26
Figura 2.16 Tipos de motorreductores .....	27
Figura 2.17 Etapas de un variador de frecuencia .....	27
Figura 2.18 Formas usuales en tolvas.....	29
Figura 2.19 Flujo tubular .....	29
Figura 2.20 Flujo másico .....	30

<b>Figura 2.21</b>	<b>Rejilla en una tolva de gruesos .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 2.22</b>	<b>Tolva de gruesos.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 3.1</b>	<b>Metodología propuesta para este proyecto.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 4.1</b>	<b>Espacio disponible en el área de carguío .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.2</b>	<b>Espacio disponible en el área de carguío .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4.3</b>	<b>el sistema y sus subsistemas .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4.4</b>	<b>Efecto de la carga en el rodamiento elegido .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 4.5</b>	<b>Efecto de la velocidad de la banda en los rodamientos .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 4.6</b>	<b>Efecto del diámetro de los rodillos en los rodamientos.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 4.7</b>	<b>Efecto del mantenimiento, el entorno y la temperatura de operación en el tiempo de vida de los rodamientos .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 4.8</b>	<b>Diagrama de la cinta transportadora inclinada .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 4.9</b>	<b>Diagrama de las tensiones debido a la banda en los tambores</b>	<b>60</b>
<b>Figura 4.11</b>	<b>Curva del fusible FNH000aR.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 4.10</b>	<b>Diagrama del Subsistema eléctrico .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 4.12</b>	<b>Dimensiones de la tolva de carga .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 4.13</b>	<b>Carga distribuida en el segmento vertical de la tolva .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 4.14</b>	<b>Carga distribuida en el elemento más solicitado de la tolva ..</b>	<b>75</b>
<b>Figura 4.15</b>	<b>Dimensiones del chute de descarga.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 4.16</b>	<b>Carga debido al mantenimiento .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 4.17</b>	<b>Carga debido al viento .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 4.18</b>	<b>Carga debido a la nieve .....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 4.19</b>	<b>Carga debido al material transportado .....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 4.20</b>	<b>Carga debido al material transportado .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 4.21</b>	<b>Estructura metálica que soportara al subsistema de transporte.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 4.22</b>	<b>Resultados de la simulación – Tensión máxima.....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 4.23</b>	<b>Resultados de la simulación – Desplazamiento máximo .....</b>	<b>85</b>

<b>Figura 4.24 Resultados de la simulación – Factor de seguridad mínimo ..</b>	<b>86</b>
<b>Figura 4.25 Resultados de la simulación – Tensión máxima.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 4.26 Resultados de la simulación – Desplazamiento máximo .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 4.27 Resultados de la simulación – Factor de seguridad mínimo ..</b>	<b>90</b>

## Índice de anexos

<b>Anexo I - Planos .....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo II - Hojas de proceso .....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo III - Tablas y Gráficos CEMA 2017 .....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo IV - Gráficos Eurocódigo 1 .....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo V - Tablas WEG.....</b>	<b>128</b>
<b>Anexo VI – Manual de Operación y Mantenimiento .....</b>	<b>131</b>

## Introducción

Actualmente en la Planta de Cemento Viacha, la sección de Molienda de Crudo 2 cuenta con un sistema de transporte para carguío del mineral fluorita, este sistema presenta diferentes problemas ya que es inseguro e ineficiente, esto debido a que es un prototipo.

En la actualidad, en la sección de Molienda de Crudo 2 de la Planta de Cemento Viacha, cuenta con un sistema de transporte ineficiente para la empresa y peligroso para los operadores de planta, debido a que se trata de un prototipo. El presente proyecto de grado se enfoca en el diseño ingenieril de un sistema de transporte para el carguío de fluorita en la Sección de Molienda de Crudo 2 - Planta de Cemento Viacha, ubicada en el departamento de La Paz, Bolivia.

El objetivo de este proyecto es mejorar el proceso de transporte de fluorita, por lo que se propone un sistema más seguro, eficiente y confiable en comparación al actual. En el Capítulo I se justifica la necesidad de un nuevo sistema y se detallan los beneficios que se esperan obtener.

El diseño del sistema planteado se divide en cinco subsistemas: carga-descarga, transporte, estructural, mecánico y eléctrico, y se detallan en el Capítulo V - Ingeniería del Proyecto. Para la mayoría de los parámetros se contó con la asistencia de personal técnico de la Planta de Cemento Viacha, mientras que otros se obtuvieron directamente de la planta.

El resultado es una propuesta técnica y económicamente viable. Se espera que este proyecto de grado contribuya significativamente a la optimización del proceso de transporte de fluorita en la Planta de Cemento Viacha y que pueda ser utilizado como referencia para futuros proyectos de diseño en el ámbito del transporte de materiales similares.

# **Capítulo I**

## **Planteamiento del problema**

La planta de Cemento Viacha se encuentra ubicada a 35 km de la ciudad de La Paz a 3780 msnm, es una de las plantas de producción de cemento más grandes de Bolivia (2 millones de toneladas al año). Actualmente en la planta, el proceso de molienda de crudo es una de las etapas más importantes ya que de esta etapa se obtiene la harina cruda. La harina cruda es el resultado de la homogeneización de cinco materias primas: piedra caliza, yeso, arcilla, óxido de hierro y fluorita. Para obtener la harina cruda se requiere de un proceso de almacenamiento y dosificación. En el proceso de almacenamiento, es necesario transportar las materias primas desde el lugar de explotación hasta los reservorios donde son almacenados para su posterior dosificación.

**Figura 1.1 Reservorios de las materias primas involucradas en la obtención de la harina cruda (Molienda de Crudo 2)**



**Fuente: elaboración propia**

Actualmente, en la sección de molienda de crudo 2 existe un sistema de transporte que va desde el área de carga hasta el reservorio de fluorita. Este sistema se compone de los siguientes equipos: una tolva de carga, una cinta transportadora, un elevador de cangilones, un reservorio y una dosificadora. Sin embargo, desde su implementación, el sistema presenta continuos atascamientos en el elevador de cangilones debido a fragmentos de mineral de tamaño considerable. Para prevenir estos atascamientos, un operador de planta debe vigilar el sistema de transporte durante su funcionamiento (2 horas por

turno/3 turnos por día/7 días a la semana). Si el operador no vigila el sistema, este podría atascarse y ocasionar un paro no programado.

Cuando el operador visualiza un fragmento de tamaño considerable en el sistema, debe retirarlo manualmente mientras este está en marcha. Esta maniobra aumenta la posibilidad de que los operadores de planta sufran un accidente al momento de retirar estos fragmentos, sin mencionar que también puede derivar en errores humanos.

**Figura 1.2 Actual sistema de transporte de fluorita**



**Fuente: elaboración propia**

Los paros no programados (pérdida de tiempo y recursos) debido a los continuos atascamientos, la continua vigilancia de un operador de planta durante el funcionamiento (pérdida de tiempo y dinero) y considerando que el sistema actual es un prototipo que fue montado con partes reacondicionadas y recuperadas de otras máquinas. Podemos llegar a la conclusión de que el sistema de transporte actual es ineficiente debido a que consume muchos recursos (tiempo, dinero) durante su funcionamiento.

### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Considerando la descripción del problema descrito en el punto 1, podemos plantear la siguiente pregunta.

¿Cómo mejorar el sistema de transporte de fluorita desde el área de carguío hasta el reservorio de modo que sea más seguro y eficiente que el sistema actual en la sección de molienda de crudo 2?

### 1.2 OBJETIVOS

#### 1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de transporte para el carguío de fluorita con capacidad de 15 t/h que cumpla con los requerimientos de seguridad y eficiencia para la sección de molienda de crudo 2 Planta Cemento Viacha Soboce S.A.

#### 1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer los parámetros y criterios necesarios para el diseño de un sistema de transporte en la sección de molienda de crudo Planta de Cemento Viacha Soboce S.A.
- Diseñar una cinta transportadora con una inclinación de 45° para la sección de Molienda de Crudo 2.
- Dimensionar los elementos electromecánicos, de protección eléctrica y de electrónica de potencia para el subsistema eléctrico.
- Elaborar los planos de los subsistemas para la fabricación y el montaje del sistema.
- Calcular el costo de diseño y fabricación del sistema de transporte propuesto.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

#### 1.3.1 Justificación económica

La propuesta de un nuevo sistema de transporte de carguío derivaría en una reducción en los costos de producción para la empresa, puesto que se diseñará de tal forma que sea automático y que no requiera de permanente vigilancia por parte de un operador de planta. El tiempo que tarda un operador de planta vigilando el sistema es de 2 horas por turno, como son 3 turnos, a diario son 6 horas, con el nuevo sistema se reduciría 1.5 horas diarias, esto significaría un ahorro de 1620 horas al año, lo cual representa un ahorro de tiempo y dinero.

#### 1.3.2 Justificación técnica

La realización de este proyecto implicaría que el proceso de carguío se lleve a cabo de manera adecuada, es decir reducir las paradas no programadas, además, este sistema eliminaría una etapa del actual proceso, en lugar de usar

una cinta transportadora convencional y un elevador por cangilones usara únicamente una cinta transportadora inclinada cumpliendo así la función de dos etapas solamente con una.

### 1.3.3 Justificación social

El sistema se diseñará de manera que incrementara la seguridad de los operadores de planta que trabajan en la sección de molienda de crudo 2 con respecto del actual sistema. Además, los operadores de planta que trabajan en esta sección podrán dedicar su tiempo en labores menos monótonas y más relevantes.

### 1.3.4 Justificación ambiental

El ahorro de combustibles en la etapa de clinkerización debido a la adición de fluorita en la harina cruda derivaría en menos emisiones de CO<sub>2</sub> y CO a la atmosfera.

## 1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

- El diseño se realizará para la sección de molienda de crudo 2 en la Planta de cemento Viacha
- Sera diseñada para carguío de mineral fluorita
- El sistema transportara el mineral desde el área de carga hasta el reservorio de fluorita
- El sistema será capaz de trabajar a la intemperie
- El subsistema de control se integrará al sistema SCADA de la planta
- El sistema de transporte tendrá una inclinación de 45°

## 1.5 LIMITACIONES DEL PROYECTO

- El sistema de transporte propuesto no será recomendable para otro tipo de material, industria o lugar
- Se seleccionará un motor construido bajo la norma IEC
- Las dimensiones del sistema deberán diseñarse considerando a los equipos y estructuras existentes
- El espacio que ocupará el sistema estará limitado a 3.5x18x9 m<sup>3</sup>



## **2 Capítulo II**

# **Fundamento teórico**

### 2.1 ANTECEDENTES

#### 2.1.1 Antecedentes en la Planta de Cemento Viacha

En la producción de cemento, la obtención del clínker es la etapa más importante, debido a que este junto con el yeso son los componentes principales del cemento. Para la producción de clínker se calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), a unos  $900^\circ\text{C}$  para generar óxido de calcio o cal ( $\text{CaO}$ ), liberando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en el proceso. Posteriormente, el  $\text{CaO}$  reacciona en el horno a altas temperaturas (entre  $1400\text{-}1500^\circ\text{C}$ ) con sílice ( $\text{SiO}_2$ ), alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxidos de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), para formar silicatos, aluminatos y ferritas de calcio, principales constituyentes del clínker. El horno se calienta mediante la combustión de diferentes tipos de combustibles, generando emisiones asociadas a la combustión. Además, durante la fabricación de cemento ocurren actividades emisoras de partículas como son la manipulación de materias primas, la molienda o los procesos de almacenaje y envasado. También ocurren emisiones de partículas en la actividad de obtención de materias primas que alimentan el proceso.

Podemos definir a la fluorita como:

Un mineralizador que es capaz de promocionar la formación de una fase determinada alterando la estabilidad termodinámica con respecto a otras fases. Acelera la velocidad de una reacción tanto en la fase sólida, en fase líquida o en la interfase sólido-líquido; reduce la temperatura de aparición de la fase líquida favoreciendo al desarrollo de los silicatos. (Gilvonio Alegría & Domínguez Linares, 2009, pág. 304)

Además, se ha demostrado que el cemento que contienen fluorita aumenta su tiempo de fraguado y mejora su resistencia mecánica.

La planta de cemento Viacha en sus instalaciones cuenta con variedad de sistemas de transportes para materias primas, debido a los requerimientos y según la etapa del proceso en la cual funcionan cada una es diferente, pero en su mayoría son cintas transportadoras.

Como ya se mencionó previamente en el planteamiento del problema, el actual sistema de transporte presenta problemas por atascamiento, para ser más específico en el elevador de cangilones, dar solución a este atascamiento implica pérdida de tiempo y recursos para la empresa. Con el fin de prevenir un

atascamiento los operadores de planta que están de turno retiran manualmente el mineral que tenga dimensiones considerables (15 cm aproximadamente si consideramos su dimensión más larga), todo esto mientras el sistema está en funcionamiento, esto supone un constante riesgo para los operarios. Además, el operario debe estar vigilando permanentemente la cinta transportadora durante todo el tiempo de llenado del reservorio de fluorita, tiempo que puede ser empleado en otras tareas más relevantes e importantes en la producción.

Los ductos de alimentación y descarga no están dimensionados de manera correcta para el transporte de la materia prima, en otras palabras, el área es demasiado pequeña, esto aumenta la probabilidad de obstrucción a la hora del carguío.

Todo lo anteriormente descrito genera que el mantenimiento correctivo de este sistema sea difícil y poco práctico, esta es una constante preocupación para el personal y los operarios.

### 2.1.2 Proyectos de grado de universidades extranjeras

Usualmente las cintas transportadoras de rosillos se utilizan en el ámbito de la minería, pero dado a la similitud de requerimientos y naturaleza de las materias primas se pueden tomar en cuenta como referencia para el presente proyecto.

- a) La proyectista Claudia Martínez Bronchal (Universidad Jaume I - España) en su proyecto “Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos” resalta que **el método más usado para transportar materias primas en la industria es la cinta transportadora**, su diseño tenía la finalidad de **transportar grava de forma continua, rápida, eficiente, además de adaptarse al terreno**. El tipo de cinta que escoge para resolver su problema es la cinta plana puesto que esta reduce la pérdida de material además de ser el más utilizado y económico, también menciona los pros y contras de las bandas con uniones grapadas y vulcanizadas, también resalta las **ventajas de la transmisión por engranajes** ya que estas cintas usualmente requieren elevadas potencias (Martínez Bronchal, Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos, 2018).

- b) El proyectista Mario Salinero Gervaso (Universidad Carlos III - España) en su proyecto “Diseño de una banda transportadora mediante GUIDE de MATLAB” desarrollo un software para el diseño de los elementos que componen una cinta transportadora, **según las normas DIN 22101, ISO 5048 y UNE 58204**. También recalca la necesidad de **recubrir la cinta transportadora con el fin de reducir la dispersión de polvos a la atmosfera**, además menciona que el material a ser transportado puede tener **dimensiones de hasta 400 mm**, y las temperaturas del material pueden ser de hasta más de 200°C, **pueden trabajar a grandes velocidades y recorrer grandes distancias sin derramar la materia prima** (SALINERO GERVASO, 2013).
- c) Los autores Eduardo Ramón Varela Jarquin y Marvin Jose Sequeira Lanuza en su tesis “Propuesta de diseño de un sistema de automatización de una cinta de trasportadora utilizada en la industria minera” mencionan la importancia de la automatización de los procesos en la industria y las ventajas que implican implementar esos sistemas, **las variables que pretende controlar son la velocidad, puesta en marcha, paros, paros de emergencia**. Hacen énfasis en que los objetivos del proyecto deben alinearse con los objetivos de la empresa solo de este modo el proyecto tendrá éxito. **También mencionan que cada vez es más real y tangible la automatización a nivel industrial, en especial en el rubro de la minería y producción**, estas nuevas tecnologías son van volviéndose más accesibles y baratas. A un nivel técnico recalca **la importancia de emplear variadores de frecuencia en este tipo de sistemas ya que podemos mejorar el arranque de los motores de inducción trifásicos** sin mencionar que podemos controlar la velocidad de dichos motores (Varela Jarquin & Sequeira Lanuza, 2016).

### 2.1.3 Equipamiento comercial

Si hablamos de proveedores extranjeros la oferta es grande en el caso de plataformas B2B como Alibaba, Made in China o 1688 existen infinidad de empresas que ofrecen este servicio, las desventajas adquirir estos servicios son

barrera de idioma, difícil comunicación lenguaje técnico, experiencia, etc. La Figura 2.1 muestra una oferta en la página web alibaba.com.

**Figura 2.1 Equipamiento extranjero**



**Fuente: [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)**

Referente al mercado nacional, y viendo los resultados de los motores de búsqueda podemos intuir que el mercado es muy limitado, solamente se encontró a tres proveedores (Allbiz, Inteb y Correten) con experiencia y vigentes. La Figura 2.2 muestra publicidad de la empresa Inteb.

**Figura 2.2 Equipamiento nacional**



**Fuente: [www.inteb.com.bo](http://www.inteb.com.bo)**

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Manual CEMA

CEMA por sus siglas en inglés Conveyor Equipment Manufacturers Association (Asociación de Fabricantes de Equipos Transportadores) fue fundada en 1933 con la finalidad de dar a conocer la experiencia y el

conocimiento técnico sobre el diseño y la construcción de transportadores de alto rendimiento, como resultado de estas experiencias y del conocimiento técnico publicaron la primera edición del libro *Belt Conveyors for Bulk Materials* (Transportadores de Banda para Materiales a Granel).

El conocimiento que se puede aprovechar de esta norma es de suma importancia para el adecuado diseño del subsistema de transporte, puesto que la norma en su décimo capítulo (Steep Angle Conveying) aborda las posibles soluciones para transportar materiales a granel cuando se tienen ángulos inclinados.

Debido a que el subsistema de transporte es la parte más relevante presente proyecto, la norma CEMA es ideal puesto que indica los criterios de diseño que debemos considerar. Además, ayuda a identificar los parámetros de diseño que necesariamente debemos tomar en cuenta, en su segundo capítulo (Design Considerations) nos brinda una perspectiva general de los elementos que componen a una cinta transportadora, las diferentes configuraciones que pueden tomar los polines y la banda transportadora, los terrenos a los cuales se pueden adecuar estos sistemas de transporte, la carga y descarga del material a granel, los tipos de estructuras que soportan a los componentes, los códigos/normas (principalmente de los Estados Unidos de América) en los cuales está enmarcado la norma CEMA y los tipos de carga a los cuales está sometido el sistema, el mantenimiento.

En su tercer capítulo (Characteristics and Conveyability of Bulk Materials) la norma CEMA enfatiza que el diseño exitoso de una banda transportadora debe empezar con una evaluación precisa de las características del material que pretendemos transportar. Citando a la norma CEMA:

Una serie de parámetros se utilizan comúnmente para describir el comportamiento del flujo de material; fricción interna, fuerza cohesiva y adhesiva, fluidez, fricción de interfaz, ángulo de reposo, distribución del tamaño de partículas y densidad aparente. Todos estos se ven afectados por las variaciones en el contenido de humedad y por la historia de estrés del material (condiciones de carga y descarga durante el transporte).  
**(CEMA, 2014)**

De las anteriores características podemos resaltar que la fluidez, el ángulo de reposo y la densidad aparente son las más relevantes para realizar los cálculos de diseño.

A lo largo del capítulo cuatro (Capacities, belt widths and speeds) se describe a detalle criterios para la adecuada selección de una banda transportadora, como ser:

- El ancho que principalmente depende de las dimensiones del material a transportar
- Las velocidades máximas y mínimas de la banda transportadora
- Las secciones transversales de material a granel de la banda acanalada
- Las capacidades de las distintas bandas transportadoras

El quinto capítulo habla de la clasificación de los polines, se menciona que existe la norma CEMA 502 que da recomendaciones para seleccionar correctamente el diámetro de los rodillos, el tamaño de los cojinetes y el eje, basado en el tipo de servicio, las condiciones de funcionamiento, la carga transportada y la velocidad de la correa.

El sexto capítulo es de los más importantes puesto que describe la manera de calcular la tensión de la banda transportadora y la potencia de accionamiento, este capítulo es el más extenso de toda la norma. Se abordan temas importantes como ser los distintos métodos para el cálculo de la tensión, de estos métodos resalta el método de diseño universal CEMA, también se habla del análisis dinámico y el modelado matemático, las herramientas de diseño y muestran ejemplos detallados de cálculo.

El capítulo trece está dedicado a los controladores y accionamientos de los motores de las cintas transportadoras, los criterios de selección de los controladores y sus atributos, la aceleración, desaceleración y la protección. Un subtítulo de este capítulo habla específicamente de los motores de inducción de corriente alterna con variador de frecuencia y acoplamiento directo. El capítulo catorce está dedicado a la operación, el mantenimiento y la seguridad en las cintas transportadoras.

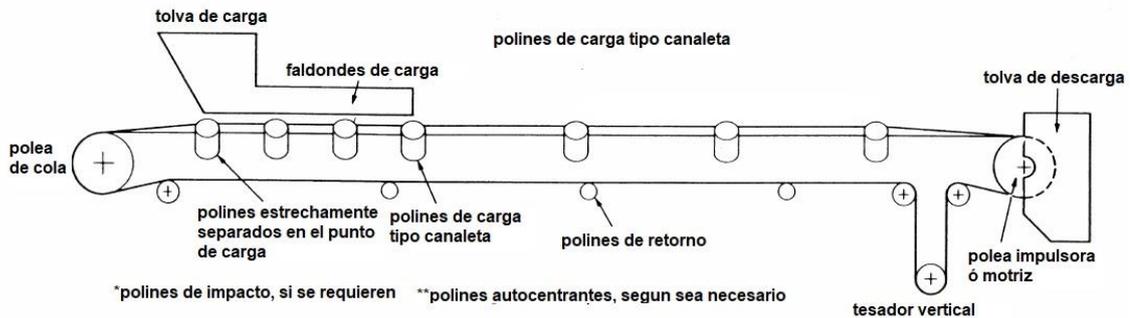
### **2.2.2 Cintas Transportadoras**

Las cintas transportadoras son equipos, usualmente electromecánicos, que se pueden implementar en casi cualquier industria como la minería, los

alimentos, líneas de producción, logística y producción, etc. Su propósito principal es trasladar materias primas o productos entre dos o más puntos.

En la **Figura 2.3** se muestran los elementos que generalmente componen a una cinta transportadora.

**Figura 2.3 Partes de una cinta transportadora**



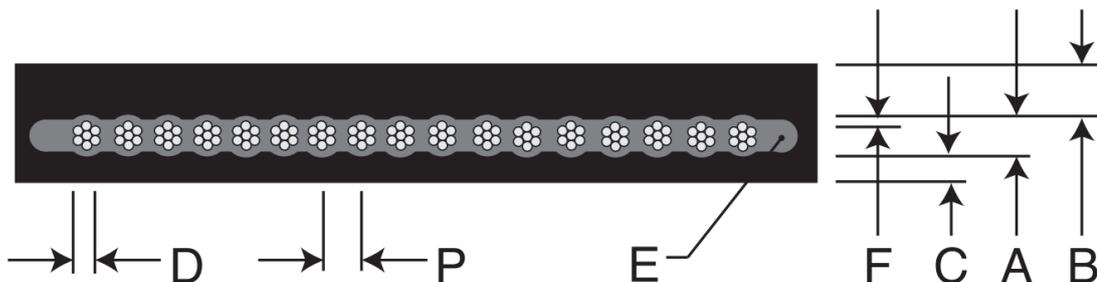
**Fuente: CEMA 7ma edición**

### 2.2.2.1 Bandas transportadoras

La banda transportadora es una de las partes más importantes pues sobre ella serán transportadas las materias primas, es menester darle especial cuidado a la selección de la banda transportadora, pues esta representara uno de los costos iniciales más importantes.

Generalmente una banda transportadora está compuesta por tres elementos: recubrimiento superior, carcasa y recubrimiento inferior. La carcasa es la encargada de soportar la tensión en el momento del arranque, absorbe la energía de impacto al momento de la carga, además da estabilidad para que la alineación sea la adecuada y soporta el peso desde la carga hasta la descarga, especialmente entre polines.

**Figura 2.4 Sección transversal de una banda transportadora con carcasa de cordones de acero recubiertos por caucho**



**Fuente: CEMA 7ma edición**

En la **Figura 2.4** podemos ver la sección transversal de una banda transportadora, donde:

A = Cobertura de protección de las cuerdas durante toda la vida útil de la correa ( $A = 2F + D$ )

B = Cantidad de cubierta superior utilizada durante la vida útil de la correa

C = Cantidad de cubierta inferior utilizada durante la vida útil de la correa

D = Diámetro de la cuerda

E = Goma que encapsula los cordones de acero y que está especialmente compuesta para ser compatible con el caucho de la cubierta y la adhesión a los cordones de acero

F = Espesor de la goma para proteger los cordones durante el servicio. Esta goma protectora no forma parte de las cubiertas de desgaste superior o inferior utilizadas para estimar el tonelaje de la cinta.

P = Paso de los cordones

Estas bandas transportadoras

Existe una gran variedad de carcazas, su selección depende de el tipo de carcaza que necesitemos o de la labor que esperamos de esta. Algunos materiales usados en la fabricación de carcazas son los siguientes: algodón, nilón, poliéster, kevlar, Nomex, cordones de acero.

La unión de la banda transportadora puede realizarse de dos maneras: uniones vulcanizadas y uniones grapadas. El método de unión por vulcanizado brinda una unión fuerte y una vida útil prolongada, mientras que el método de unión grapada es aceptable y en muchos casos puede llegar a ser preferible que una unión vulcanizada.

Unión Vulcanizada

Ventajas

- Alta resistencia.
- Larga vida útil (años) sin embargo alcanza la vida útil de la banda transportadora.
- Limpio, un empalme vulcanizado queda liso y el material.

Desventajas

- Alto coste inicial si lo comparamos con una unión grapada.

- Necesidad de proporcionar más recorrido para la variación elástica de la banda.
- Sustituir o renovar una unión vulcanizada toma mucho tiempo y es costoso.
- Su instalación compleja, requiere de personal capacitado y alta calidad de los materiales empleados.

### Uniones grapadas

#### Ventajas

- Instalación rápida, y la capacitación del personal se realiza en corto tiempo
- Bajo coste inicial, la mano de obra, herramientas y elementos de fijación son económicos si lo comparamos con el coste de una unión vulcanizada
- Si la variación de longitud es considerable se puede volver recortar y volver a empalmar rápidamente

#### Desventajas

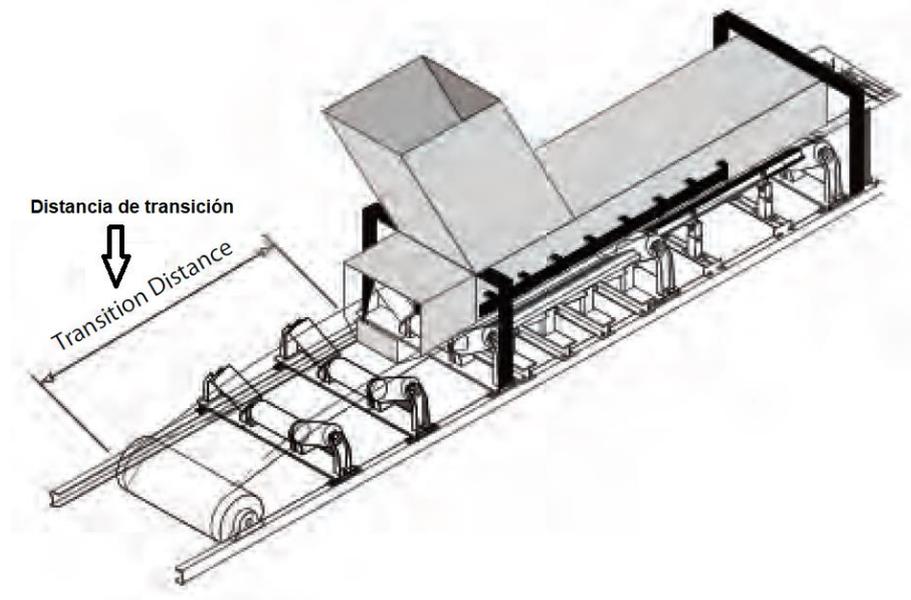
- Los extremos de la banda quedan expuestos a la humedad y a los materiales, esto puede ser perjudicial para la banda transportadora
- La superficie rugosa se puede enganchar en los elementos de fijación, el limpiador lo cual puede dañar el empalme
- Fugas en el transporte de materiales finos
- No se aconseja para servicio a altas temperaturas, los empalmes podrían calentarse y causar degradación local en la carcasa y un fallo prematuro del empalme

La **Figura 2.5** muestra la distancia de transición, esta distancia es una limitante a considerar puesto que influye en la vida útil de la banda, el empalme y la polea guía. Si la distancia es demasiado corta la tensión en sus bordes puede exceder el límite elástico de la carcasa, puede pandearse en el centro, levantarse de los rodillos de transición, estirarse permanentemente, fallar en los empalmes. La norma cema proporciona tablas para calcular la distancia de transición mínima.

Los materiales gruesos pueden causar un impacto considerable, cuanto más pesado sea el material, mayor sea la altura de caída o mayor sea la

velocidad angular al entrar en contacto con la correa, mayor será la energía que tendrá que absorber la correa. Si el material golpea la correa cuando está apoyada sobre un rodillo, pueden producirse daños en la carcasa debido al aplastamiento.

**Figura 2.5 Distancia de transición**



**Fuente: CEMA 7ma edición**

Para reducir los daños ocasionados por el impacto, se debe brindar buenas condiciones al momento de cargar el material, como ser:

- Minimizar la altura de caída
- Minimizar su velocidad respecto al de la cinta

### **2.2.2.2 Tipos de polines y sus configuraciones**

Los polines son los encargados de proteger y soportar a la banda transportadora y por ende a el material transportado. Están diseñados para incorporar rodillos de varios diámetros.

Estos rodillos están equipados con cojinetes y juntas que están montados sobre ejes. La resistencia a la fricción debido a los mismos es importante porque influye en la tensión de la banda transportadora, y por lo tanto en la potencia necesaria. Por este motivo es importante la correcta selección de los polines.

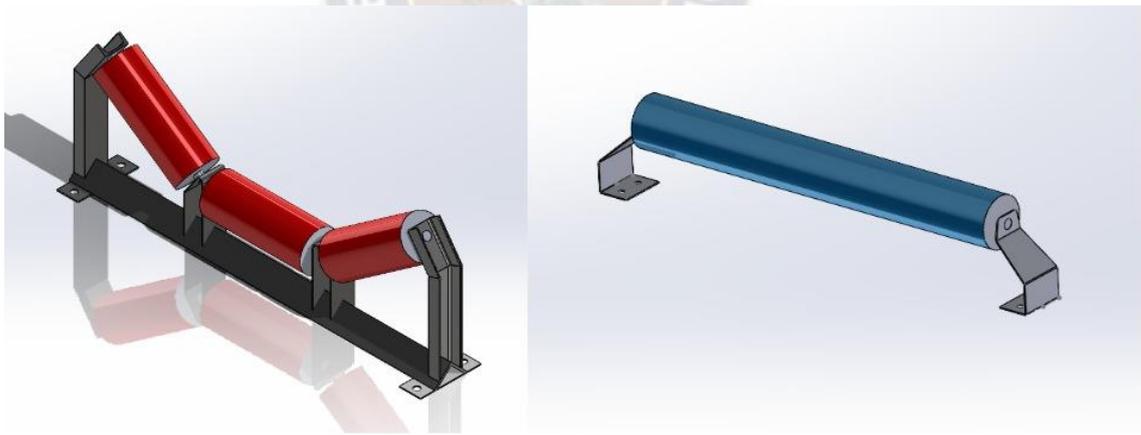
El correcto dimensionamiento del diámetro del rodillo y del eje, así como también la adecuada selección del rodamiento, se basa en el tipo de servicio, las condiciones de funcionamiento, la carga soportada y la velocidad de la cinta

transportadora. La norma CEMA 502 tiene información de las dimensiones y el proceso de selección.

Los polines de carga usualmente tienen dos configuraciones, la primera y la más utilizada es usada en cintas transportadoras tipo artesa o acanaladas, esta configuración consta de 3 rodillos (2 inclinados y uno horizontal). La segunda configuración es usada en cintas transportadoras planas, esta configuración solo consta de un rodillo horizontal colocado entre soportes, ambas configuraciones se muestran en la **Figura 2.6**. Antiguamente la inclinación de los rodillos en los polines acanalados era de  $20^\circ$ , pero recientemente los rodillos con inclinaciones de  $35^\circ$  y  $45^\circ$ , de estas dos inclinaciones la de  $35^\circ$  es la más utilizada actualmente.

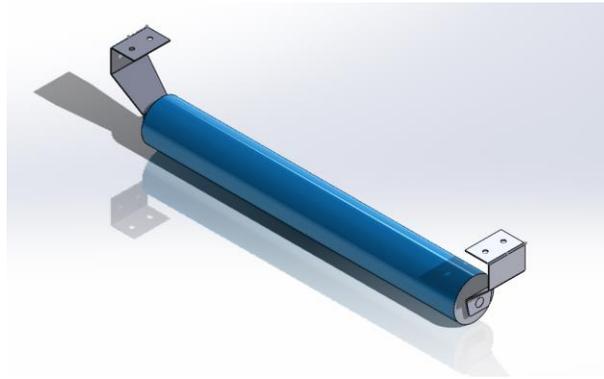
Los polines de retorno en su mayoría constan de un único rodillo horizontal, usualmente se los encuentra fijados en la parte inferior de la estructura de soporte en la que se montan los polines de carga. Se muestra la configuración es los rodillos de retorno en la **Figura 2.7**.

**Figura 2.6 Polines de carga**



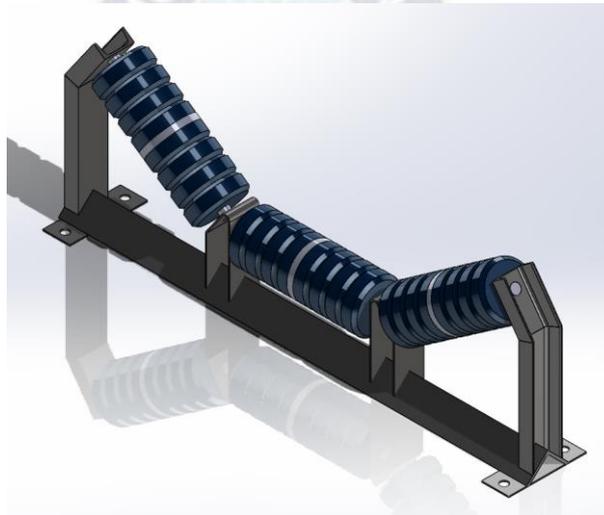
**Fuente: elaboración propia**

**Figura 2.7 Configuración polín de retorno**



**Fuente: elaboración propia**

**Figura 2.8 Configuración polines de impacto para una cinta transportadora tipo artesa**



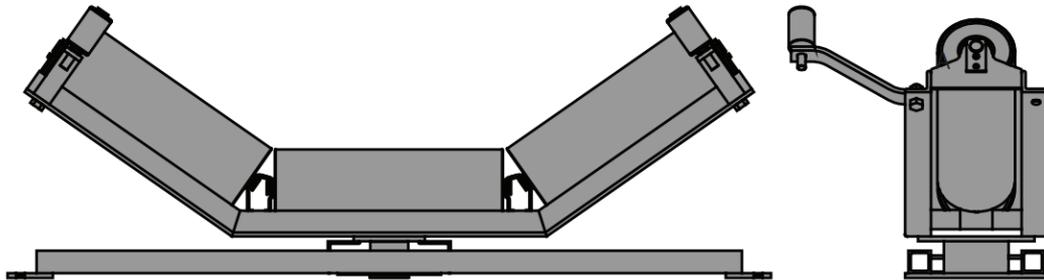
**Fuente: elaboración propia**

Los polines de impacto, también llamados polines amortiguadores, están localizados en el punto de carga y ayudan a absorber la energía resultante del impacto del material a granel. La configuración puede ser la misma que la de los polines de carga, con la diferencia de que sus rodillos tienen elementos de caucho o ruedas neumáticas vulcanizadas al rodillo de acero. La configuración de los polines de impacto se muestra en la **Figura 2.8**.

Idealmente los polines de carga son los elementos que controlan la alineación de la correa, pero existen condiciones adversas que pueden ocasionar que la banda se desalinee. Los rodillos de carga autoalineantes son los elementos que giran cuando la banda transportadora entra en contacto con ellos al desalinearse, y posteriormente los corrigen alineando a la banda

nuevamente. Estos rodillos se fijan usualmente a la estación de los polines de carga y retorno como se muestra en la **Figura 2.9**.

**Figura 2.9 Rodillos autoalineantes fijados a la estación de los polines de carga**



**Fuente: [www.ppi-global.com](http://www.ppi-global.com)**

### 2.2.2.3 Tambores

Cuando hablamos de los tambores en cintas transportadoras, es una práctica común hablar también de sus ejes y rodamientos, debido a que estos forman un elemento compuesto. La construcción de los tambores ha ido evolucionando desde ser fabricada con materiales como la madera, pasando por el hierro fundido, hasta llegar hoy por hoy al acero soldado.

Debido a la gran aplicación de las cintas transportadoras en la industria, las normas ANSI/CEMA B105.1 y 501.1, normaron las dimensiones y características de los tambores estándar y tambores de ala en rangos universalmente aceptados, con similares tipos de construcción y capacidades de carga. Esto no significa que ya no se fabriquen tambores a medida, se diseñan generalmente en aplicaciones de alto tonelaje, o también cuando la banda transportadora tenga una carcasa de cables de acero.

A grandes rasgos existen dos tipos de tambores:

- Tambores estándar de acero (**Figura 2.10**), su configuración es la de un cilindro hueco con dos discos en sus extremos en los cuales van montados bujes de compresión
- Tambores de tipo ala autolimpiante (**Figura 2.11**), generalmente se usan como tambores de cola o tensores donde el material se puede acumular con facilidad

**Figura 2.10 Tambor estándar de acero con discos de refuerzo intermedio**



**Fuente: Van Gorp – Poleas para bandas transportadoras**

**Figura 2.11 Tambor tipo ala**



**Fuente: Van Gorp – Poleas para bandas transportadoras**

Nunca se deben usar tambores estandarizados en sistemas que empleen bandas transportadoras con carcasa de cables de acero. Respecto a los tambores empleados en minería la norma CEMA nos dice:

Los tambores estandarizados y de aleta están disponibles para el servicio en mina. Normalmente, un tambor de servicio de mina es uno cuyos espesores de material han sido aumentados para un diseño rígido y conservador. Originalmente se especificaban y utilizaban para operaciones de minería subterránea, donde el entorno abusivo y el alto coste de la instalación exigían un diseño más conservador. Las poleas para minería pueden ser apropiadas para transportadores con arranques y paradas frecuentes, sobrecargas que superan el 150% de las tensiones

de funcionamiento, o cuando es necesaria una mayor fiabilidad. **(CEMA, 2014, pág. 315)**

Al momento de escoger o diseñar un tambor se debe prestar mucha atención a la tensión de la banda transportadora, puesto que una excesiva tensión podría derivar en fallas en los tambores, los ejes o los cojinetes. Las tensiones máximas se producen por corto tiempo, durar un par de minutos o menos, ocurren generalmente en los arranques, paradas y los atascos.

Los tambores pueden ser recubiertos por materiales antideslizantes como el caucho para aumentar la capacidad de transmisión aprovechando el aumento del coeficiente de fricción. Este recubrimiento es casi obligatorio si el sistema realizara servicio en lugares mojados o húmedos.

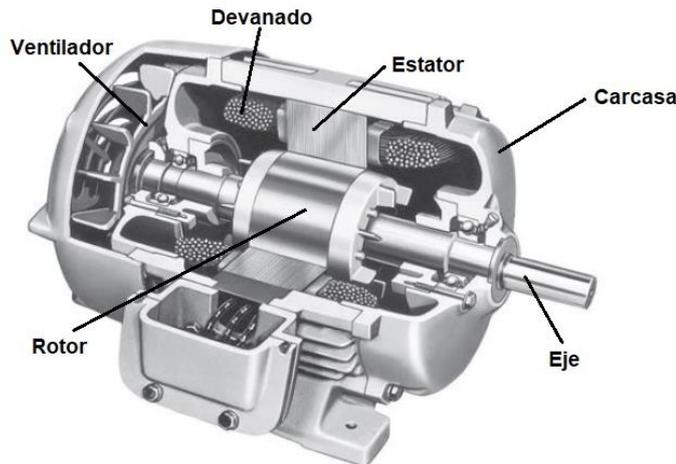
### **2.2.2.4 Motores asíncronos**

Un motor asíncrono o de inducción es “una máquina que solo tiene un conjunto continuo de devanados de amortiguamiento se llama máquina de inducción. Se les llama así porque el voltaje en el rotor (que produce la corriente y el campo magnético del rotor) se induce en los devanados del rotor en lugar de estar físicamente conectados por cables. La característica distintiva de un motor de inducción es que no se necesita de corriente de campo de cd para que la maquina funcione”. (Chapman, 2012, pág. 231)

Los motores de inducción son los más usados en las diferentes industrias, por su bajo costo, su simplicidad, su gran robustez y mantenimiento relativamente fácil. Generalmente su eje gira a una velocidad constante que puede variar ligeramente cuando se acopla una carga, la velocidad constante representa una limitante al momento de implementar estos motores. Otro inconveniente de estos motores es el arranque, al momento de arrancar un motor de inducción la corriente pico puede llegar a ser de hasta 12 veces su corriente nominal, esto representa un gasto de energía significativo, sin mencionar el desgaste de los componentes eléctricos y de control. El avance en la electrónica de potencia da una solución a estos problemas, los variadores de frecuencia son dispositivos que nos brindan la posibilidad de controlar la velocidad y el torque, además permiten el arranque suave, más adelante se explicara detalladamente lo concerniente a los variadores de frecuencia.

Las partes constructivas de los motores asíncronos son: estator, rotor, devanados, eje, carcasa y ventilador, como se muestra en la **Figura 2.12.**

**Figura 2.12 Partes constructivas de un motor de inducción**



**Fuente: Máquinas eléctricas, Chapman pag. 232**

Las características más importantes de un motor asíncrono son: potencia nominal, tensión nominal ( $\Delta - Y$ ), frecuencia nominal, intensidad de corriente nominal, velocidad angular nominal, número de fases, eficiencia, factor de potencia, diagrama de conexión. Toda esta información y más se puede encontrar en la placa de identificación localizada en la carcasa de cada motor (Figura 2.13).

**Figura 2.13 Placa característica de un motor de la marca WEG**

WEG W22 Premium IE3										
~3 90L-02 IP55 INS CLF $\Delta T$ 80 KS1 SF 1.00 AMB 40°C										
V	Hz	kW	RPM	A	PF	Eff 100%	75%	50%		
220 $\Delta$ / 380 Y	50	2.2	2855	7.81 / 4.52	0.86	IE3	85.9	86.4	86.5	
230 $\Delta$ / 400 Y			2870	7.70 / 4.43	0.83		86.3	86.5	86.0	
- / 415 Y			2880	- / 4.37	0.81		86.5	85.5	84.0	
- / 460 Y	60		3480	- / 3.85	0.83					
NEMA Eff 86.5% 3.0HP 460 V 60Hz 3480 RPM										
3.85 A PF 0.83 Des A Code K SF1.15 CC029A										
MOD. TE1BFOX0\$ ALT 1000 m.a.s.l. 22 kg										

**Fuente: Motores eléctricos guía de especificación WEG**

Al momento de realizar la selección de un motor es importante tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Costo inicial
- Capacidad de la red
- Necesidad de corrección del factor de potencia
- Efecto de inercia de la carga
- Necesidad, o no, de regulación de velocidad
- Exposición de la máquina en ambientes húmedos, contaminados y/o agresivos

### 2.2.2.5 Compensadores de correa

Es necesario que todo sistema de transporte por correa tenga un sistema de tensado. Este sistema previene tres problemas que podrían ocasionar que el sistema no funcione adecuadamente. Los problemas son los siguientes.

- Asegurarse que la banda transportadora tenga la tensión necesaria en el lado flojo, en otras palabras, prevenir el resbalamiento en el tambor motriz.
- Asegurar la suficiente tensión cuando la correa está cargada
- Para compensar los cambios en la longitud debido al estiramiento en la banda transportadora
- Asegurar un exceso de cinta por si es necesario realizar empalmes de reemplazo o empalmes de reparación

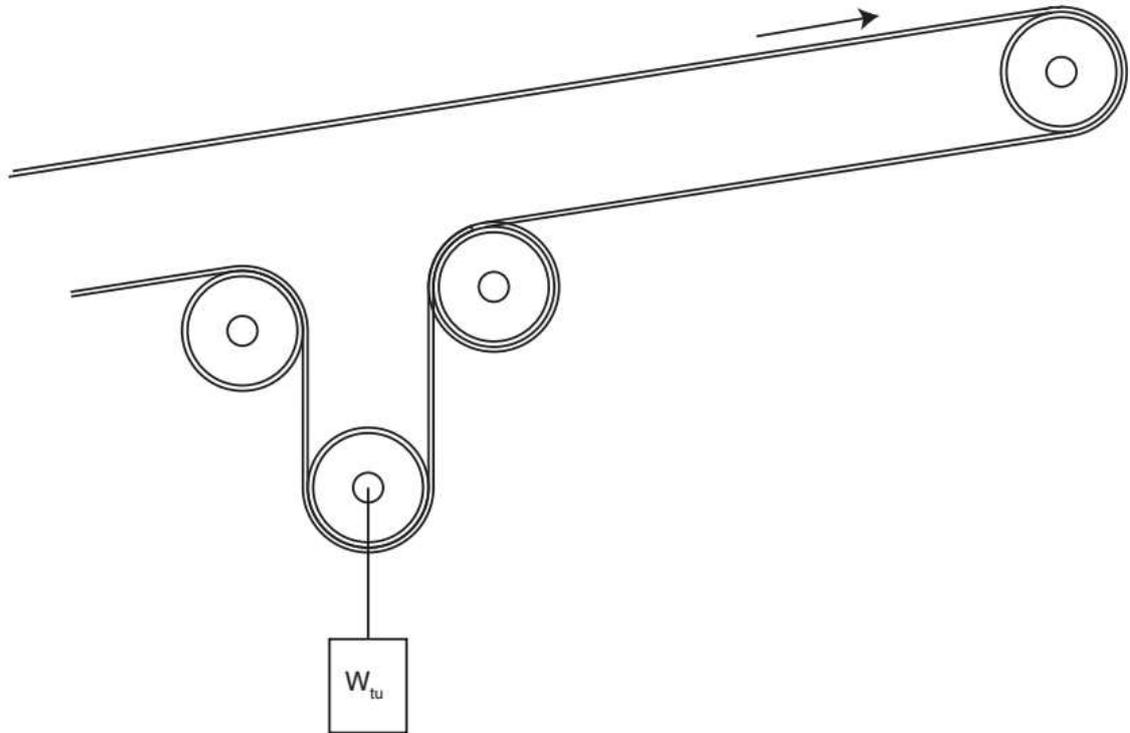
Existen dos tipos de elongaciones en una banda transportadora. La primera es una elongación elástica, debido al arranque o el frenado del sistema, la banda vuelve a su elongación inicial cuando estas tensiones transitorias desaparecen. Mientras que la elongación de fabricación se da cuando el tejido es entrelazado, cuando se tensa la banda estos tejidos tienden a enderezarse, resultado de esto la banda se elonga.

Podemos clasificar a los compensadores en manuales y automáticos. Los compensadores manuales son económicos y compactos, este sistema deberá ajustarse constantemente, y no es ideal. Solo se recomienda instalar este tipo de compensadores cuando no se pueda instalar uno automático.

Los compensadores automáticos tienen la ventaja que se pueden instalar verticalmente, horizontalmente y inclinados, pueden ser operados por gravedad, energía eléctrica, neumática e hidráulica (**Figura 2.14**).

Usualmente la instalación de los compensadores se realiza en el tambor de cola, puesto que esto resulta la solución más económica, pero siempre se debe buscar la solución más adecuada para cada caso en particular.

**Figura 2.14 Take-up automático operado por gravedad**



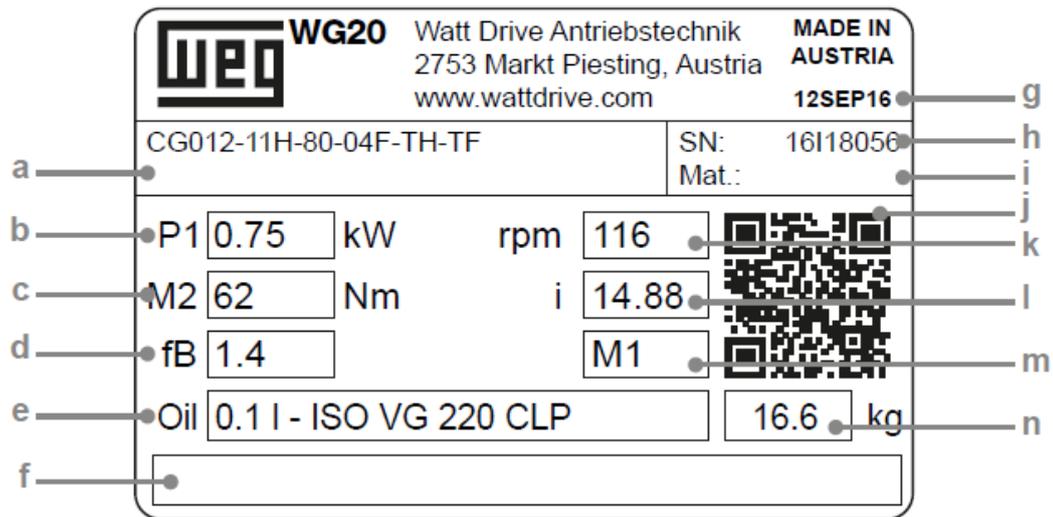
Fuente: CEMA 7ma edición

### 2.2.2.6 Reductores

Los reductores son máquinas mecánicas que emplean engranajes de diferentes radios primitivos, esto con la finalidad de reducir la velocidad que nos ofrece un motor, por el principio de conservación de la energía, su torque aumenta y su velocidad angular baja.

Al igual que los motores los motorreductores también tienen una placa de características, todos los datos relevantes se encuentran en la misma, como se muestra en la **Figura 2.15**.

**Figura 2.15 Placa característica de un reductor de la marca WEG**

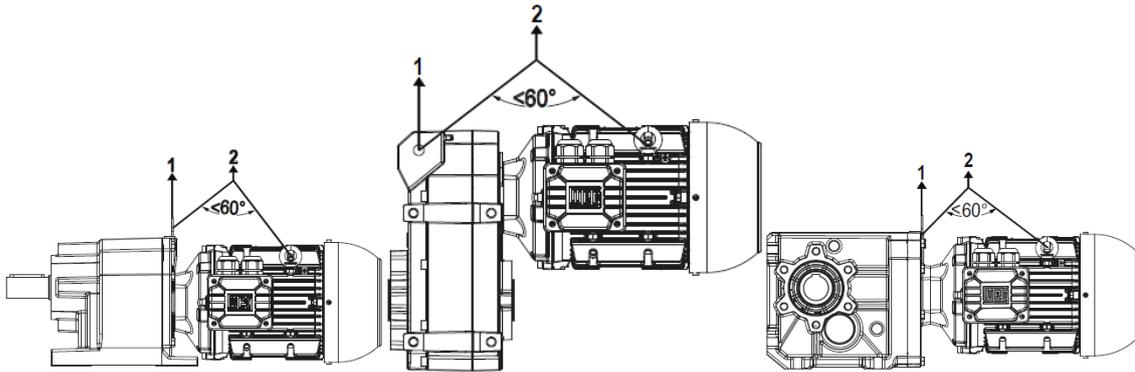


**Fuente: WEG Motorreductores Manual de puesta en marcha, instalación y montaje.**

- a) Designación de modelo
- b) Potencia
- c) Par de giro
- d) Factor de servicio
- e) Tipo y cantidad de aceite
- f) Espacio para información adicional
- g) Fecha de fabricación
- h) Número de reductor
- i) Número de material
- j) Código QR con link para datos adicionales
- k) Número de revoluciones
- l) Relación de reducción
- m) Posición de montaje
- n) Peso

Según su forma pueden dividirse en reductores: helicoidales, de ejes paralelos, ortogonal, estas configuraciones se muestran en la **Figura 2.16**.

**Figura 2.16 Tipos de motorreductores**



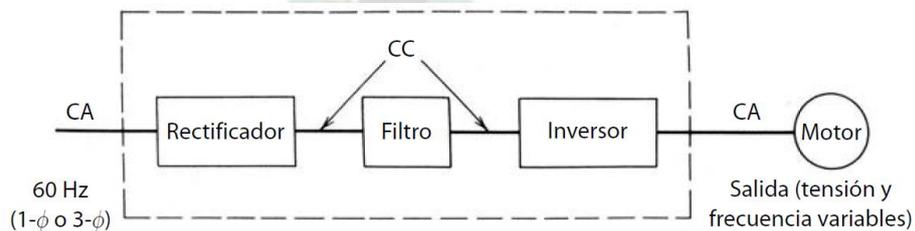
**Fuente: WEG Motorreductores Manual de puesta en marcha, instalación y montaje.**

### 2.2.3 Variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia o también llamados VFD tienen un rol importante en la industria cementera, minera, alimenticia, etc. Sus aplicaciones son muchas y los beneficios que derivan de su implementación son de interés de las industrias.

Los VFD son dispositivos electrónicos que permite controlar la velocidad de motores asíncronos trifásicos mediante transistores de potencia, pero pueden ser alimentadas con tensiones monofásicas o trifásicas, para controlar la velocidad del motor es necesario variar la frecuencia de la alimentación, esto se puede conseguir con los circuitos mostrados en la **Figura 2.17**.

**Figura 2.17 Etapas de un variador de frecuencia**



**Fuente: Electrónica de Potencia Mohan, Undeland, Robbins**

- a) Rectificado. - La corriente alterna monofásica o trifásica se rectifica mediante diodos convirtiéndola así en corriente continua.
- b) Filtrado. -Esta corriente continua se filtra para suavizarla y reducir el rizo y los armónicos, esto se consigue con capacitores y inductores.

- c) Inversión. - Finalmente se regula la frecuencia y el voltaje mediante la modulación de ancho de pulsos (PWM) con ayuda de transistores de potencia.

Implementar un VFD ofrece las siguientes ventajas:

- a) Arranque y paro. – Es posible controlar la marcha y el paro de un motor y además este será adecuado evitando el desgaste de los devanados del motor y disminuyendo el estrés en los componentes de la instalación eléctrica.
- b) Control de la velocidad. – Es posible controlar la velocidad del motor mediante un potenciómetro o botoneras o el HMI incorporado en el VFD.
- c) Ahorro energético. – Al eliminar el exceso de corriente en el arranque y solo utilizar la potencia que demande nuestra maquinaria, un variador de frecuencia puede reducir el consumo energético entre un 20% y un 70%.
- d) Tiempo de vida. – Como se mencionó en el inciso a) un arranque adecuado incrementa la vida de todos los componentes de la instalación eléctrica y en particular del motor, además reduce el estrés mecánico que sufre la maquinaria durante la puesta en marcha.
- e) Mantenimiento. – Emplear VFD's reduce el costo de mantenimiento debido a la descripción del inciso d).

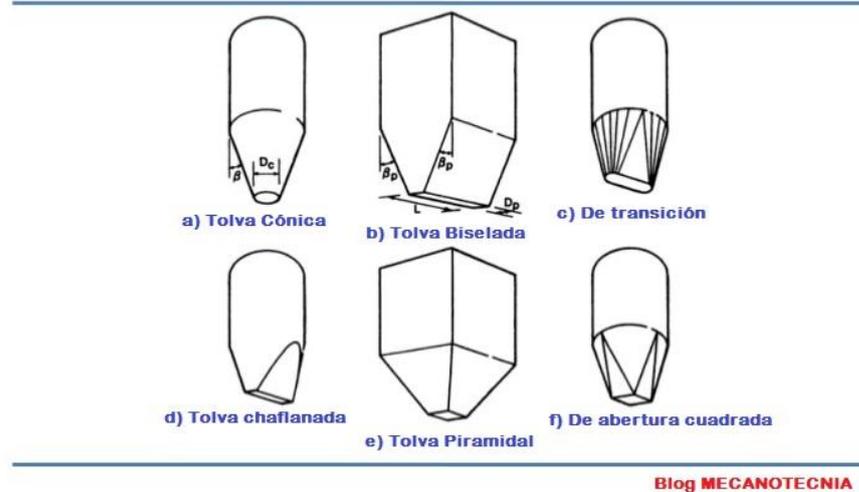
### 2.2.4 Tolvas

Una tolva (también llamado chute o silo) es un contenedor cuadrado o cilíndrico que forma un embudo en su parte inferior, y están destinados a almacenar y canalizar materiales gruesos, finos o líquidos, generalmente están soportadas por una estructura o base.

En la **Figura 2.18** se muestra las diferentes formas que puede tener una tolva.

**Figura 2.18 Formas usuales en tolvas**

### Tolvas de Flujo Másico

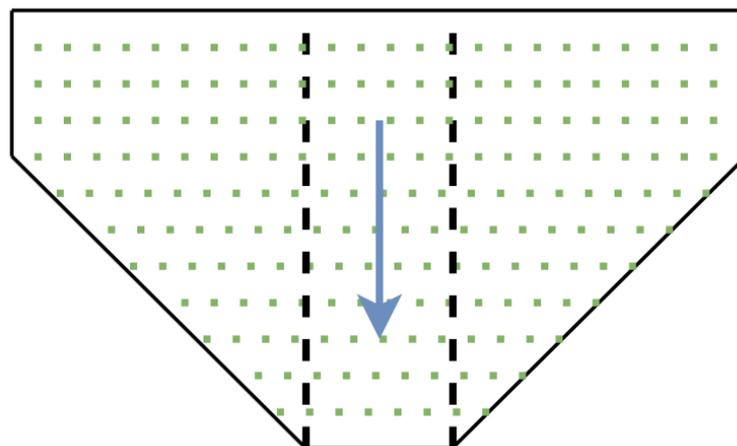


**Fuente: [www.mecanotecnia.blogspot.com](http://www.mecanotecnia.blogspot.com)**

A parte de la forma también podemos clasificar a las tolvas por su tipo de flujo:

- a) Flujo tubular. – Tendencia a formarse un agujero sobre la superficie del material descargado, formándose así un canal de flujo desde la superficie hasta la salida de la tolva. Las desventajas que presenta este tipo de flujo es que material queda inmobilizado y esto disminuye su capacidad, por otra parte, este material estancado puede volverse inservible. La ventaja más importante es que las paredes de la tolva sufren menor desgaste y menores esfuerzos reduciendo el material de construcción.

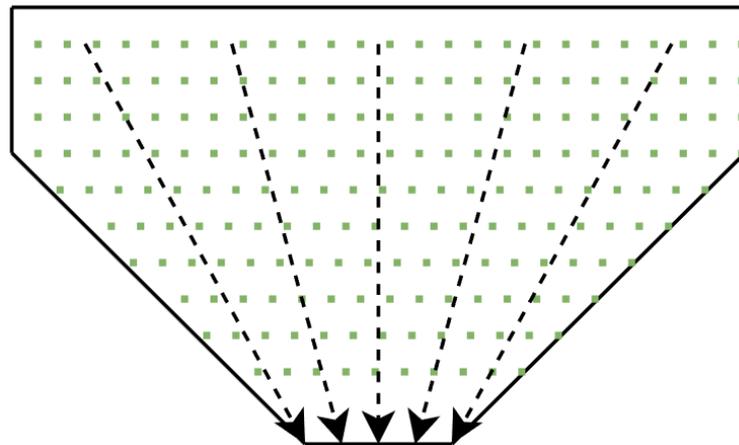
**Figura 2.19 Flujo tubular**



**Fuente: Elaboración propia**

- b) Flujo másico. – La superficie del material permanece a nivel mientras ocurre la descarga, esto significa que todo el material se mueve al momento de la descarga, incluso el material en contacto con las paredes de la tolva, esto elimina la posibilidad de obstrucciones y asegura la renovación de materia prima. Las tensiones actuantes en las paredes de la tolva producto de la descarga pueden calcularse para un diseño correcto.

**Figura 2.20 Flujo másico**



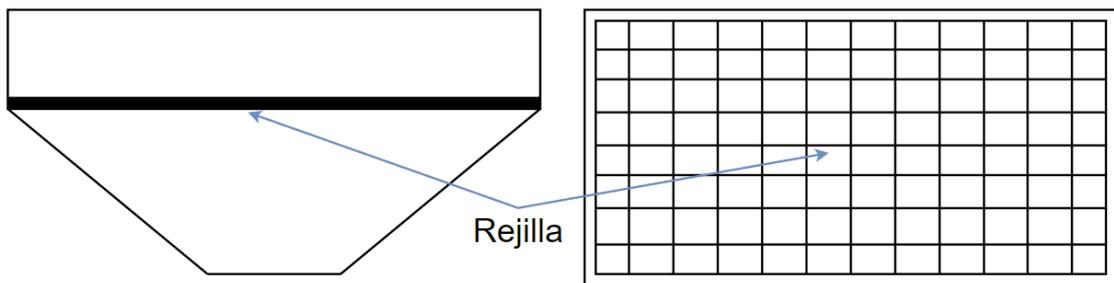
**Fuente: Elaboración propia**

Al momento de diseñar una tolva se tienen que tener presente el material que se pretende depositar, la geometría de la tolva, estimación de las cargas que actuarán sobre las paredes de la tolva y el diseño de la estructura de soporte.

#### **2.2.4.1 Tolva de gruesos**

Estas tolvas son usadas en industrias mineras, cementeras, siderúrgicas, etc. Esto debido a que los materiales manipulados o canalizados son de dimensiones considerables, usualmente tienen una rejilla o parrilla que separa los cuerpos más grandes (**Figura 2.21**), esto debido a que estos fragmentos grandes pueden ocasionar obstrucciones u otros problemas.

**Figura 2.21** Rejilla en una tolva de gruesos



**Fuente:** *Elaboración propia*

Estas tolvas de gruesos almacenan el material a granel o mineral bruto y lo canalizan, generalmente, hacia una banda transportadora para ser llevados a chancadoras, molinos, hornos u otra etapa del proceso. Las tolvas de gruesos están construidas a partir de planchas fijadas a perfiles como se muestra en la **Figura 2.22**.

**Figura 2.22** Tolva de gruesos



**Fuente:** [www.maquinariaeindustria.es](http://www.maquinariaeindustria.es)

### 2.2.5 Estructuras metálicas

Se le llama estructura metálica a una armadura cuyos elementos son perfiles de acero esbeltos unidos por sus extremos, usualmente sus nodos están unidos mediante soldadura o uniones empernadas, y se diseñan con la finalidad de que soporten una o varias cargas.

### 2.2.5.1 Tipos de cargas

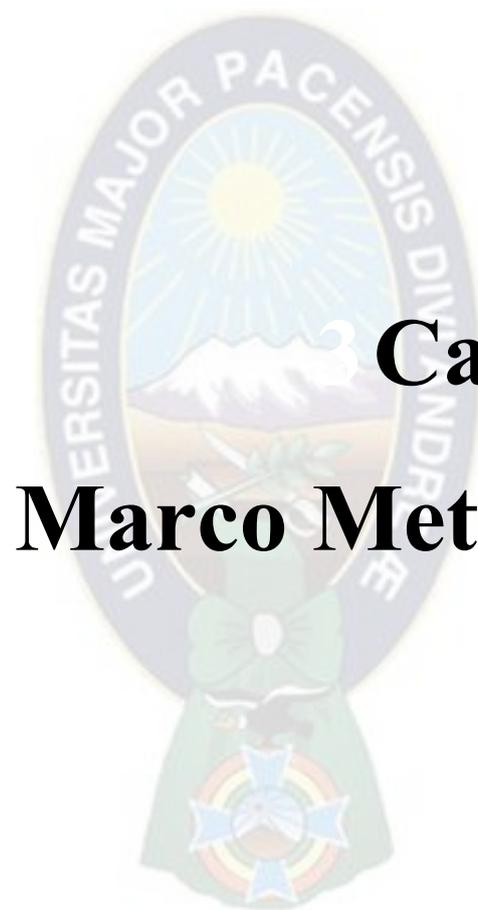
Existen diferentes tipos de cargas que se deben considerar al momento de diseñar una estructura metálica, estas son:

- a) Cargas muertas. – Son cargas debidas al peso propio de la estructura y cualquier otro elemento fijado a la misma, en el caso de las cintas transportadoras son los polines, tambores, la banda transportadora, el motor.
- b) Cargas vivas. – Son cargas relacionadas al uso de la estructura, como el trafico de personas, vehículos, etc,
- c) Carga viva de techo. – Carga producida en el mantenimiento por los trabajadores, equipos y materiales.
- d) Cargas de viento. – Esta carga deriva de la presión que ejerce el viento sobre una estructura, y está en función de su velocidad máxima, por lo tanto, depende mucho de la localización geográfica y de su entorno.
- e) Cargas de nieve. – Es la carga debido a la nieve que puede llegar a depositarse sobre la estructura.

### 2.2.5.2 Combinaciones de carga LRFD

Las cargas descritas en el punto 2.2.5.1 se combinan entre si incrementando las mismas, estas combinaciones de carga provienen de la ASCE 7-10, todas las combinaciones deben realizarse y se debe escoger la máxima como carga de diseño, las combinaciones son las siguientes:

- a)  $1.4D$
- b)  $1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$
- c)  $1.2D + 1.6(Lr \text{ o } S \text{ o } R) + (L \text{ o } 0.5W)$
- d)  $1.2D + W + L + 0.5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$
- e)  $1.2D + E + L + 0.2S$
- f)  $0.9D + W$
- g)  $0.9D + E$



# Capítulo III

## Marco Metodológico

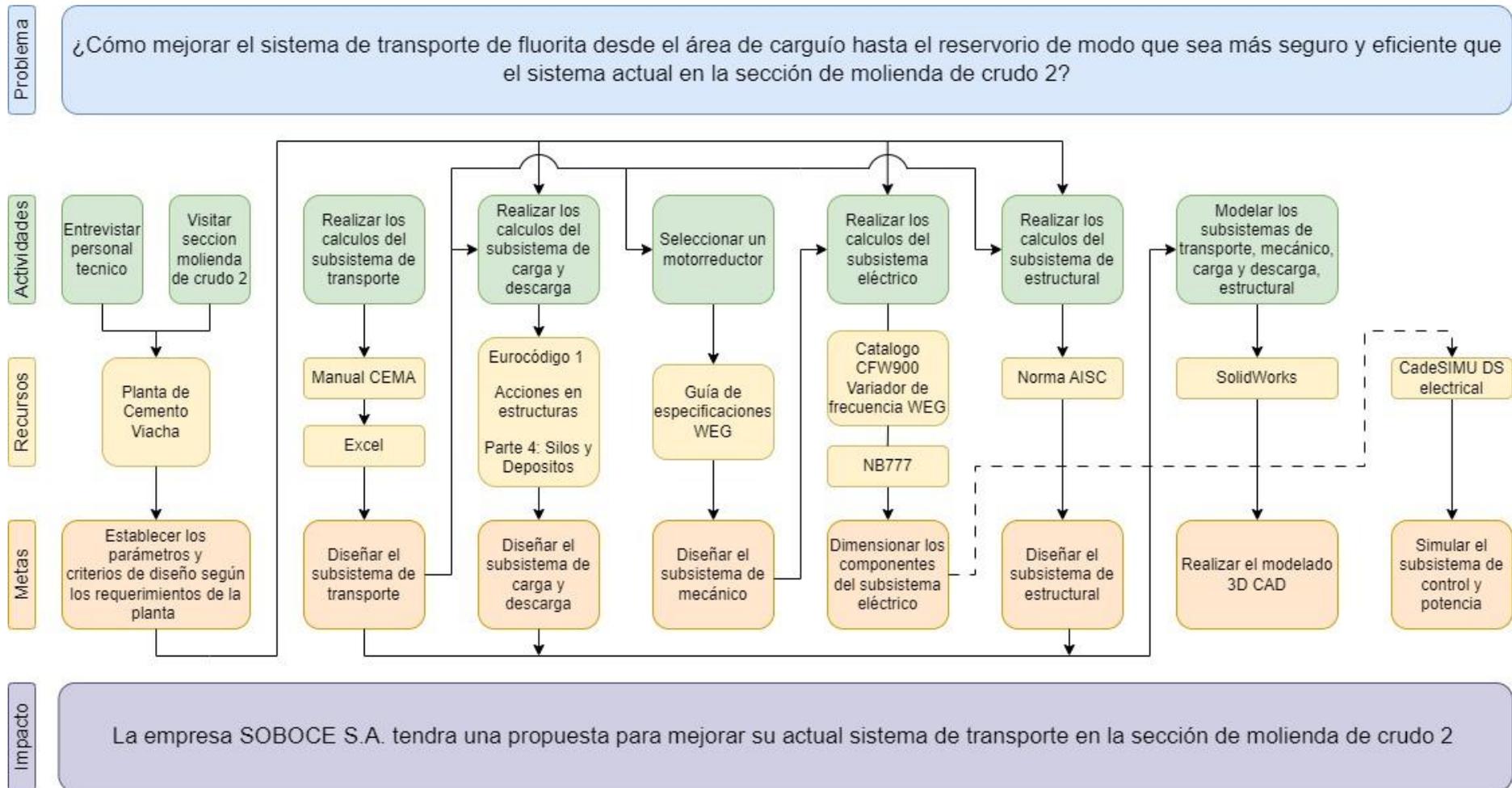
### 3.1 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el proyecto en cuestión, se aplicará la metodología del diseño, esta se enfoca en el proceso de diseño de sistemas mecánicos, eléctricos, estructurales, etc. utilizando técnicas y herramientas específicas.

La metodología para el diseño de cada subsistema y como se conectan entre si se muestra en la **Figura 3.1**.



Figura 3.1 Metodología propuesta para este proyecto



Fuente: Elaboración propia

## 3.2 HERRAMIENTAS

### 3.2.1 SolidWorks

SolidWorks es un software de diseño CAD 3D que permite modelar piezas a partir de operaciones, también permite ensamblar estas piezas y simular su movimiento. Este software brinda las siguientes soluciones:

- Crear modelos y ensamblajes.
- Genera planos.
- Validar y evaluar el diseño.
- Simular análisis de carga.

### 3.2.2 CAdSIMU

Es un software que permite elaborar y simular circuitos de mando y potencia, mediante sus librerías.

### 3.2.3 Excel

Es una hoja de cálculo que se usará para crear planillas con las fórmulas de modo que sea fácil realizar los cálculos, esto será importante en especial al momento de realizar las iteraciones para estimar la tensión de la banda transportadora en el punto 4.2.1.

## 3.3 AMBIENTE DE DESARROLLO

Los ambientes de desarrollo serán:

- a) Planta de cemento Viacha. – En la sección de molienda de crudo 2 se recolectarán los datos necesarios para el diseño del sistema de transporte.
- b) Escritorio del proyectista. – Donde se realizarán los cálculos y el diseño apoyado con un pc de escritorio que cuente con todo el software descrito en el punto 3.2.

The logo of Universidad Mayor Pacensis Divina is a circular emblem. The top arc contains the text 'UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVINA' in a serif font. The central part of the emblem depicts a landscape with a bright sun in a blue sky, a range of white mountains, and a body of water. Below the landscape is a green banner with a white cross. At the bottom of the emblem is a shield with a blue cross and a rainbow. The text 'Capítulo IV' and 'Ingeniería del Proyecto' is overlaid on the right side of the emblem.

# 4 **Capítulo IV**

## **Ingeniería del Proyecto**

## 4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

### 4.1.1 Fluorita

La fluorita es la materia prima que transportara la banda, en la **Tabla 4.1** se muestran las características que debemos considerar para diseñar la cinta transportadora.

**Tabla 4.1 Características de la fluorita**

Característica	Símbolo	Valor	Código según CEMA
Formula Química	CaF <sub>2</sub>	-	-
Densidad	$\gamma$	3.18 g/cm <sup>3</sup>	-
Densidad aparente	$\gamma_m$	1.71 g/cm <sup>3</sup>	-
Tamaño máximo de fragmento	$D_L$	10 cm	C
Angulo de reposo	$\Phi$	35°	3
Angulo de carga	$\Phi_S$	25°	C
Abrasividad	-	Normal	6
Corrosividad	-	Baja	-

### 4.1.2 Espacio disponible

AL realizarse la visita a la sección de Molienda de Crudo 2 en la Planta de Cemento Viacha, se pudo tomar medidas del espacio disponible para realizar el proyecto, las mismas se muestran en la **Tabla 4.2**.

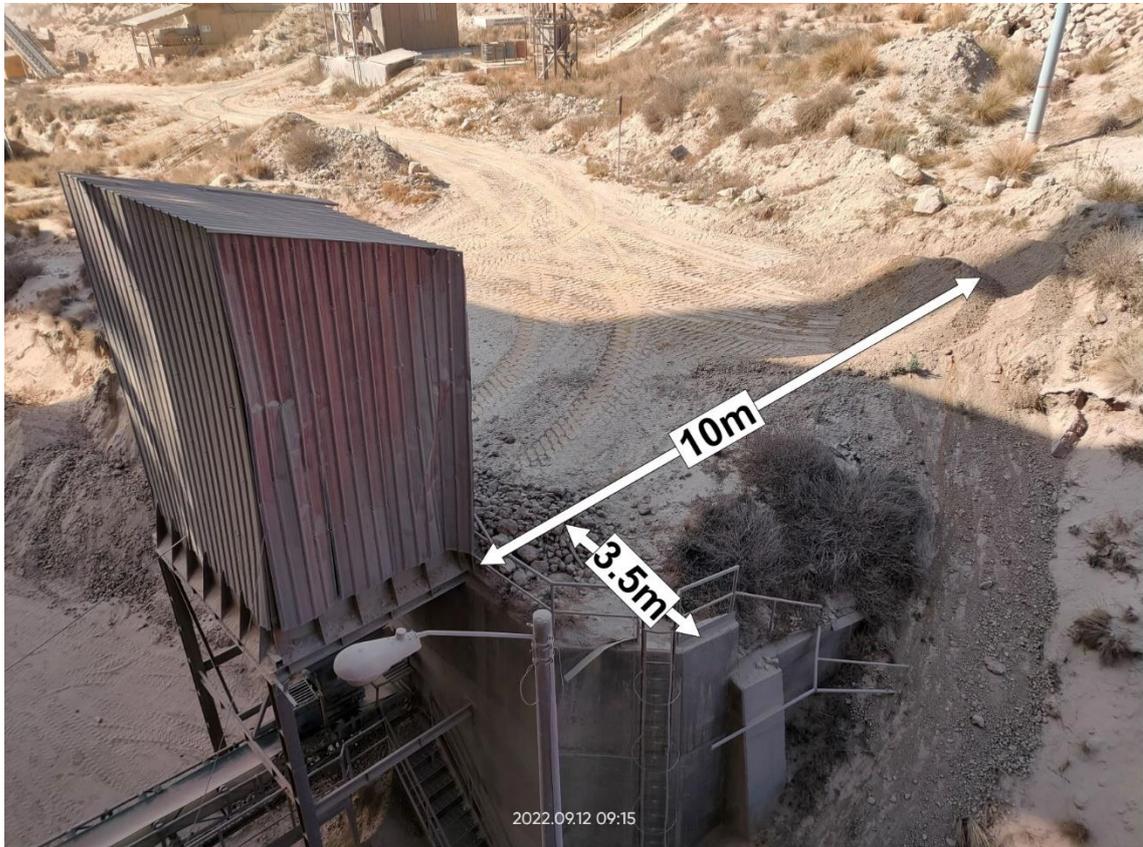
**Tabla 4.2 Dimensiones del espacio disponible**

Descripción	Tamaño
Distancia desde el reservorio hasta la arista del área de carga	9.4 m
Altura desde el área de carga hasta la parte	9 m
Distancia desde la actual tolva de carga hasta la baranda de protección	3.5 m

Profundidad del área de carga	10 m
-------------------------------	------

Si observamos las **Figuras 4.1 y 4.2** podemos anticipar que el ángulo de inclinación de la banda transportadora tendrá que ser de  $45^\circ$  aproximadamente.

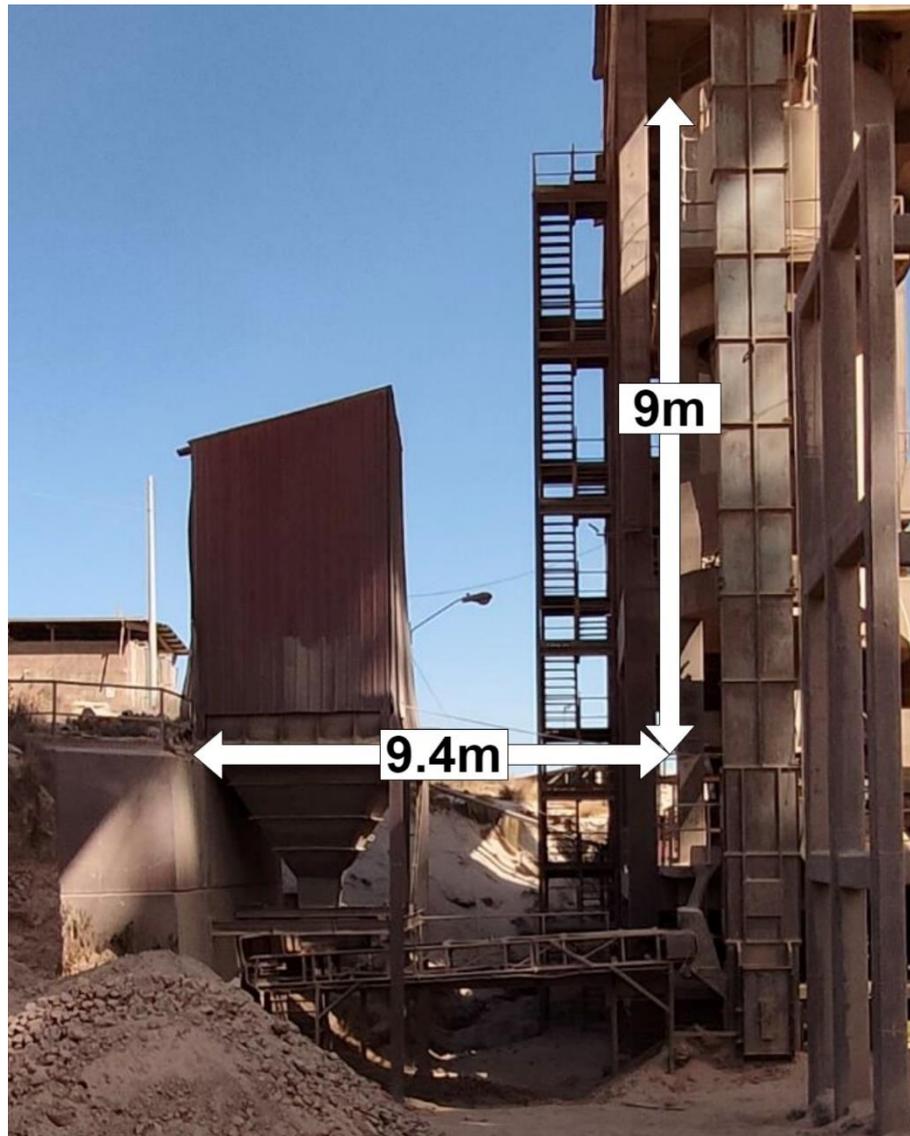
**Figura 4.1** *Espacio disponible en el área de carguío*



**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 4.2** Espacio disponible en el área de carguío



*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.1.3** Requerimientos de la planta

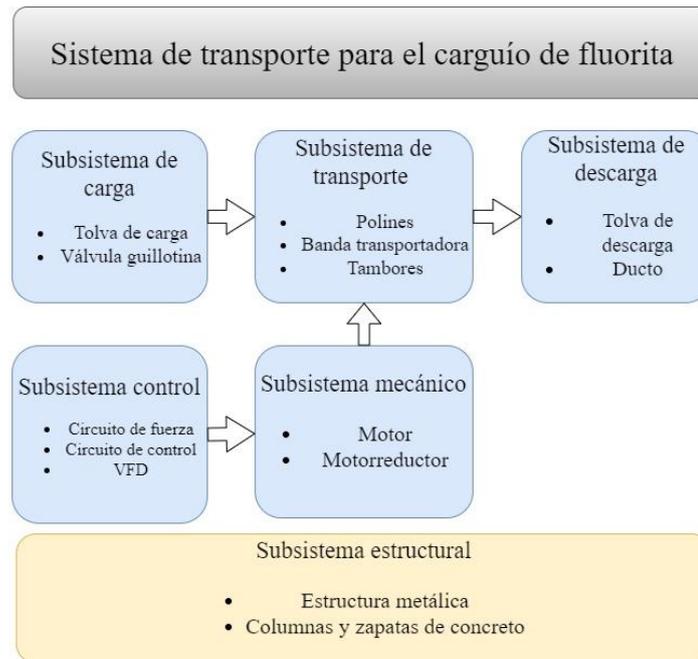
La capacidad de la banda transportadora deberá ser de 1500 kg/h.

Rango de temperatura de 5 – 20 °C

#### **4.2** SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

El sistema se dividirá en 5 subsistemas, los mismos se muestran en un diagrama en la **Figura 4.3**.

**Figura 4.3 el sistema y sus subsistemas**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.1 Subsistema de transporte

Es importante empezar el diseño por el subsistema de transporte, puesto que es el alma del proyecto, del diseño de este subsistema saldrán los parámetros para el sistema de carga y descarga, mecánico, estructural y por ende de control.

##### 4.2.1.1 Banda transportadora

El manual CEMA da una referencia empírica entre el tamaño de los fragmentos a transportar y el ancho de la cinta. Esta relación nos dice que el ancho de la cinta debe de ser al menos cinco veces la dimensión máxima de los fragmentos (100 mm).

$$BW = 5 \times D_L \quad (4.1)^1$$

Donde:  $BW = \text{Ancho de la banda [mm]}$

$D_L = \text{Dimensión máxima fragmento de fluorita [mm]}$

$$BW = 5 \times 100$$

$$BW = 500 \text{ [mm]}$$

<sup>1</sup> Ecuación (4.1) CEMA 7ma edición pág. 60

Si consideramos valores normalizados en pulgadas o mm, nos daría los siguientes anchos de banda:

$$B = 500 [mm]$$

Las velocidades recomendadas para mineral en general, estarán en un rango de 2 a 6 m/s.

$$400 [fpm] \leq V \leq 1200 [fpm]$$

Podemos calcular la velocidad de la banda transportadora con la ecuación

$$V = \frac{Q \times DF}{A \times \gamma_m} \quad (4.2)^2$$

Donde:  $Q = \text{capacidad de carga [tph]}$

$DF = \text{Factor de diseño}$

$A = \text{Sección transversal del material a granel [ft}^2\text{]}$

$\gamma_m = \text{Densidad aparente del material a granel [lb/ft}^3\text{]}$

$V = \text{Velocidad de la banda transportadora [fpm]}$

Calculado el valor de la sección transversal a partir de la **Tabla 1.2 en Anexos**, mediante una doble interpolación para un ángulo de carga de 25° y una altura de separador de 110mm.

$$Q_{25^\circ}^{127mm} = \frac{Q_{30^\circ}^{127mm} - Q_{20^\circ}^{127mm}}{30 - 20} \times (25 - 20) + Q_{20^\circ}^{127mm}$$

$$Q_{25^\circ}^{127mm} = \frac{67.6 - 55.9}{30 - 20} \times (25 - 20) + 55.9$$

$$Q_{25^\circ}^{127mm} = 61.75 [tph]$$

$$Q_{25^\circ}^{101.6mm} = \frac{Q_{30^\circ}^{101.6mm} - Q_{20^\circ}^{101.6mm}}{30 - 20} \times (25 - 20) + Q_{20^\circ}^{101.6mm}$$

$$Q_{25^\circ}^{101.6mm} = \frac{48.5 - 37.3}{30 - 20} \times (25 - 20) + 37.3$$

$$Q_{25^\circ}^{101.6mm} = 42.9 [tph]$$

$$Q_{25^\circ}^{110mm} = \frac{Q_{25^\circ}^{127mm} - Q_{25^\circ}^{101.6mm}}{127 - 101.6} \times (110 - 101.6) + Q_{25^\circ}^{101.6mm}$$

$$Q_{25^\circ}^{110mm} = \frac{61.75 - 42.9}{127 - 101.6} \times (110 - 101.6) + 42.9$$

$$Q_{25^\circ}^{110mm} = 49.13 [tph] = 98260 [lb/h]$$

Ahora de la ecuación 4.2.

<sup>2</sup> Ecuación (4.2) ref. Ec. 4.5, CEMA 7ma edición pág. 64

$$A = \frac{98260}{100 * 100 * 60} = 0.1638 [ft^2]$$

$$V = \frac{98260 \times 1.25}{0.1638 \times 106.75 \times 60}$$

$$V = 117.1 [fpm]$$

Considerando los anteriores resultados y los requerimientos de la planta, podemos definir.

$$V = 400 [fpm]$$

Entonces la capacidad máxima de la banda transportadora será de:

$$Q_{d-max} = 167.8 [tph] = 335600 [lb/h]$$

Pero el requerimiento de la planta es de tan solo de 15 mtph, por lo tanto:

$$Q_d = 15 [tph] = 33600 [lb/h]$$

El factor de frecuencia de la banda de transporte será.

$$F_f = \frac{2 \times L}{V} = \frac{2 \times 62.3}{400} \quad (4.3)^3$$

Donde:  $F_f =$  Factor de frecuencia [min]

$L =$  Longitud total de la banda transportadora [ft]

$V =$  Velocidad de diseño [fpm]

$$F_f = 0.31 [min]$$

Se optará por una banda transportadora ARPM grado I y un espesor mínimo sugerida es de 1/4 pero esta deberá duplicarse debido a que el factor de frecuencia es 0.31, por este motivo el espesor de cubierta mínimo será 1/2 de pulgada, mientras que la cubierta inferior tendrá un espesor mínimo de 1/16.

Y con la tensión de la banda transportadora podemos seleccionar una banda con un 105 kN/m.

#### 4.2.1.2 Polines

Para el proyecto se emplearán polines planos, esta elección es debido a que se usara una banda transportadora tipo pocket.

Con respecto a los polines de carga, con ayuda de la tabla 5.18 CEMA, en función a el peso específico del material (1710 kgf/m<sup>3</sup>) podemos saber el distanciamiento entre polines de carga y entre los polines de retorno, mencionar que estas son solo primeras aproximaciones hasta saber la tensión en la banda transportadora.

<sup>3</sup> Ecuación 4.3 ref. Ec. 7.8, CEMA 7ma edición pág. 278

$$S_i \leq 3.3 \text{ [ft]} \cong 1 \text{ [m]}$$

$$S_{iR} \leq 4.6 \text{ [ft]} \cong 1.4 \text{ [m]}$$

Con la ecuación 4.3 calculamos la carga en los polines.

$$CIL = \left( (W_b + (W_m \times K_1)) \times S_i \right) + IML \quad (4.4)^4$$

Donde:  $CIL =$  Carga calculada en los polines [lbf]

$$W_b = \text{Peso de la banda transportadora por unidad de longitud} \\ = 4.5 \text{ [lbf/pie]} \text{ (Tabla 5.28 CEMA)}$$

$$W_m = \text{Peso del material a granel por unidad de longitud [lb/ft]}$$

$$K_1 = \text{Factor de ajuste del terrón} = 1.0 \text{ (Tabla 5.29)}$$

$$S_i = \text{Distancia entre polines de carga [ft]}$$

$$IML = \text{Carga por desalineación en los polines [lbf]}$$

Calculando  $W_m$

$$W_m = \frac{Q}{V \times 60} \quad (4.5)^5$$

Donde:  $Q =$  capacidad nominal de la banda transportadora [lb/h]

$$= \frac{33600}{400 \times 60} = 1.4 \text{ [lbf/pie]}$$

$$V = \text{Velocidad nominal de la cinta transportadora [fpm]}$$

Suponemos  $T_n = 10000$  [lbf] y  $d = 0.25$  [in] (desalineamiento máximo admitido en los polines).

$$IML = 2 \times \frac{d \times T_n}{S_i \times 12} = 2 \times \frac{0.25 \times 10000}{3.3 \times 12} \quad (4.6)^6$$

Donde:  $IML =$  Carga por desalineación en los polines [lbf]

$$d = \text{Desalineamiento de los polines [in]}$$

$$T_n = \text{Tensión en la banda transportadora [lbf]}$$

$$S_i = \text{Espacio entre polines de carga [ft]}$$

$$IML = 2 \times \frac{0.25 \times 10000}{3.3 \times 12}$$

$$IML = 126.26 \text{ [lbf]}$$

Calculando  $CIL$

$$CIL = (4.5 + (1.4 \times 1)) \times 3.3 + 126.26$$

<sup>4</sup> Ecuación 4.4 ref. Ec. 5.25, CEMA 7ma edición pág. 106

<sup>5</sup> Ecuación 4.5 ref. Ec. 5.45, CEMA 7ma edición pág. 116

<sup>6</sup> Ecuación 4.6 ref. Ec. 5.26, CEMA 7ma edición pág. 107

$$CIL = 145.7 [lbf]$$

Calculando  $CIL_R$  para los rodillos de retorno.

$$IML_R = 2 \times \frac{0.25 \times 10000}{4.6 * 12} = 90.6 [lbf]$$

$$CIL_R = 4.5 \times 10 + 90.6$$

$$CIL_R = 135.6 [kgf]$$

Obviamente la carga en los polines de carga es superior a la de los polines de retorno. De acuerdo con la tabla 5.38 CEMA, podemos escoger rodillos de 4 pulgadas clase C, esta tiene una capacidad de carga de **475 [kgf]**.

Ahora para seleccionar los polines de impacto se debe calcular el peso de un fragmento de material a granel considerando sus dimensiones máximas.

$$W = 3 \times (D_L)^3 \times \gamma_m \quad (4.7)^7$$

Donde:  $W =$  *Peso de un fragmento [kgf]*

$D_L =$  *Dimension máxima de un fragmento [m]*

$\gamma_m =$  *Peso específico del material [kg/m<sup>3</sup>]*

$$W = 3 \times 0.1^3 \times 1710$$

$$W = 5.13 [kgf] = 11.3 [lbf]$$

Ahora calculamos la energía que el polín de impacto tendrá que absorber.

$$E_{i-lump} = W \times H_d \quad (4.8)^8$$

Donde:  $W =$  *peso de un fragmento*

$H_d =$  *Altura de caída*

$$E_{i-lump} = 11.3 \times 0.82 = 9.3 [lbf - ft]$$

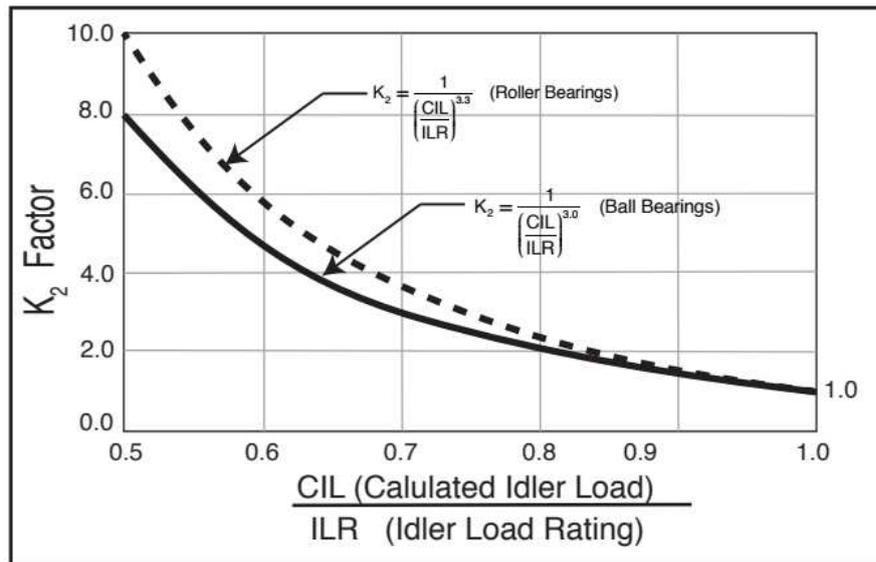
Según la tabla 5.53 el polín de impacto clase C será capaz de soportar el impacto.

Ahora con la figura 4.1 podemos predecir el tiempo de vida de los polines de carga y de impacto, calculando la relación  $CIL/ILR$ .

<sup>7</sup> Ecuación 4.7, CEMA 7ma edición pág. 120

<sup>8</sup> Ecuación 4.8 ref. Ec. 5.52, CEMA 7ma edición pág. 120

**Figura 4.4 Efecto de la carga en el rodamiento elegido**



**Fuente: CEMA 7ma edición**

$$\frac{CIL}{ILR_B} = \frac{145.7}{210} = 0.7$$

Debido a que el resultado de la anterior relación no se encuentra en la gráfica se asumirá factor  $K_2$  es 8 para rodamientos de bolas y 10 para rodamientos de rodillos cilíndricos.

$$L_{10} = L_{10} \times K_2$$

$$L_{10Ball} = 60000 [h] \times 3 = 180000 [h]$$

$$L_{10Roller} = 60000 [h] \times 3.5 = 210000 [h]$$

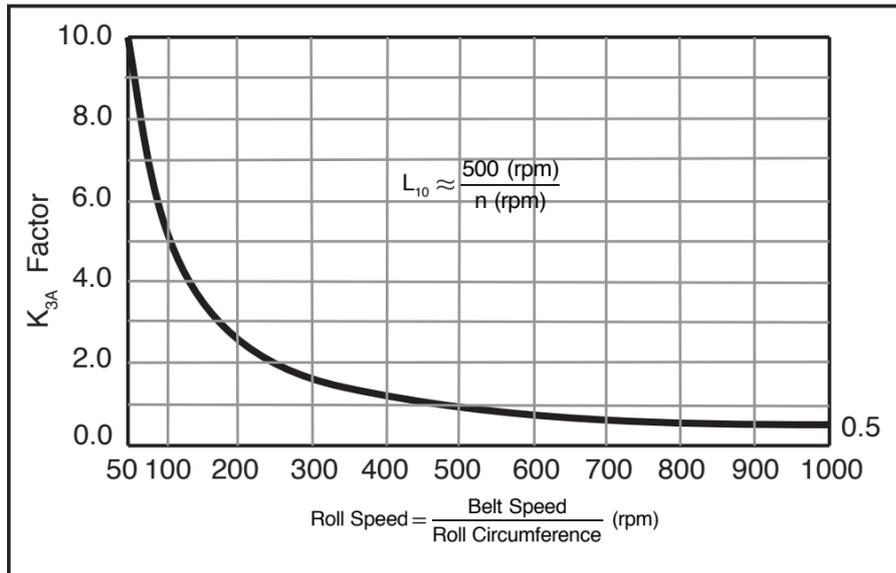
Obtendríamos resultados similares para los polines de retorno.

Si la velocidad de la cinta es  $V = 400 [fpm]$  y tomando en cuenta el diámetro de los rodillos de 4 pulgadas obtendremos.

$$rpm = \frac{400 \times 12}{4 \times \pi} = 382 rpm$$

De la figura 4.4 podemos ver que  $K_{3A} \sim 1.3$

**Figura 4.5 Efecto de la velocidad de la banda en los rodamientos**



**Fuente: CEMA 7ma edición**

$$L_{10} = L_{10} \times K_{3A} = 60000 \times 1.3$$

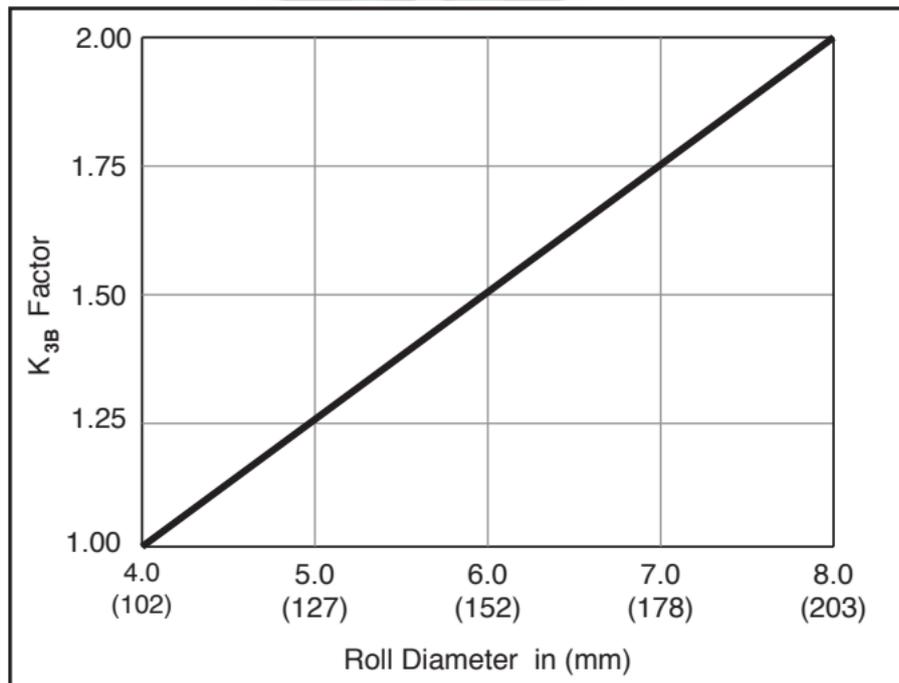
$$L_{10} = 78000 \text{ [h]}$$

Como el diámetro de los rodillos es de 4 pulgadas entonces de la figura 4.5 vemos que  $K_{3B} = 1$

$$L_{10} = L_{10} \times K_{3B} = 60000 \text{ [h]} \times 1$$

$$L_{10} = 60000 \text{ [h]}$$

**Figura 4.6 Efecto del diámetro de los rodillos en los rodamientos**



**Fuente: CEMA 7ma edición**

De la figura 4.6 podemos obtener los valores  $K_4$ .

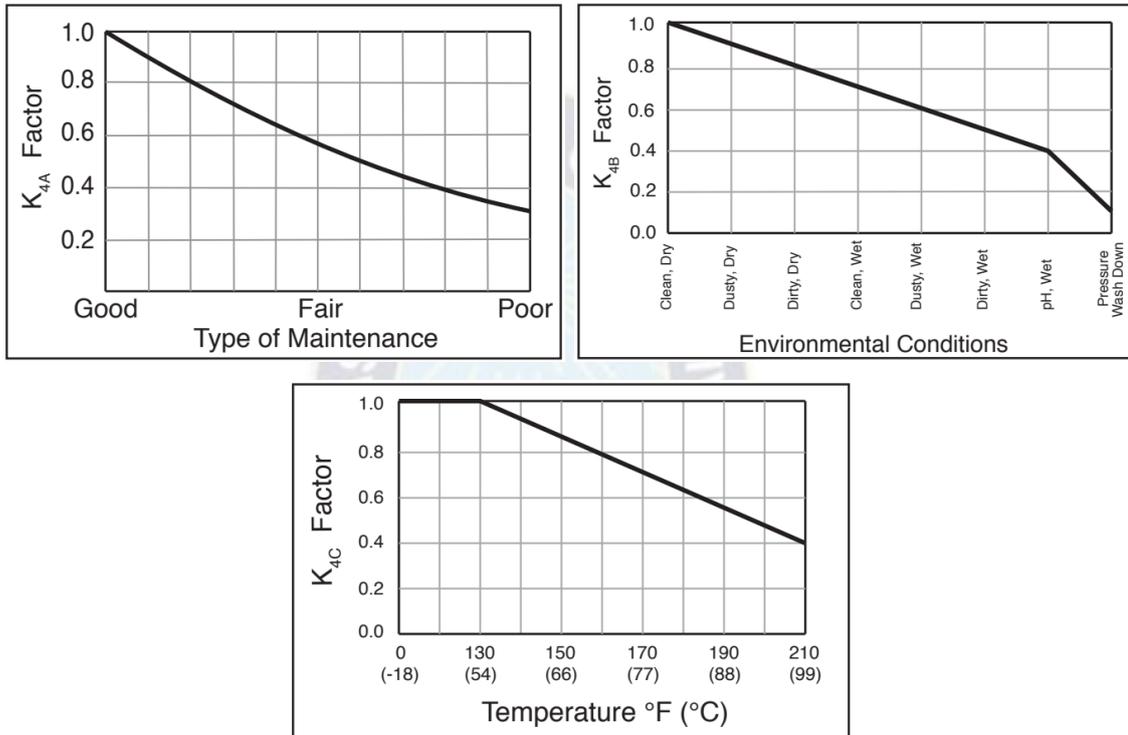
$$K_{4A} = 1 ; K_{4B} = 0.8 ; K_{4C} = 1$$

$$K_4 = K_{4A} \times K_{4B} \times K_{4C} = 0.8$$

$$L_{10} = L_{10} \times K_4 = 72000 \times 0.8$$

$$L_{10} = 57600 [h]$$

**Figura 4.7 Efecto del mantenimiento, el entorno y la temperatura de operación en el tiempo de vida de los rodamientos**



**Fuente: CEMA 7ma edición**

En la **Tabla 4.3** se presenta el resumen de los polines seleccionados.

**Tabla 4.3 Resumen de los polines seleccionados**

Tipo	Clase	Diámetro [pulgadas]
Polín de carga	B4	4
Polín de retorno	B4	4
Polín de impacto	B	4

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.1.3 Tensión en la banda transportadora y potencia requerida

El cálculo de la tensión en la banda transportadora es un proceso iterativo, pero antes de empezar los cálculos debemos identificar los tramos del recorrido de la cinta, en la figura se muestra el diagrama de la figura 4.7, y en la tabla 4.4

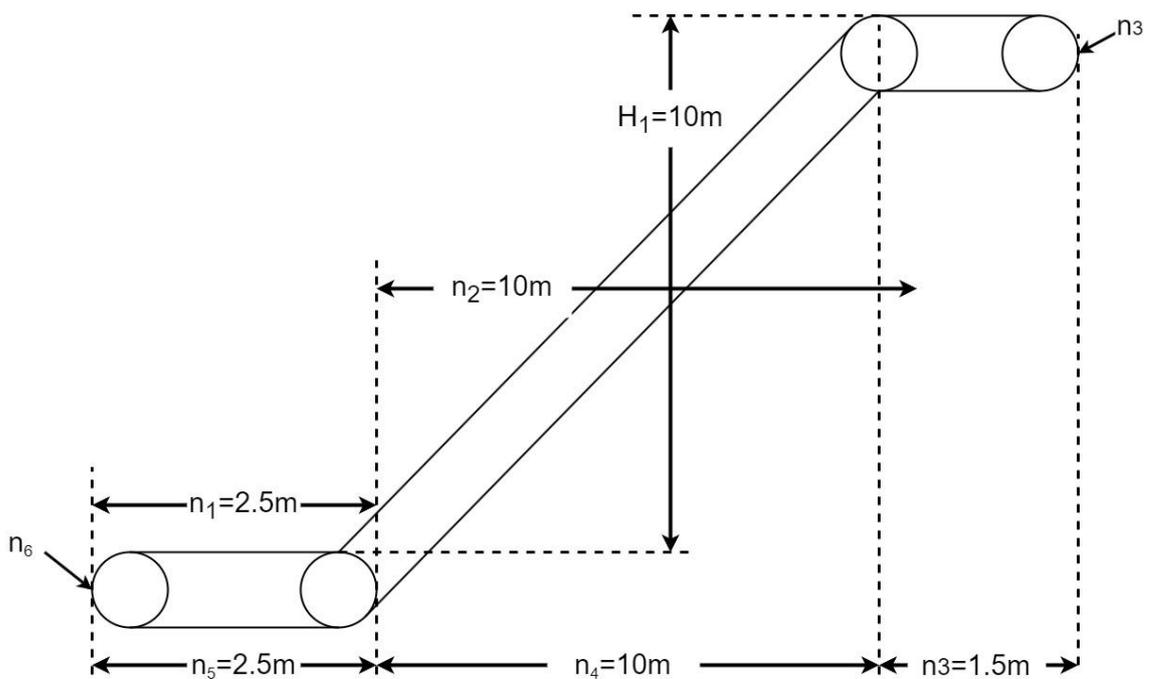
se muestra la descripción de cada tramo, y en la tabla 4.5 las especificaciones de la cinta transportadora.

**Tabla 4.4 Información de los tramos**

Tramo $n_n$	Descripción	Largo tramo $L_n$ [m]	Largo total [m]	Elevación [m]	Angulo de elevación	Espacio entre polines [m]
$n_1$	Carga	2.5	2.5	0	0	0.3
$n_2$	Transporte	10	12.5	10	45°	1
$n_3$	Descarga (tambor motriz)	1.5	12.5	0	0	0
$n_4$	Retorno	10	22.5	-10	-45°	1.41
$n_5$	Retorno	2.5	25	0	0	0
$n_6$	Tambor de retorno	0	25	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.8 Diagrama de la cinta transportadora inclinada**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.5 Especificaciones de la cinta transportadora**

Variable	Valor	Unidad	Descripción
Q	15	TPH	Capacidad de carga
L	28	m	Largo total del trayecto sin elevación
$\gamma_m$	1.71	tm/m <sup>3</sup>	Densidad aparente Fluorita
T <sub>F</sub>	-5 a 25	°C	Rangos de temperatura ambiente
D <sub>L</sub>	100	mm	Dimensión máxima de un fragmento
$\Phi_r$	35 - 39	°	Angulo de reposo
$\Phi_s$	25°	°	Angulo de carga

**Fuente: Elaboración propia**

La ecuación 4.9 se emplea para calcular el cambio de tensión en cualquier punto n de la cinta transportadora.

$$\Delta T_n = \sum \Delta T_{Energy\ n} + \sum \Delta T_{Main\ n} + \sum \Delta T_{Point\ n} \quad (4.9)^9$$

$$\sum \Delta T_{Energy\ n} = \Delta T_{Hn} + \Delta T_{amn}$$

$$\sum \Delta T_{Main\ n} = \Delta T_{ssn} + \Delta T_{amn} + \Delta T_{isn} + \Delta T_{iwn} + \Delta T_{bin} + \Delta T_{mn} + \Delta T_{sbn} + \Delta T_{sn}$$

$$+ \Delta T_{mzn}$$

$$\sum \Delta T_{Point\ n} = \Delta T_{pxn} + \Delta T_{prn} + \Delta T_{bcn}$$

Donde:  $\Delta T_n$  = Cambio total de tensión en la banda transportadora [lbf]

$$\Delta T_{Hn}$$

= Cambio de tensión para bajar o subir el materia [lbf]

$\Delta T_{amn}$  = Tensión añadida en el tramo de carga para acelerar el material hasta la velocidad de la cinta [lbf]

$\Delta T_{ssn}$  = Cambio de tensión debido a la fricción por los faldones de carga [lbf]

$\Delta T_{isn}$  = Cambio de tensión debido a la fricción de los

<sup>9</sup> Ecuación 4.9 ref. Ec. 6.8, CEMA 7ma edición pág. 143

*retenes de los polines [lbf]*

$\Delta T_{iwn}$  = Cambio en la tensión por la fricción del polín de carga [lbf]

$\Delta T_{bin}$  = Aumento de la tensión por la deformación viscoelástica de la correa [lbf]

$\Delta T_{mn}$  = Pérdida de tensión por desalineación del polín [lbf]

$\Delta T_{sbn}$  = Arrastre debido a las cunas de impacto [lbf]

$\Delta T_{sn}$  = Cambio de tensión debido al deslizamiento de los materiales a granel sobre los faldones de carga [lbf]

$\Delta T_{mzn}$  = Cambio de tensión debido a que los materiales a granel se mueven entre los rodillos [lbf]

$\Delta T_{pxn}$  = Cambio de tensión debido a la flexión de la correa en la polea [lbf]

$\Delta T_{prn}$  = Cambio de tensión debido a los rodamientos del tambor [lbf]

$\Delta T_{bcn}$  = Tensión debido a los limpiadores de la correa [lbf]

$\Delta T_{dpn}$   
= Tensión añadida debido al arrastre de descarga [lbf]

Antes de empezar con el proceso iterativo, se deben considerar los siguientes valores predeterminados, los cuales son:

- Tensión de tesado 10000 lbf
- Tambor motriz sin potencia
- 28.6 mm de espesor de la banda transportadora
- Se supone que los tambores tienen un diámetro de 24 pulgadas y orificios para cojinete de 6 pulgadas y un peso de 537.5 kgf
- Tramos máximos de 152.5 m
- Los cálculos empiezan con la tensión de tesado

Podemos calcular  $\Delta T_{Hn}$  para los tramos 2 y 3 con la ecuación 4.10.

$$\Delta T_{Hn} = H_n \times (W_b + W_m) \quad (4.10)^{10}$$

Donde:  $H_n$  = Altura final de elevación de la carga [ft]

<sup>10</sup> Ecuación 4.10 ref. Ec. 6.14, CEMA 7ma edición pág. 148

$W_b =$  Peso por unidad de longitud de la banda transportadora [lbf/ft]

$W_m =$  Peso por unidad de longitud del material transportado [lbf/ft]

$$\Delta T_{H2} = 32.8 \times (4.5 + 1.4) = 193.5 \text{ [lbf]}$$

$$\Delta T_{H4} = -32.8 \times 4.5 = -147.6 \text{ [lbf]}$$

Ahora calculamos  $\Delta T_{am1}$  con la ecuación 4.11.

$$\Delta T_{am1} = \frac{Q}{g} \times [V - (V_i + \sqrt{2 \times g \times H_d}) \times \sin \theta_1] \quad (4.11)^{11}$$

Donde:  $Q =$  Capacidad de la cinta transportadora [lb/s]

$V =$  Velocidad de la banda transportadora [ft/s]

$V_i =$  Velocidad inicial [ft/s] = 0

$g =$  Aceleración de la gravedad [ft/s<sup>2</sup>]

$H_d =$  Altura desde la compuerta de pines hasta la banda transportadora [ft]

$\sin \theta_1 =$  Ángulo en relación con la banda transportadora = 0°

$$\Delta T_{am1} = \frac{33600}{32.2 \times 3600} \times \left[ \frac{400}{60} - (\sqrt{2 \times 32.2 \times 0.82}) \times \sin 0^\circ \right]$$

$$\Delta T_{am1} = 1.9 \text{ [lbf]}$$

Ahora  $\Delta T_{ssn} = 0$  debido al tipo de banda y sistema de descarga que se seleccionó.

Antes de calcular  $\Delta T_{isn}$  debemos calcular  $\Delta T_{ir}$  mediante la ecuación 4.12.

$$\Delta T_{ir} = [K_{iv} \times R_{riv} \times (N_i - 500rpm) + K_{is} \times R_{is}] \times \frac{2}{D_r} \quad (4.12)^{12}$$

$$\Delta T_{isn} = K_{iT} \times \Delta T_{ir} \times \frac{n_r}{S_{in}} \times L_n \quad (4.13)^{13}$$

Donde:  $\Delta T_{ir} =$  Cambio de tensión debido a un solo retén de rodillo [lbf]

$D_r =$  Diámetro del rodillo [in]

$K_{iv} =$  Pendiente de la curva velocidad de tensión por

<sup>11</sup> Ecuación 4.11 ref. Ec. 6.17, CEMA 7ma edición pág. 149

<sup>12</sup> Ecuación 4.12 ref. Ec. 6.25, CEMA 7ma edición pág. 153

<sup>13</sup> Ecuación 4.13 ref. Ec. 6.26, CEMA 7ma edición pág. 153

$$\text{rodillo} \left[ \frac{\text{lb} \cdot \text{ft} - \text{in}}{\text{rpm}} \right]$$

$K_{is}$  = Resistencia a la torsión del retén a

$$500 \text{ rpm} [\text{lb} \cdot \text{ft} - \text{in}]$$

$K_{iT}$  = Factor de corrección de temperatura

$L_n$  = Largo del tramo n [ft]

$N_i$  = Velocidad rotación de los polines [rpm]

$R_{is}$  = Factor modificador de la resistencia a la torsión del retén

$R_{riv}$  = Factor modificador del efecto de la velocidad de torsión

De la figura 6.27 CEMA a una temperatura de 5°C tenemos que  $K_{iT} = 1.5$ .

Y de la tabla 6.29 CEMA tenemos que para rodillos serie C tenemos los siguientes valores:

$$K_{is} = 3 [\text{lb} \cdot \text{ft} - \text{in}]; K_{iv} = 0.004 \left[ \frac{\text{lb} \cdot \text{ft} - \text{in}}{\text{rpm}} \right]$$

Y considerando condiciones adversas tenemos.

$$R_{riv} = 1; R_{is} = 1$$

$$\Delta T_{ir} = [0.004 \times 1 \times (382 - 500) + 3 \times 1] \times \frac{2}{4}$$

$$\Delta T_{ir} = 1.3 [\text{lb} \cdot \text{ft}]$$

$$\Delta T_{is1} = 1.5 \times 1.26 \times \frac{5}{1} \times 8.2 = 79.9 [\text{lb} \cdot \text{ft}]$$

$$\Delta T_{is2} = 1.5 \times 1.26 \times \frac{13}{3.3} \times 32.8 = 252 [\text{lb} \cdot \text{ft}]$$

$$\Delta T_{is4} = 1.5 \times 1.26 \times \frac{9}{4.6} \times 32.8 = 125.1 [\text{lb} \cdot \text{ft}]$$

Podemos ver que el tramo 2 (inclinado) es el que más cambio de tensión produce.

Ahora para calcular  $\Delta T_{iWn}$  usamos la ecuación 4.14.

$$\Delta T_{iWn} = \frac{C_{iW} \times (W_b + W_m)}{\frac{D_r}{2}} \times L_n \times R_{riW} \quad (4.14)^{14}$$

Donde:  $C_{iW}$  = Factor de resistencia a la torsión del

<sup>14</sup> Ecuación 4.14 ref. Ec. 6.33, CEMA 7ma edición pág. 157

rodillo [*lbf – in/lbf*]

$W_b$  = *Peso por unidad de longitud de la banda transportadora* [*lbf/ft*]

$W_m$  = *Peso por unidad de longitud del material transportado* [*lbf/ft*]

$D_r$  = *Diametro del rodillo* [*in*]

$L_n$  = *Largo del tramo n* [*ft*]

$R_{riW}$  = *Factor de modificación*

De la tabla 6.34 CEMA obtenemos que para rodillos clase B  $C_{iW} = 0.00125$  y consideramos  $R_{riW} = 1$  anticipándonos a una situación crítica.

$$\Delta T_{iW1} = \frac{0.00125 \times (4.5 + 1.4)}{\frac{4}{2}} \times 8.2 \times 1$$

$$\Delta T_{iW1} = \mathbf{0.03[lbf]} \cong \mathbf{0}$$

$$\Delta T_{iW2} = \frac{0.00125 \times (4.5 + 1.4)}{\frac{4}{2}} \times 32.8 \times 1$$

$$\Delta T_{iW2} = \mathbf{0.12[lbf]}$$

$$\Delta T_{iW4} = \frac{0.00125 \times (4.5)}{\frac{4}{2}} \times 32.8 \times 1$$

$$\Delta T_{iW4} = \mathbf{0.1[lbf]}$$

Ahora para calcular  $\Delta T_{bin}$  usamos la ecuación 4.15.

$$\Delta T_{bin} = K_{biR} \times c_{wd} \times (W_b + W_m) \times L_n \times R_{rbi} \quad (\mathbf{4.15})^{15}$$

$$c_{wd} = 1.239 + 0.10866 \times X_{Id} - 0.00476 \times BW - 0.00263 \times \Phi_s \quad (\mathbf{4.16})^{16}$$

$$X_{Id} = \frac{\gamma_m \times S_i}{X_{Idref}} \quad (\mathbf{4.17})^{17}$$

Donde:  $K_{biR}$  = *Característica viscoelástica del caucho de la cubierta de la banda transportadora*

$c_{wd}$  = *Factor de distribución de carga*

$W_b$  = *Peso por unidad de longitud de la banda*

<sup>15</sup> Ecuación 4.15 ref. Ec. 6.37, CEMA 7ma edición pág. 160

<sup>16</sup> Ecuación 4.16 ref. Ec. 6.39, CEMA 7ma edición pág. 160

<sup>17</sup> Ecuación 4.17 ref. Ec. 6.40, CEMA 7ma edición pág. 160

transportadora [lbf/ft]

$W_m$  = Peso por unidad de longitud del material

$L_n$  = Largo del tramo n [ft]

$R_{rbi}$  = Factor de modificación

$$X_{Idref} = 5.22 \text{ [lbf/in}^2\text{]}$$

$$X_{Id2} = \frac{106.75 \times 3.3}{5.22 \times 144} = 0.47$$

$$X_{Id4} = \frac{106.75 \times 4.6}{5.22 \times 144} = 0.65$$

$$c_{wd2} = 1.239 + 0.10866 \times 0.47 - 0.00476 \times 19.7 - 0.00263 \times 25$$

$$c_{wd2} = 1.13$$

$$c_{wd4} = 1.239 + 0.10866 \times 0.65 - 0.00476 \times 19.7 - 0.00263 \times 25$$

$$c_{wd4} = 1.15$$

$$K_{biR} = K_{biT} \times c_{hr} \times R_{rbi} \quad (4.18)^{18}$$

$$K_{biT} = \frac{W_{RRIR}}{W_{RL}} \quad (4.19)^{19}$$

$$W_{RL} = \frac{(W_b + W_m) \times S_i}{BW} \quad (4.20)^{20}$$

$$W_{RL2} = \frac{(5.5 + 1.4) \times 3.3}{\frac{19.7}{12}} = 13.9 \text{ [lb/ft]} = 0.207 \text{ [kN/m]}$$

$$W_{RIRR2} = 1.84 \text{ [N/m]} \quad (\text{extrapolando de la tabla 6.61 CEMA})$$

$$W_{RL4} = \frac{5.5 \times 4.6}{\frac{19.7}{12}} = 15.4 \text{ [lb/ft]} = 0.229 \text{ [kN/m]}$$

$$W_{RIRR4} = 2.04 \text{ [N/m]} \quad (\text{extrapolando de la tabla 6.61 CEMA})$$

$$K_{biT2} = \frac{1.84}{207} = 0.0089$$

$$K_{biT4} = \frac{2.04}{229} = 0.0089$$

<sup>18</sup> Ecuación 4.18 ref. Ec. 6.57, CEMA 7ma edición pág. 172

<sup>19</sup> Ecuación 4.19 ref. Ec. 6.58, CEMA 7ma edición pág. 172

<sup>20</sup> Ecuación 4.20 ref. Ec. 6.59, CEMA 7ma edición pág. 173

$$c_{hr} = \frac{\left(\frac{h_b}{H_{test}}\right)^{0.25}}{\left(\frac{D_r}{D_{test}}\right)^{2/3}} \quad (4.21)^{21}$$

$$c_{hr2} = \frac{\left(\frac{1/16}{0.2756}\right)^{0.25}}{\left(\frac{4}{8.622}\right)^{2/3}} = 1.15$$

$$c_{hr4} = \frac{\left(\frac{1/16}{0.2756}\right)^{0.25}}{\left(\frac{4}{8.622}\right)^{2/3}} = 1.94$$

$R_{rbi} = 1$  (Valor máximo)

$$K_{biR2} = 0.0089 \times 1.15 \times 1 = 0.0102$$

$$K_{biR4} = 0.0089 \times 1.94 \times 1 = 0.0173$$

$$\Delta T_{bi2} = 0.0102 \times 1.13 \times (5.5 + 1.4) \times 32.8 \times 1$$

$$\Delta T_{bi2} = 2.6 \text{ [lbf]}$$

$$\Delta T_{bi4} = 0.0173 \times 1.15 \times 5.5 \times 32.8 \times 1$$

$$\Delta T_{bi4} = 3.6 \text{ [lbf]}$$

Ahora para calcular  $\Delta T_{mn}$  usamos la ecuación 4.22.

$$\Delta T_{mn} = C_{im} \times L_n \times (W_b + W_m) \times R_{rim} \quad (4.22)^{22}$$

$$C_{im} = C_{bi} \times a_{im} \quad (4.23)^{23}$$

Donde:  $C_{im}$  = Factor de diseño para la resistencia por fricción debido a la desalineación de los polines

$W_b$  = Peso por unidad de longitud de la banda transportadora [lbf/ft]

$W_m$  = Peso por unidad de longitud del material

$L_n$  = Largo del tramo n [ft]

$R_{rim}$  = Factor de modificación para el arrastre por desalineación de la rueda loca

De la tabla 6.71 determinamos  $C_{bi} = 0.5$ , mientras  $a_{im}$  se determinará con la ecuación 4.24.

<sup>21</sup> Ecuación 4.21 ref. Ec. 6.60, CEMA 7ma edición pág. 173

<sup>22</sup> Ecuación 4.22 ref. Ec. 6.67, CEMA 7ma edición pág. 181

<sup>23</sup> Ecuación 4.23 ref. Ec. 6.68, CEMA 7ma edición pág. 181

$$a_{im} = \frac{\Delta A_e}{A_s} \quad (4.24)^{24}$$

$$\Delta A_e = \Delta A_{ei} + \Delta A_{em} + \Delta A_{et} \quad (4.25)^{25}$$

De la tabla 6.72 CEMA determinamos que  $\Delta A_{ei} = 0.25 [in]$  y  $\Delta a_{ei} = 0.25 [deg]$ , si combinamos estos parámetros con la ecuación 4.26.

$$\Delta A_{ei} = \frac{\Delta a_{ei}}{2} + \tan\left(\frac{\Delta a_{ei}}{2}\right) \times A_s \quad (4.26)^{26}$$

$$\Delta A_{ei} = \frac{0.25}{2} + \tan\left(\frac{0.25}{2}\right) \times (30) = 0.19[in]$$

$$\Delta A_{em} = 0.1 [in]; \Delta A_{em} = 0[in]$$

$$\Delta A_e = 0.19 + 0.1 + 0 = 0.29 [in]$$

De la ecuación 4.24.

$$a_{im} = \frac{0.29}{30} = 0.0097$$

$$C_{im} = 0.5 \times 0.0097 = 4.84 \times 10^{-3}$$

$$\Delta T_{m1} = 4.84 \times 10^{-3} \times 8.2 \times (5.5 + 1.4) \times 1$$

$$\Delta T_{m1} = 0.3 [lbf]$$

$$\Delta T_{m2} = 4.84 \times 10^{-3} \times 32.8 \times (5.5 + 1.4) \times 1$$

$$\Delta T_{m2} = 1.1 [lbf]$$

$$\Delta T_{m4} = 5.01 \times 10^{-3} \times 32.8 \times 5.5 \times 1$$

$$\Delta T_{m4} = 0.9 [lbf]$$

Consideramos  $\Delta T_{sbn} = \Delta T_{sn} = 0$  puesto que estos parámetros no corresponden al tipo de cinta que estamos considerando en la solución.

Ahora para calcular  $\Delta T_{mzn}$  usamos la ecuación 4.27.

$$\Delta T_{mzn} = \frac{W_{mzn} \times L_n}{S_{in}^2} \times R_{rmz} \quad (4.27)^{27}$$

Donde:  $W_{mzn} =$  Trabajo requerido para mover la banda transportadora para causar el movimiento del material de un polin al siguiente [lbf – pie]

<sup>24</sup> Ecuación 4.24 ref. Ec. 6.69, CEMA 7ma edición pág. 181

<sup>25</sup> Ecuación 4.25 ref. Ec. 6.70, CEMA 7ma edición pág. 181

<sup>26</sup> Ecuación 4.26 ref. Ec. 6.73, CEMA 7ma edición pág. 182

<sup>27</sup> Ecuación 4.27 ref. Ec. 6.92, CEMA 7ma edición pág. 192

$L_n =$  Largo del tramo  $n$  [ft]

$S_{in} =$  Espaciamiento entre polines de carga [ft]

$R_{rmz} =$  Factor de modificación

$$W_{mzn} = D_m^3 \times \gamma_m \times C_{mz} \times BW \times \left[ e^{(W_b+W_m) \times \frac{S_{in}}{T_n} - 1} \times e^{-\frac{1}{2} \times (W_b+W_m) \times \frac{S_{in}}{T_n}} \right] \quad (4.28)^{28}$$

$$\times R_{mz}$$

Donde:  $D_m =$  Profundidad del material en el centro de la banda transportadora [ft]

$\gamma_m =$  Densidad del material [lb/ft<sup>3</sup>]

$C_{mz} =$  Pérdida neta por fricción

$BW =$  Ancho de la banda transportadora [ft]

$W_b =$  Peso por unidad de longitud de la banda transportadora [lb/ft]

$W_m =$  Peso por unidad de longitud del material [lb/ft]

$S_{in} =$  Espaciamiento entre polines de carga [ft]

$T_n$

$=$  Tensión de la banda transportadora en el tramo  $n$  [lb]

$R_{mz} =$  Correlación entre el hundimiento real y el hundimiento teórico de la catenaria

Para bandas transportadoras planas  $R_{mz} = 1/12$ , y para materiales con ángulo de reposo de 35° a 39°  $C_{mz} = 4.2$ .

$$W_{mz2} = 0.3^3 \times 106.75 \times 4.2 \times 1.64 \times \left[ e^{(5.5+1.4) \times \frac{3.3}{10000} - 1} \times e^{-\frac{1}{2} \times (5.5+1.4) \times \frac{3.3}{10000}} \right] \times \frac{1}{12}$$

$$W_{mz2} = 0.61 \text{ [lb} \cdot \text{pie]}$$

$$\Delta T_{mz2} = \frac{0.61 \times 32.8}{3.3^2} \times 1$$

$$\Delta T_{mz2} = 1.8 \text{ [lb]} \quad \mathbf{\Delta T_{mz2} = 1.8 \text{ [lb]}}$$

Ahora calculamos  $\Delta T_{pn}$  con la ecuación 4.29.

$$\Delta T_{pn} = (\Delta T_{pfn} + \Delta T_{prn}) \times R_{rp} \quad (4.29)^{29}$$

Donde:  $\Delta T_{pfn} =$  Tensión añadida a la correa por la flexión del tambor  $n$  [lb]

<sup>28</sup> Ecuación 4.28 ref. Ec. 6.93, CEMA 7ma edición pág. 192

<sup>29</sup> Ecuación 4.29 ref. Ec. 6.104, CEMA 7ma edición pág. 198

$\Delta T_{prn}$  = Tensión añadida debido a cojinetes, lubricantes y sellos [lbf]

$R_{rp}$  = Factor de modificación

Con la ecuación 4.30 calculamos  $\Delta T_{pfn}$ .

$$\Delta T_{pfn} = (F_{pfn} \times BW + 0.09 \times T_N) \times \frac{t_b}{D_{pn}} \quad (4.30)^{30}$$

$$F_{pfn} = 7.2 \text{ [lbf/in]}$$

$$\Delta T_{pfn} = (7.2 \times 19.7 + 0.09 \times 10000) \times \frac{0.5625}{20}$$

$$\Delta T_{pfn} = \Delta T_{pf6} = 29.3 \text{ [lbf]}$$

Con la ecuación 4.31 calculamos  $\Delta T_{prn}$ .

$$\Delta T_{prn} = 0.01 \times \frac{d_{sn}}{D_{pn}} \times R_{pn} \quad (4.31)^{31}$$

$$R_{pn} = \sqrt{(T_{pn} \times 2)^2 + W_p^2} = \sqrt{(10000 \times 2)^2 + 10184^2}$$

$$R_{p3} = 22443.6 \text{ [lbf]}$$

$$\Delta T_{pr3} = 0.01 \times \frac{2.5}{20} \times 22360.7$$

$$\Delta T_{pr3} = \Delta T_{pr6} = 28 \text{ [lbf]}$$

$$\Delta T_{p3} = (29.3 + 28) \times 1$$

$$\Delta T_{p3} = \Delta T_{p6} = 57.3 \text{ [lbf]}$$

Ahora calculamos  $\Delta T_e$  con la ecuación 4.32

$$C_{wn} = \frac{T_2}{\Delta T_e} \quad (4.32)^{32}$$

Ahora de la tabla 6.114 para un compensador manual y un tambor engomado  $C_{wn} = 0.8$

De la ecuación 4.32.

$$0.8 = \frac{T_{2n}}{\Delta T_{en}}$$

$$0.8 \times \Delta T_{en} = T_{2n}$$

$$0.8 \times (T_{1n} - T_{2n}) = T_{2n}$$

$$T_1 = 2.25 \times T_2$$

<sup>30</sup> Ecuación 4.30, CEMA 7ma edición pág. 198

<sup>31</sup> Ecuación 4.31, CEMA 7ma edición pág. 198

<sup>32</sup> Ecuación 4.32 ref. Ec. 6.113, CEMA 7ma edición pág. 207

$$T_2 = \frac{4}{9} \times T_1$$

Ahora para la polea en el punto 3.

$$\Delta T_{e3} = T_{13} - T_{23}$$

$$\Delta T_{e3} = T_{13} - \frac{4}{9} \times T_{13}$$

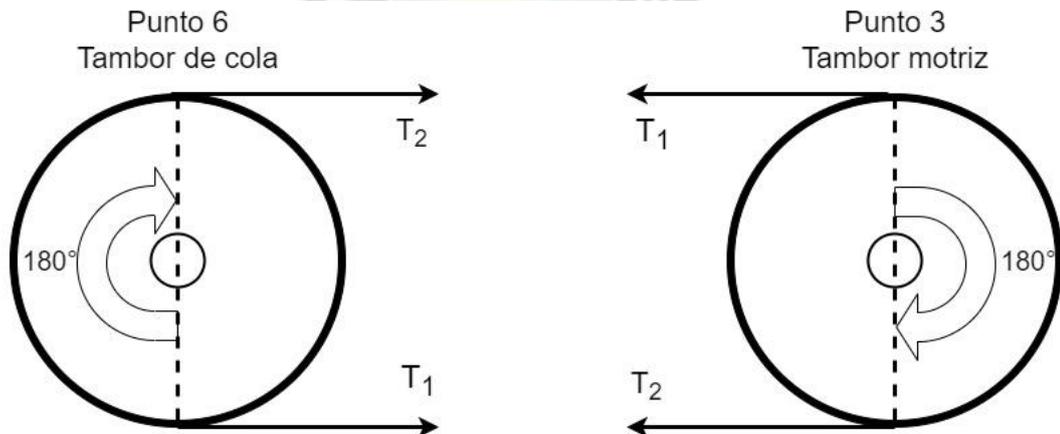
$$\Delta T_{e3} = \frac{5}{9} \times T_{13}$$

$$\Delta T_{e3} = \frac{5}{9} \times 10000$$

$$\Delta T_{e3} = \frac{5}{9} \times 10000$$

$$\Delta T_{e3} = 5555.5 [lbf]$$

**Figura 4.9 Diagrama de las tensiones debido a la banda en los tambores**



**Fuente: Elaboración propia**

Todos los incrementos de tensión se muestran en la tabla 4.6, esta vendría a ser la primera iteración.

**Tabla 4.6 Sumario de las tensiones obtenidas para la primera iteración**

Tramo $n_n$	Descripción	Tensión en el tambor de cola = 10000 [lbf]	
		Incremento de tensión en el tramo n	Tensión acumulativa al final del tramo n
$n_6$	Tambor de retorno	57.3	10000
$n_1$	Carga	82.1	10082.1
$n_2$	Transporte	451.1	10533.2
$n_3$	Descarga (tambor motriz)	-5498.3	5035.0
$n_4$	Retorno	-17.9	5017.1
$n_5$	Retorno	0	5017.1

**Fuente: Elaboración propia**

En la 19va iteración encontramos la tensión de la polea de cola, esta se muestra en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7 Resultados en la 19va iteración**

Tramo $n_n$	Descripción	Tensión en el tambor de cola = 458.4 [lbf]	
		Incremento de tensión en el tramo n	Tensión acumulativa al final del tramo n
$n_6$	Tambor de retorno	17.89	458.4
$n_1$	Carga	82.1	540.5
$n_2$	Transporte	451.2	991.7
$n_3$	Descarga (tambor motriz)	-531.5	460.2
$n_4$	Retorno	-17.9	442.3
$n_5$	Retorno	0	442.3

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.1.4 Tambores

El diámetro de los tambores incluido el engomado será seleccionado según el tipo de banda que elegimos, para nuestro caso un diámetro mínimo de 610 mm.

El tipo de tambor seleccionado para el tambor motriz será uno de 30 pulgadas engomado, mientras el tipo de tambor de cola al igual que el tambor motriz será de 30 pulgadas con la diferencia que será tipo ala.

Ahora con la ecuación 4.33 podemos calcular el diámetro del eje.

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \times F.S.}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{M}{S_f}\right)^2 + \frac{3}{4} \times \left(\frac{T}{S_y}\right)^2}} \quad (4.33)^{33}$$

Donde:  $D = \text{Diámetro del eje [in]}$

$F.S. = \text{Factor de seguridad} = 1.5$

$S_f = \text{Límite de resistencia a la fatiga modificado [psi]}$

$S_y = \text{Resistencia a la fluencia} = 45000 \text{ [psi]} \text{ (SAE 1045)}$

$M = \text{Momento flector} = 22443.6 \text{ [lbf - in]}$

$T = \text{Momento Torsor [lbf - in]}$

Ademas podemos definir a  $S_f$  con la ecuación 4.34.

$$S_f = k_a k_b k_c k_d k_e k_f k_g S_f' \quad (4.34)^{34}$$

Donde:  $k_a = \text{Factor de superficie} = 0.8$

$k_b = \text{Factor de tamaño} = (D)^{-0.19} \text{ (suponemos } d = \text{[in])}$

$k_c = \text{Factor de confiabilidad} = 0.897$

$k_d = \text{Factor de temperatura} = 1$

$k_e = \text{Factor de carga} = 1$

$k_f = \text{Factor de concentración} = 0.63$

$k_g = \text{Factor de efectos varios} = 1$

$S_f' = \text{Límite de resistencia a la fatiga}$

$= 45000 \text{ [psi]} \text{ (SAE 1045)}$

<sup>33</sup> Ecuación 4.33 ref. Ec. 8.33, CEMA 7ma edición pág. 328

<sup>34</sup> Ecuación 4.34, CEMA 7ma edición pág. 328

$$S_f = 0.8 \times (5)^{-0.19} \times 0.897 \times 1 \times 1 \times 0.63 \times 1 \times 45000$$

$$S_f = 13652.2 \text{ [psi]}$$

Calculamos M (momento flector en el tambor motriz) y T (momento torsor en) con los datos de la tabla 4.7.

$$M = \sqrt{(111)^2 + (991.7 + 460.2)^2} * 12 = 17473.6 \text{ [lbf - in]}$$

$$T = 531.5 * 7 = 3720.5 \text{ [lbf - in]}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \times 1.5}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{17473.6}{13652.2}\right)^2 + \frac{3}{4} \times \left(\frac{3720.5}{45000}\right)^2}}$$

$$D = 2.6 \text{ [in]} \cong 2.75 \text{ [in]}$$

Ahora con la misma ecuación calculamos el diámetro, pero esta vez para el tambor de cola.

$$M = \sqrt{(111)^2 + (540.5 + 458.4)^2} * 12 = 12060.6 \text{ [lbf - in]}$$

$$T = 0$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \times 1.5}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{12060.6}{13652.2}\right)^2 + \frac{3}{4} \times \left(\frac{0}{45000}\right)^2}}$$

$$D = 2.43 \text{ [in]} \cong 65 \text{ [mm]}$$

#### 4.2.2 Subsistema mecánico

Para seleccionar un motor apropiado para el sistema de transporte debemos hacerlo con la ecuación 4.

$$P_{bn} = \frac{T_e \times V}{33000} \quad (4.35)^{35}$$

Donde:  $T_e =$  Tensión de la banda transportadora [lbf]

$V =$  Velocidad de la banda transportadora [fpm]

$$P_{b3} = \frac{531.5 \times 400}{33000}$$

$$P_{b3} = 6.4 \text{ [hp]}$$

Ahora debemos considerar el Factor de seguridad, la Eficiencia y el Efecto de rateo, las mismas se pueden ver en la ecuación 4.36.

$$P_{dn} = \frac{P_{bn} \times SF}{\eta \times ED} \quad (4.36)$$

<sup>35</sup> Ecuación 4.35 ref. Ec. 6.138, CEMA 7ma edición pág. 229

Donde:  $SF = \text{Factor de seguridad}$

$\eta = \text{Eficiencia}$

$ED = \text{Efecto derrateo}$

$$P_d = \frac{hp \times 1.1}{0.9 \times 0.91}$$

$$P = \frac{6.4 \times 1.1}{0.9 \times 0.91}$$

$$P = \mathbf{8.6 [hp]}$$

La anterior potencia es la requerida durante el régimen estacionario, ahora debemos calcular la potencia máxima requerida durante el régimen transitorio (ecuación 4.37), esta potencia debe ser calculada tomando en cuenta la inercia de los elementos en reposo que al final del régimen transitorio alcanzarán una velocidad nominal.

$$W_{et} = W_{bt} + W_{mt} + \Sigma \left( W_r \times K_i^2 \times \left( \frac{2 \times \pi \times N_i}{V} \right) \right) \quad (4.37)^{36}$$

Donde:  $W_{bt} = \text{Tensión debido a la inercia de la banda transportadora [lbf]}$

$W_{mt} = \text{Tensión debido a la inercia del material transportado [lbf]}$

$W_r = \text{Masa del elemento rotatorio } i \text{ [lb]}$

$K_i = \text{Momento polar de inercia del elemento rotatorio } i$

$N_i = \text{Velocidad de rotación del elemento rotatorio } i \text{ [rpm]}$

$V = \text{Velocidad nominal de la banda transportadora [fpm]}$

$$W_{bt} = W_b \times L_b = 4.5 \times 125$$

$$W_{bt} = \mathbf{562.5 [lb]}$$

$$W_{mt} = W_m \times L_m = 1.4 \times 62.5$$

$$W_{mt} = \mathbf{87.5 [lb]}$$

$$\Sigma \left( W_r \times K_i^2 \times \left( \frac{2 \times \pi \times N_i}{V} \right) \right) = W_{polines} + W_{tambores} + W_{rueda deflectora}$$

$$W_{polines} = 19 \times 13.8 \times \left( \frac{4}{4 \times 12} \right)^2 \times \left( \frac{2 \times \pi \times 382}{400} \right)^2$$

<sup>36</sup> Ecuación 4.37 ref. Ec. 6.119, CEMA 7ma edición pág. 212

$$W_{polines} = 65.6 \text{ [lb]}$$

$$W_{tambores} = 2 \times 111 \times \left(\frac{14}{4 \times 12}\right)^2 \times \left(\frac{2 \times \pi \times 109}{400}\right)^2$$

$$W_{tambores} = 55.4 \text{ [lb]}$$

$$W_{rueda\ deflectora} = 4 \times 80 \times \left(\frac{19.685}{12}\right)^2 \times \left(\frac{2 \times \pi \times 78}{400}\right)^2$$

$$W_{rueda\ deflectora} = 80.8 \text{ [lb]}$$

$$W_{et} = 562.5 + 87.5 + 65.6 + 55.4 + 80.8$$

$$W_{et} = 851.8 \text{ [lb]}$$

$$hp_{max} = \frac{(531.5 + 851.8) \times 400 \times 1.1}{33000 \times 0.9 \times 0.91}$$

$$hp_{max} = 22.5 \text{ [hp]}$$

Ahora para seleccionar un motorreductor debemos calcular los RPM del tambor motriz (ecuación 4.38).

$$rpm = \frac{V \times 12}{\pi \times D_T} \quad (4.38)$$

Donde:  $V =$  Velocidad de la cinta transportadora [fpm]

$D_T =$  Diametro del tambor motriz [in]

$$rpm = \frac{400 \times 12}{\pi \times 14}$$

$$rpm = 109.13 \text{ [rpm]}$$

Si consideramos un motor de 4 polos es decir 1450 rpm el ratio será de:

$$1:11.37$$

Ahora calculamos el torque en la salida.

$$M = \frac{10 \times 716}{RPM}$$

$$M = \frac{10 \times 716}{127.5}$$

$$M = 122.6 \text{ [kgf - m]} = 1203 \text{ [N - m]}$$

**Tabla 4.8 Características del Motorreductor Seleccionado**

Marca	WEG
Modelo	WCG20 CONIMAX N07 3 1:11,37 NCA 132M 7.5kW 4P 50Hz
Potencia Nominal	7.5 [kW]

Tensión Nominal	380 [V]
Corriente Nominal	14.8 [A]
Factor de Servicio (M)	1.0
Eficiencia	0.9
Factor de Potencia	0.85
Rotación nominal motor	1450 [rpm]
Torque de salida	562 [Nm]
Ratio	11,37
Rotación nominal reductor	127.5 [rpm]
Factor de Servicio (R)	1.62

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.3 Subsistema eléctrico

El principal componente de este subsistema será el variador de frecuencia, el mismo deberá ser seleccionado considerando la potencia máxima alcanzada durante el arranque para vencer la inercia del sistema de transporte.

$$P_{max} = 22.5 [hp]$$

$$P_{nom} = 10 [hp]$$

$$I_{nom} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi \times \eta \times ED} \quad ( 4.39 )$$

$$I_{max} = \frac{10 * 746}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85 \times 0.9 \times 0.73}$$

$$I_{max} = 20.3 [A]$$

Se debe seleccionar el variador de frecuencia para que en unas sobre carga pueda soportar la corriente máxima durante el arranque. Por sus prestaciones se seleccionó el variador de frecuencia de la marca WEG CFW900B26P0T4.

**Tabla 4.9 Características del Variador de Frecuencia seleccionado**

Modelo	WEG CFW900B26P0T4
Tensión de alimentación	380-480 V
Frenado IGBT	Incluye
Corriente nominal de salida	21 A
Corriente máxima por 5 segundos	42 A
Máximo motor aplicable	11 kW
Fusible ultrarrápido	FNH000-40K-A
Disyuntor	ACW100H-FMU100-3
I <sup>2</sup> A	685 A <sup>2</sup> s

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.3.1 Selección del conductor

Con la ecuación 4.40 calculamos la corriente para seleccionar un conductor.

$$I = \frac{P \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi \times \eta} \quad (4.40)$$

Donde:  $P = \text{Potencia del motor [HP]}$

$V = \text{Tension de alimentación [V]}$

$\cos \varphi = \text{Factor de potencia}$

$\eta = \text{Rendimiento}$

$$I = \frac{10 * 746}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85 \times 0.9}$$

$$I = 14.8 [A]$$

Tomando en cuenta el anterior resultado podemos seleccionar el conductor **AWG 12** con ductos de **1 in.**

#### 4.2.3.2 Selección protección eléctrica

La protección eléctrica recomendada para variadores de frecuencia son los fusibles ultrarrápidos, en el manual del usuario de los convertidores de frecuencia CFW900 nos recomienda el fusible ultrarrápido FNH000-40K-A cuyas características se muestra en la **Tabla 4.10**.

Los cálculos para validar el anterior fusible se desarrollarán a continuación, los parámetros a considerar son los siguientes:

- $I^2t$  máximo del fusible para proteger al variador **CFW900B26P0T4** es **685 A<sup>2</sup>s**
- Tensión de alimentación 380 V
- Corriente nominal del variador 40 A
- Corriente máxima durante el régimen transitorio 33.3 A
- Duración de 5 seg

Según el fabricante debemos usar las curvas de la siguiente manera

- Primero debemos multiplicar la corriente máxima en el régimen transitorio por 2 y considerando el tiempo de aceleración ubicar el punto en las curvas

$$33.3 \times 2 = 66.6 \approx 70A - \text{Para un tiempo de 10 seg}$$

- Luego seleccionar un fusible que cumpla con estas dos condiciones y verificar que la  $I^2t$  sea menor que la  $I^2t$  del variador.
- En la Figura 4.11 se puede apreciar que el fusible FNH000-40K-A que es recomendado por el fabricante es el más adecuado para la aplicación de este proyecto. El fabricante especifica estos valores para una tensión de 690V, a 380V la tensión de trabajo se debe reducir  $I^2t$  de prearco y arco multiplicando por la constante 0.55 a las características del Fusible ultrarrápido.

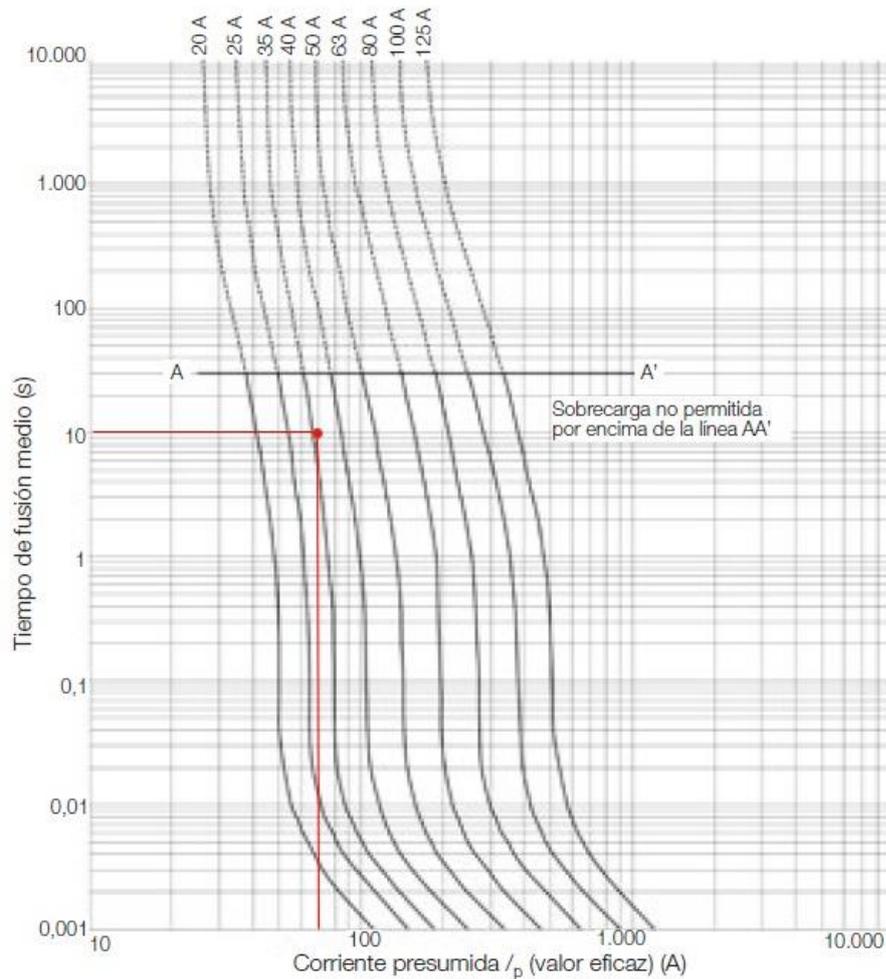
**Tabla 4.10 Características del Fusible Ultrarrápido recomendado por el fabricante**

	Corriente	$I^2t$ - Prearco	$I^2t$ total - arco	Potencia disipada (W)	código
FNH00- 40K-A	40	60.5	368.5	3.4	13737107

**Fuente: Elaboración propia**

- Podemos ver que  $I^2t$  total – arco (fusible) es menor que  $I^2A$  del VFD seleccionado.

**Figura 4.11 Curva del fusible FNH000aR**



**Fuente: Fusibles aR Tipo NH Contacto, Cuchilla, NH Flush End y Tipo D WEG**

Por otro lado, el disyuntor recomendado es ACW100H-FMU100-3, podemos ver sus características en la tabla 4.11.

**Tabla 4.11 Características del disyuntor recomendado por el fabricante**

	Corriente	Tensión nominal [V]	Capacidad de ruptura [KA]	Nº de polos
ACW100H-FMU100-3	100	380	85	3

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.3.3 Puesta a tierra

La resistencia recomendada para este tipo de instalaciones es de 5 ohm, si se usa una jabalina de ½ pulgada y 1.5 metros de largo, con la ecuación 4.41

tenemos:

$$R = \frac{\rho \cdot \log\left(\frac{4L}{Wd}\right)}{2.73L} \quad (4.41)$$

Donde:  $R =$  Resistencia total [ $\Omega$ ]  
 $\rho =$  Resistividad del suelo [ $\Omega/m$ ]  
 $L =$  Longitud del electrodo [ $m$ ]  
 $W =$  Ancho de la zanja [ $m$ ]  
 $d =$  Diametro del electrodo [ $m$ ]

$$R = \frac{6 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot 1.5}{0.3 \cdot 0.0127}\right)}{2.73 \cdot 1.5}$$

$$R = 4.68 [\Omega]$$

Para dimensionar el conductor de puesta a tierra usaremos la siguiente ecuación 4.42:

$$S \geq \frac{(I^2 t)^{\frac{1}{2}}}{K} \quad (4.42)$$

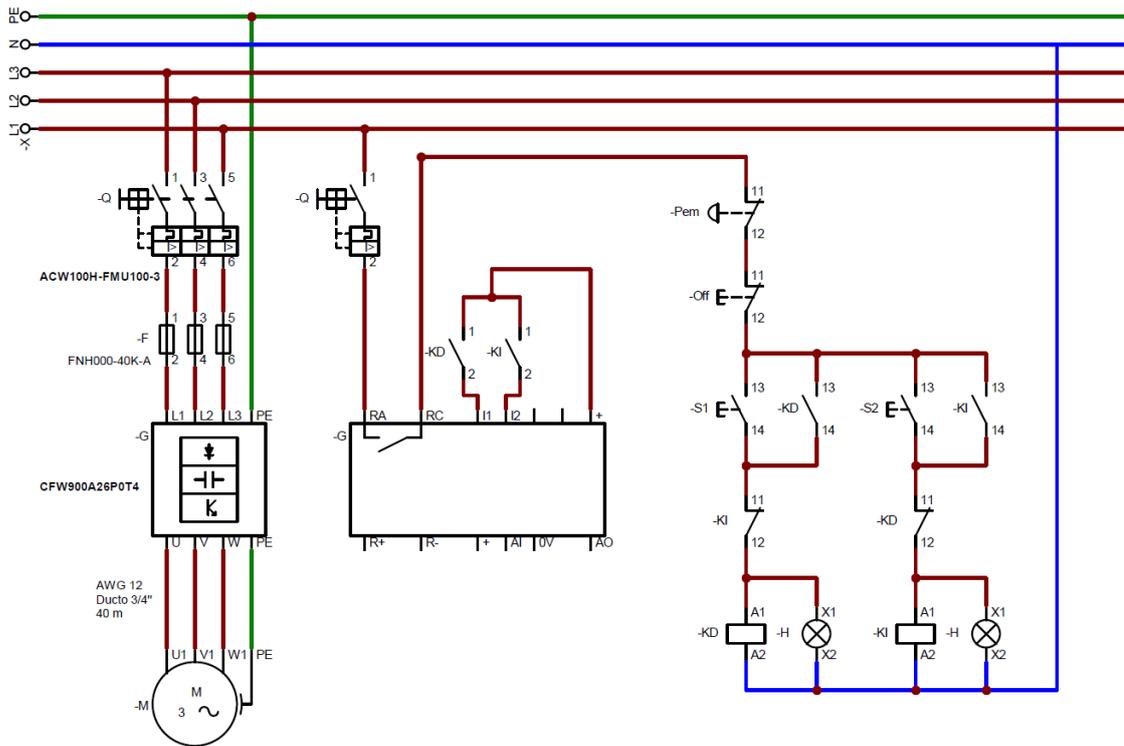
Donde:  $S =$  Sección conductor de protección [ $mm^2$ ]  
 $I =$  Valor eficaz corriente de falla [ $A$ ]  
 $t =$  Tiempo de apertura dispositivo de protección [ $s$ ]  
 $K = 143$  cobre recubierto por PVC

$$S \geq \frac{\left(\left(\frac{380}{4.68}\right)^2 10\right)^{\frac{1}{2}}}{143}$$

$$S \geq 1.79 [mm^2]$$

Esto implica que se debe usar un cable AWG 14 ( $S = 2.08 [mm^2]$ ) como mínimo, como se dimensiono el cable AWG 12 ( $S = 3.31 [mm^2]$ ) para alimentar el motor se optara por el uso de este cable para la puesta a tierra. En la Figura 4.10 se muestra el diagrama de conexión del subsistema eléctrico.

Figura 4.10 Diagrama del Subsistema eléctrico



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 Subsistema de carga y descarga

##### 4.2.4.1 Tolva de carga

El sistema de carga tendrá una capacidad mínima de 7.1 metros cúbicos y una altura de 2.8 metros desde el nivel del área de carga, si consideramos la altura de la cinta 1 metro, su forma será cubica en la parte superior y tronco piramidal en la parte inferior.

El ángulo de inclinación en el fonde de la tolva estará definido por la ecuación 4.41.

$$\beta = \Phi + 15^\circ \quad (4.41)$$

Donde:  $\beta$  = Angulo minimo de inclinacion del fondo de la tolva [°]

$\Phi$  = Angulo de reposo fluorita [°]

$$\beta = 35^\circ + 15^\circ = 50^\circ$$

Este volumen deberá ser calculado a partir de la ecuación 4.42.

$$V_t = \frac{H_2}{3} \times (D_1 \times D_2 + B_1 \times B_2 + \sqrt{D_1 \times D_2 \times B_1 \times B_2}) \quad (4.42)$$

Donde:  $D_1$  = Arista Superior ancho = 3.5 [m]

$D_2$  = Arista Superior profundidad = 3 [m]

$B_1$  = Arista inferior ancho = 0.333 [m]

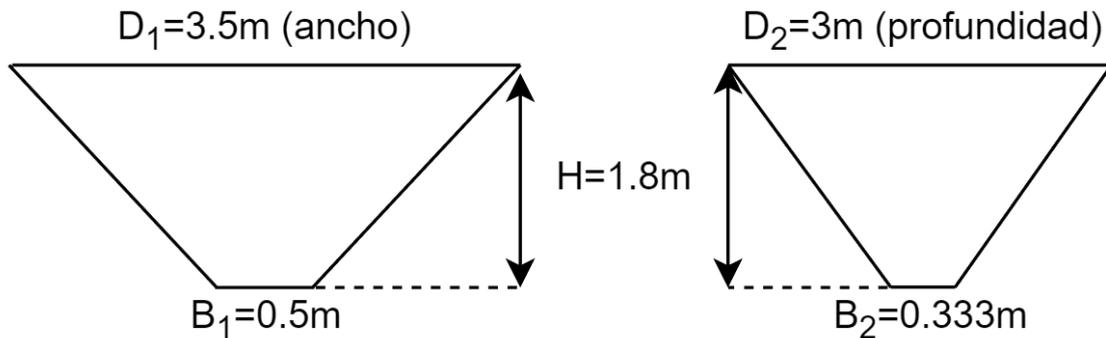
$$B_2 = \text{Arista inferior profundidas} = 0.5 \text{ [m]}$$

$$H = \text{Altura del volumen tronco piramidal} = 1.8 \text{ [m]}$$

$$V_t = \frac{1.8}{3} \times (3.5 \times 3 + 0.333 \times 0.5 + \sqrt{3.5 \times 3 \times 0.333 \times 0.5})$$

$$V_t = 7.2 \text{ [m}^3\text{]}$$

**Figura 4.12 Dimensiones de la tolva de carga**



**Fuente Elaboración propia**

Ahora podemos dimensionar el espesor de la plancha con la ecuación 4.43.

$$e = \sqrt{\frac{6 \times M_f}{l \times \sigma_f}} \quad ( 4.43 )$$

Donde:  $M_f = \text{Momento flector máximo [kgf - cm]}$

$l = \text{largo segmento de la plancha [cm]}$

$\sigma_y = \text{Tensión antes de la fluencia [kgf/cm}^2\text{]}$

Si consideramos placas de largo 50 cm y el material acero A36.

$$z_0 = \frac{A}{K \times \mu \times U} \quad ( 4.44 )^{37}$$

Donde:  $A = \text{Area aristas superiores [m}^2\text{]}$

$K = \text{Coeficiente de presiones laterales}$

$\mu = \text{Coeficiente de rozamiento}$

$U = \text{Perimetro arista superior [m]}$

$$z_0 = \frac{3.5 \times 3}{0.5 \times 0.6 \times 13} = 2.7 \text{ [m]}$$

$$Y_j(z) = 1 - e^{-z/z_0} \quad ( 4.45 )^{38}$$

<sup>37</sup> Ecuación 4.44 ref. Ec. 5.5, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 44

<sup>38</sup> Ecuación 4.45 ref. Ec. 5.6, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 44

$$Y_j(z) = 1 - e^{-\frac{0.2}{2.7}} = 0.071$$

$$P_{ho} = \gamma_m \times K \times z_0 \quad ( 4.46 )^{39}$$

$$P_{ho} = 1710 \times 0.5 \times 0.071 = 60.7 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$P_{hf} = P_{ho} \times Y_j(z) \quad ( 4.47 )^{40}$$

$$P_{hf} = 60.7 \times 0.071$$

$$P_{hf} = 4.3 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$P_{vf} = \frac{P_{ho}}{K} \times Y_j(z) \quad ( 4.48 )^{41}$$

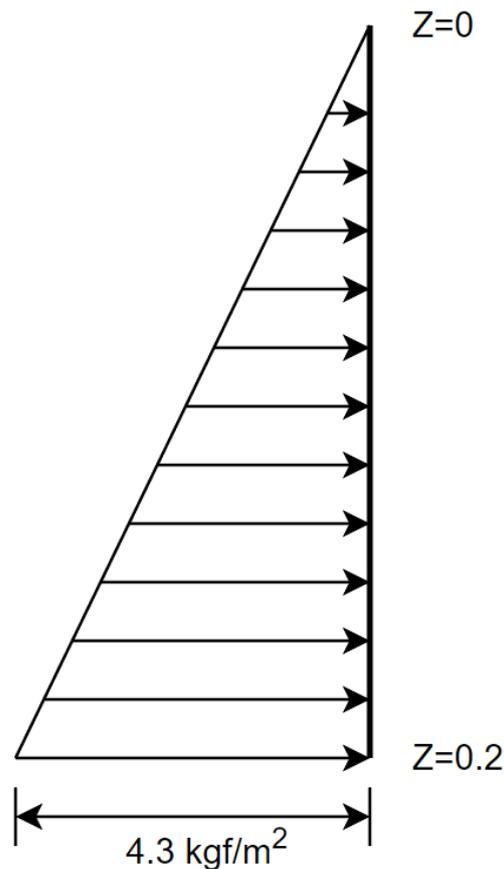
$$P_{vf} = \frac{60.7}{0.5} \times 0.071$$

$$P_{vf} = 8.6 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

Ahora el incremento de la presión debido a la descarga será.

$$P_{pf} = 1.32 * 192.9 = 5.7 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

**Figura 4.13 Carga distribuida en el segmento vertical de la tolva**



<sup>39</sup> Ecuación 4.46 ref. Ec. 5.4, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 44

<sup>40</sup> Ecuación 4.44 ref. Ec. 5.1, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 44

<sup>41</sup> Ecuación 4.44 ref. Ec. 5.3, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 44

**Fuente Elaboración propia**

Ahora para calcular  $P_{vft}$  usamos la ecuación 4.49.

$$P_{vft} = C_b \times P_{vf} \quad ( 4.49 )^{42}$$

$$P_{vft} = 1.2 \times 8.6 = 10.3 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$P_v = \left( \frac{\gamma_m \times h_h}{n - 1} \right) \left\{ \left( \frac{x}{h_h} \right) - \left( \frac{x}{h_h} \right)^n \right\} + P_{vft} \left( \frac{x}{h_h} \right)^n \quad ( 4.50 )^{43}$$

$$n = S \times (1 - b) \times \mu \times \cot \alpha \quad ( 4.51 )^{44}$$

$$n = 2 \times (1 - 0.2) \times 0.6 \times \cot 40 = 1.144$$

$$P_v = \left( \frac{1710 \times h_h}{n - 1} \right) \left\{ \left( \frac{x}{h_h} \right) - \left( \frac{x}{h_h} \right)^n \right\} + P_{vft} \left( \frac{x}{h_h} \right)^n$$

Con la anterior ecuación podemos calcular la Pv máxima, **Tabla 4.12.**

**Tabla 4.12 Carga sobre la pared inclinada de la tolva a una determinada profundidad**

Distancia	Carga
0.2	615.52
0.3	764.6
0.4	861.68
0.5	918.39
0.6	941.85
0.63	943.17
0.7	936.91
0.8	907.1
0.9	855.13
1	783.13
1.1	692.83
1.2	585.67
1.3	462.87
1.4	325.46

<sup>42</sup> Ecuación 4.49 ref. Ec. 6.2, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 72

<sup>43</sup> Ecuación 4.50 ref. Ec. 6.7, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 72

<sup>44</sup> Ecuación 4.51 ref. Ec. 6.28, Eurocódigo 1 Acciones en estructuras pág. 72

**Fuente Elaboración propia**

Obtenemos  $P_{v-max}$  para  $x = 0.63$  [m].

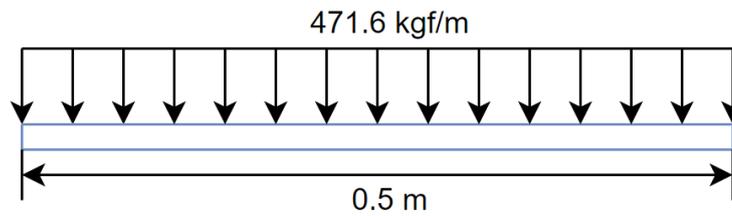
$$P_v = 943.2 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

Ahora la carga distribuida será.

$$q = P_v \times l = 943.2 \times 0.5$$

$$q = 471.6 \text{ [kgf/m]}$$

**Figura 4.14 Carga distribuida en el elemento más solicitado de la tolva**



**Fuente: elaboración propia**

Ahora con la ecuación 4.52.

$$M_{f-max} = 0.1053 \times q \times l^2 \quad ( 4.52 )$$

$$M_{f-max} = 0.1053 \times 471.6 \times 0.5^2$$

$$M_{f-max} = 12.4 \text{ [kgf - m]} = 1240 \text{ [kgf - cm]}$$

Ahora podemos calcular el espesor mínimo requerido, si consideramos el acero A36 ( $\sigma_f = 2300$  [kgf/cm<sup>2</sup>]).

$$e_{min} = \sqrt{\frac{6 \times 1240}{50 \times 2300}} = 0.255 \text{ [cm]} = 2.55 \text{ [mm]}$$

Si consideramos un factor de seguridad de 3.5 podemos tomar un espesor de diseño de.

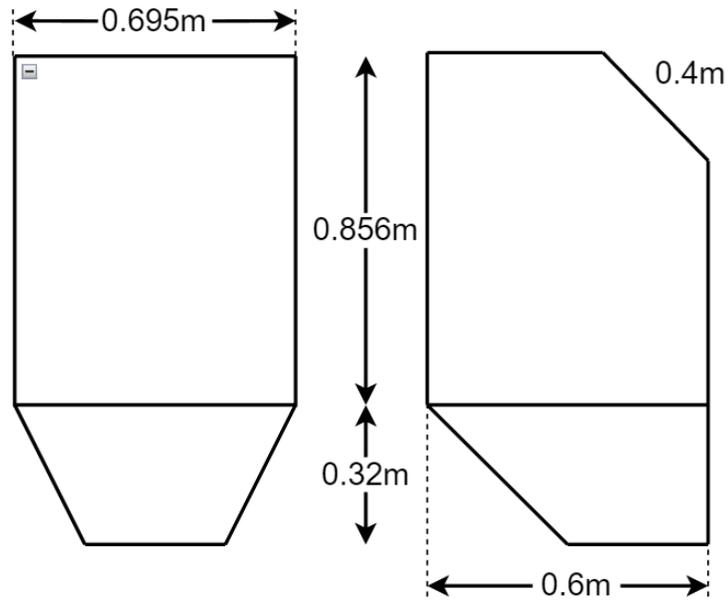
$$e_{diseño} = 3.5 * e_{min} = 7.65 \text{ [mm]}$$

$$e_{diseño} = 8.9 \text{ [mm]} \cong 10 \text{ [mm]}$$

**4.2.4.2 Chute de descarga**

Ahora las dimensiones del chute de descarga serán las mostradas en la figura 4.10.

**Figura 4.15 Dimensiones del chute de descarga**



**Fuente: Elaboración propia**

El espesor de la plancha usada para la fabricación del chute será la misma que la tolva de carga.

#### **4.2.5 Subsistema estructural**

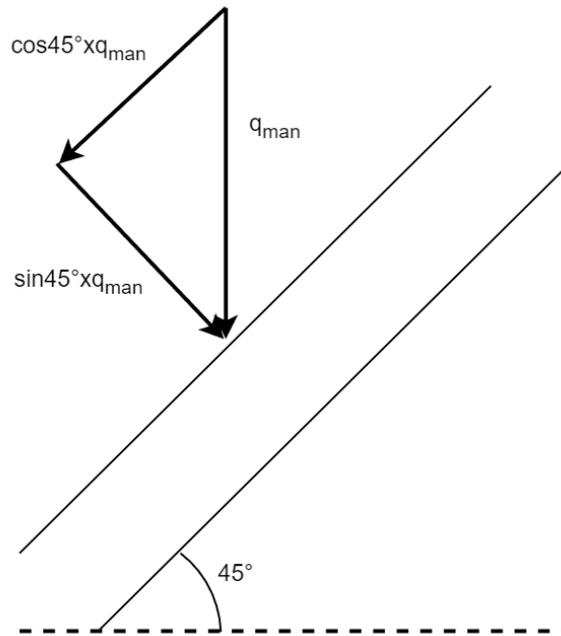
Para seleccionar un perfil primero debemos calcular la carga a la que estará sometida la estructura de la cinta y de la tolva de carga.

##### **4.2.5.1 Cargas vivas**

Las cargas debido al mantenimiento son.

$$q_{man} = 80 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

**Figura 4.16 Carga debido al mantenimiento**



**Fuente: Elaboración propia**

$$q_{man} \times \sin 45^\circ = 56.6 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$q_{man} \times \cos 45^\circ = 56.6 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

La carga debido al viento se calcula con la ecuación 4.53.

$$q_{viento} = 0.00483 \times V^2 \times C_d \quad ( 4.53 )$$

Donde:  $V = \text{Velocidad del viento [kph]}$

$C_d = \text{Coeficiente de forma} = 0.7$

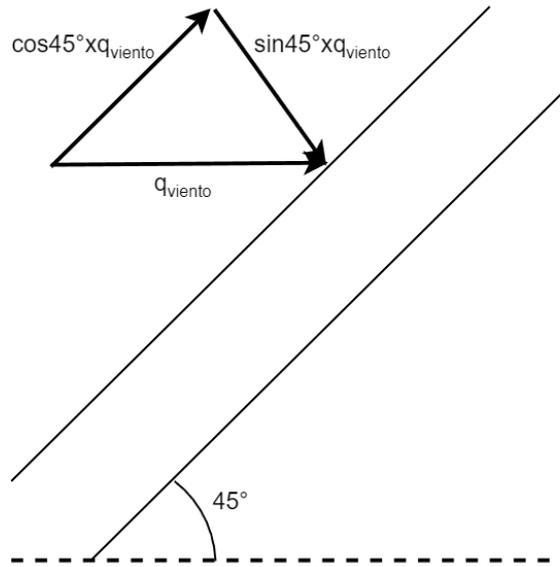
$$q_{viento} = 0.00483 \times 100^2 \times 0.7$$

$$q_{viento} = 33.8 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$q_{viento} \times \sin 45^\circ = 23.9 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$q_{viento} \times \cos 45^\circ = 23.9 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

**Figura 4.17 Carga debido al viento**



**Fuente: Elaboración propia**

La carga debido a la nieve se calcula con la ecuación 4.54.

$$q_{nieve} = C_d \times \gamma_{nieve} \times e \quad ( 4.54 )$$

Donde:  $C_d =$  Coeficiente de forma = 0.8

$\gamma_{nieve} =$  Peso específico de la nieve = 300 [kgf/m<sup>2</sup>]

$e =$  Espesor de la nieve = 12 [cm]

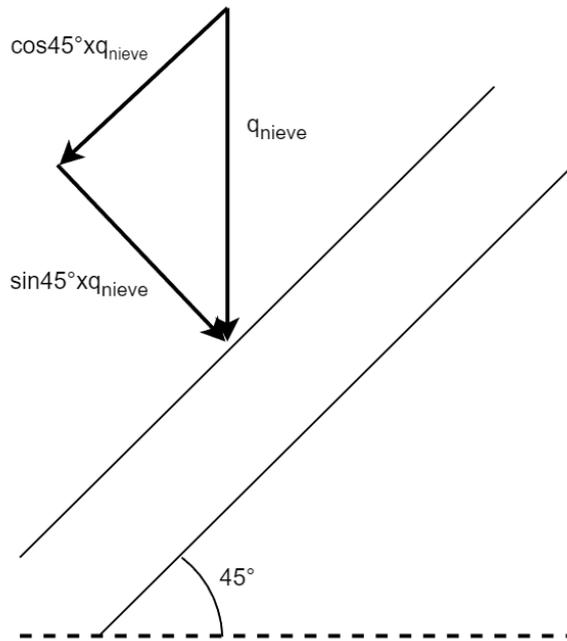
$$q_{nieve} = 0.8 \times 300 \times 0.12$$

$$q_{nieve} = 28.8 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$q_{nieve} \times \sin 45^\circ = 20.4 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$q_{nieve} \times \cos 45^\circ = 20.4 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

**Figura 4.18 Carga debido a la nieve**

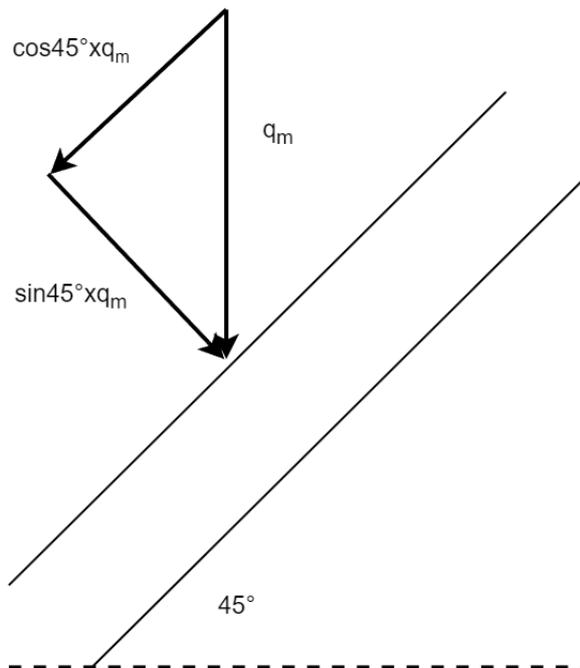


**Fuente: Elaboración propia**

La carga debido al material a granel a transportar se calculó en el apartado 4.2.1.

$$q_m = W_m = 18.9 \text{ [kgf/m]}$$

**Figura 4.19 Carga debido al material transportado**



**Fuente: Elaboración propia**

$$q_m \times \sin 45^\circ = 13.4 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$q_m \times \cos 45^\circ = 13.4 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

#### 4.2.5.2 Cargas muertas

Las cargas muertas están conformadas por el peso propio de la banda transportadora, el peso propio de la estructura y

La carga debido a la banda transportadora se calcula con la ecuación 4.55.

$$q_b = 2 \times W_b \quad ( 4.55 )$$

$$q_b = 2 \times 6.6 = 13.2 \text{ [kgf/m]}$$

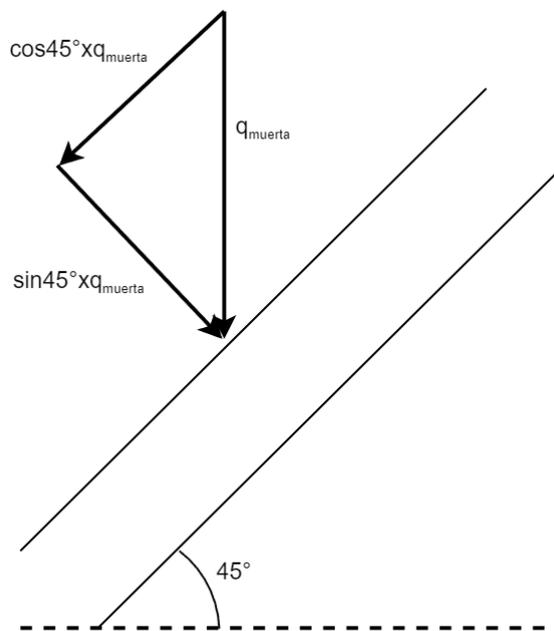
La carga debido al peso propio será

$$q_{pp} = 4 \text{ [kgf/m]}$$

Entonces la carga muerta neta será.

$$q_{muerta} = q_b + q_{pp} = 17.2 \text{ [kgf/m]}$$

**Figura 4.20 Carga debido al material transportado**



**Fuente: Elaboración propia**

$$q_{muerta} \times \sin 45^\circ = 12.2 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

$$q_{muerta} \times \cos 45^\circ = 12.2 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

#### 4.2.5.3 Combinaciones de carga LRFD

En la tabla 4.13 se presenta un resumen de las cargas actuantes en la estructura.

**Tabla 4.13 Cargas estructurales**

Descripción	Paralelo a la estructura	Perpendicular a la estructura
Carga viva mantenimiento	56.6 [kgf/m <sup>2</sup> ]	56.6 [kgf/m <sup>2</sup> ]
Carga viva viento	23.9 [kgf/m <sup>2</sup> ]	23.9 [kgf/m <sup>2</sup> ]
Carga viva nieve	20.4 [kgf/m <sup>2</sup> ]	20.4 [kgf/m <sup>2</sup> ]
Carga viva material a granel	13.4 [kgf/m <sup>2</sup> ]	13.4 [kgf/m <sup>2</sup> ]
Carga muerta	12.4 [kgf/m <sup>2</sup> ]	12.4 [kgf/m <sup>2</sup> ]

**Fuente: Elaboración propia**

Ahora las combinaciones de carga son.

- Paralelo a la estructura
  - 1)  $1.4 \times D = 17.4 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$
  - 2)  $1.2 \times D + 1.6 \times L + 0.5 \times S = 115.6 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$
  - 3)  $1.2 \times D + 1.6 \times S + L = 104.1 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$
  - 4)  $1.2 \times D + W + L + 0.5 \times S = 105.6 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$
- Perpendicular a la estructura.
  - 1)  $1.4 \times D = 17.4 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$
  - 2)  $1.2 \times D + 1.6 \times L + 0.5 \times S = 115.6 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$
  - 3)  $1.2 \times D + 1.6 \times S + L = 104.1 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$
  - 4)  $1.2 \times D + W + L + 0.5 \times S = 105.6 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$

Por lo tanto, las cargas de diseño serán.

$$q_{d\text{-perpendicular}} = 115.6 \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right]$$

$$q_{d\text{-paralelo}} = 115.6 \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right]$$

#### 4.2.5.4 Selección de perfil

$$M_{max} = \frac{q_{d\text{-perpendicular}} \times l^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{115.6 \times 1.5^2}{8}$$

$$M_{max} = 32.5 \text{ [kgf - m]}$$

$$\sigma_{adm} = 0.9 \times F_y = 0.9 \times 2300$$

$$\sigma_{adm} = 2070 \left[ \frac{kgf}{cm^2} \right]$$

$$S_{selec} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{32.5 \times 100}{2070}$$

$$S_{selec} = 1.57 [cm^3]$$

Seleccionamos el perfil Costanera 80X40X15X3mm

Sus características:

Peso por unidad de longitud

$$S_x = 12.26 [cm^3] \quad S_y = 4.26 [cm^3] \quad q_{pp} = 4 [kgf/m]$$

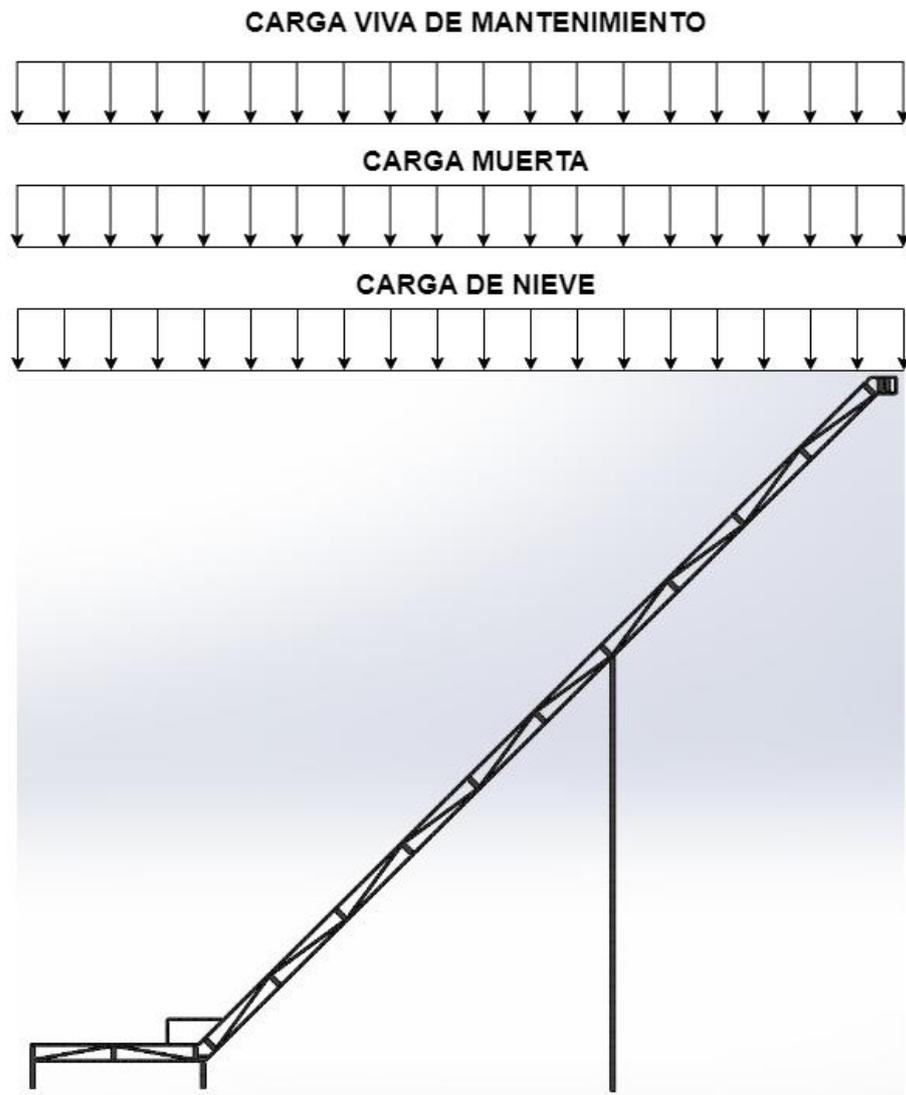
$$E = 2038902 \left[ \frac{kgf}{cm^2} \right]$$

#### 4.2.5.5 Análisis de carga estático en SolidWorks

Para realizar el análisis de carga se considero  $q_{d-perpendicular}$  y el perfil seleccionado Costanera 80X40X15X3mm

Primero se modelo la estructura metálica, el resultado se ve en la figura 4.21.

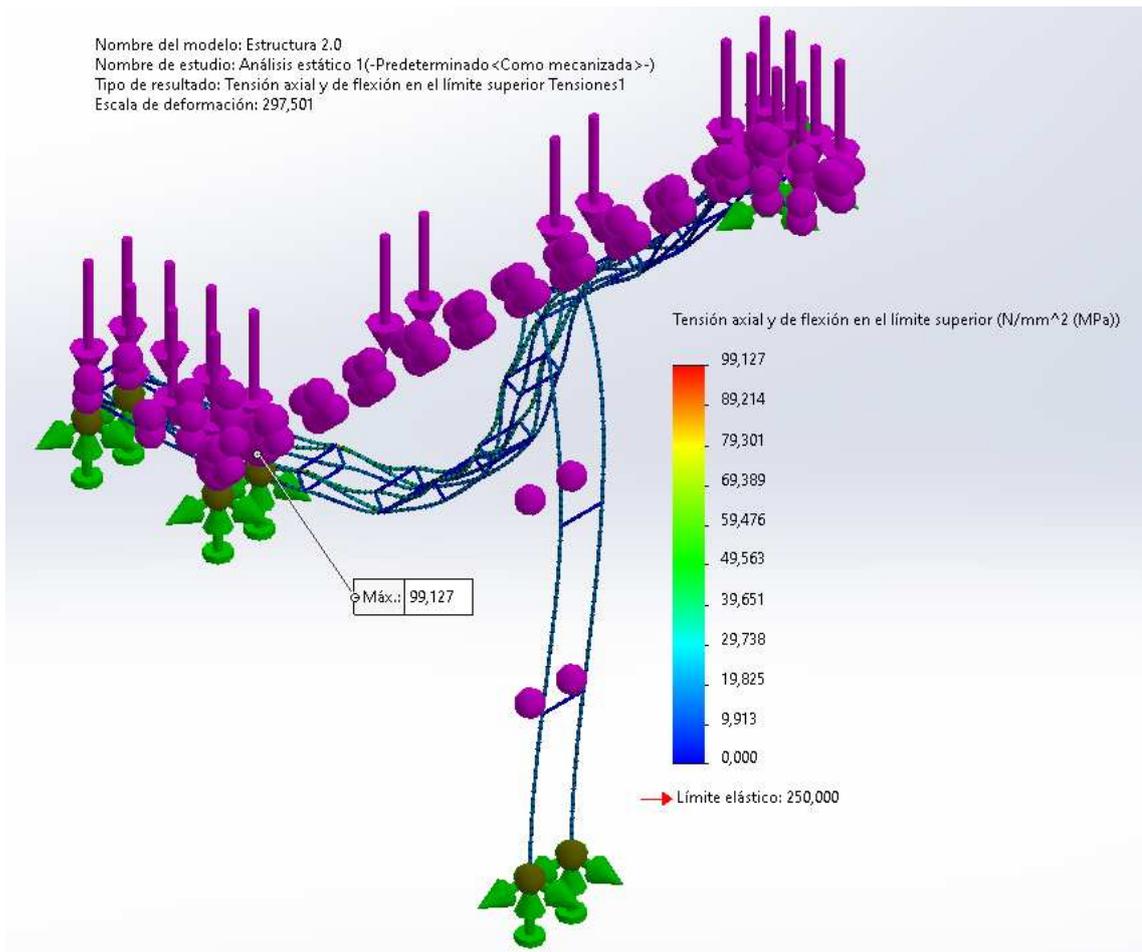
**Figura 4.21 Estructura metálica que soportara al subsistema de transporte**



**Fuente: Elaboración propia**

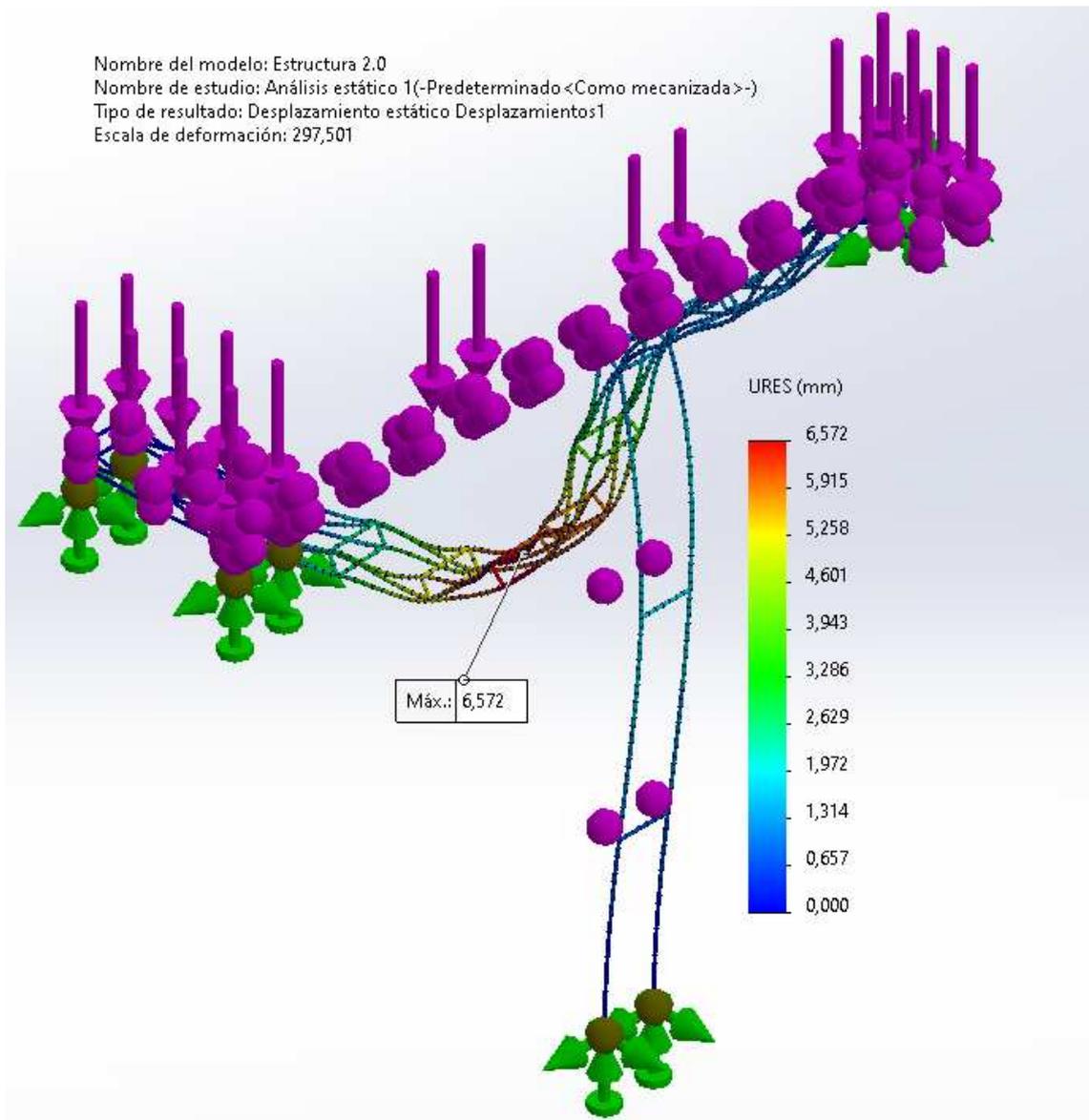
El resultado de la simulación con una carga distribuida de 148.3 kg/m se muestra en las figuras 4.22, 4.23 y 4.24.

**Figura 4.22 Resultados de la simulación – Tensión máxima**



**Fuente: Elaboración propia**

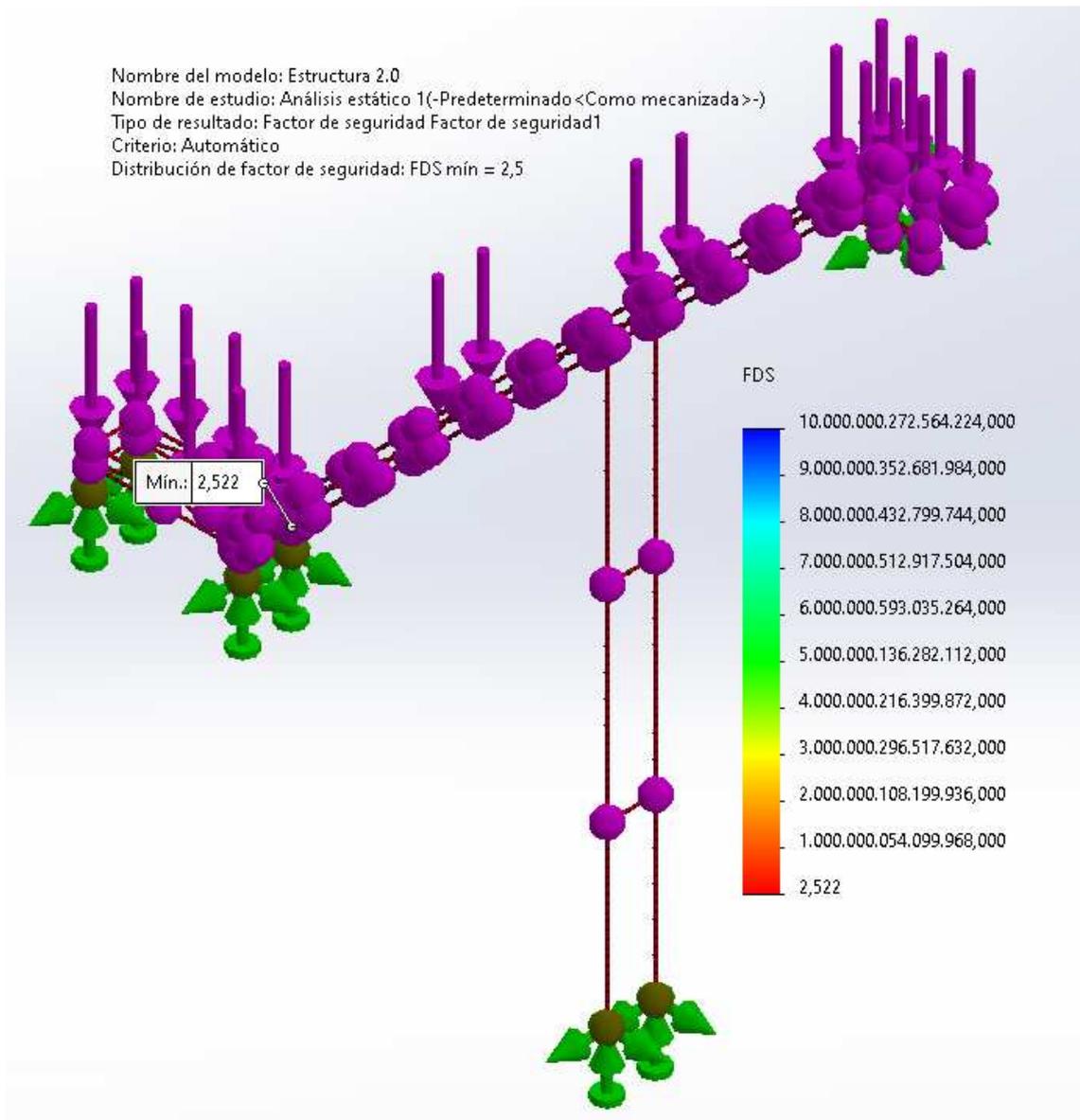
**Figura 4.23 Resultados de la simulación – Desplazamiento máximo**



**Fuente: Elaboración propia**

Por último, el factor de seguridad es de 2.16, esto es satisfactorio puesto que la carga de diseño está ampliamente mayorada según la combinación de carga LRFD.

**Figura 4.24 Resultados de la simulación – Factor de seguridad mínimo**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.5.6 Estructura tolva

Las cargas vivas son similares a las ya calculadas en el punto 4.2.5.1.

$$q_{man} = 80 [kgf/m]$$

$$q_{nieve} = 28.8 [kgf/m]$$

$$q_{mineral} = \frac{\gamma_m * V_t}{P}$$

Donde:  $\gamma_m$  = Peso específico de la fluorita

$V_t$  = Volumen total de la tolva

$P$  = Perimetro formada por las aristas superiores de la estructura

$$q_{\text{mineral}} = \frac{1710 \times 7.2}{2 \times 3.5 + 2 \times 3}$$

$$q_{\text{mineral}} = 947.1 \text{ [kgf/m]}$$

La carga debido al peso propio será

$$q_{pp} = 4 \text{ [kgf/m]}$$

- 1)  $1.4 \times D = 5.6 \text{ [kgf/m]}$
- 2)  $1.2 \times D + 1.6 \times L + 0.5 \times S = 1534.6 \text{ [kgf/m]}$
- 3)  $1.2 \times D + 1.6 \times S + L = 998 \text{ [kgf/m]}$

$$q_d = 1534.6 \text{ [kgf/m]}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{q_d \times l^2}{8}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{1534.6 \times 3.5^2}{8}$$

$$M_{\text{max}} = 2349.9 \text{ [kgf - m]}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 0.9 \times F_y = 0.9 \times 2300$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 2070 \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$S_{\text{selec}} = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{2349.9 \times 100}{2070}$$

$$S_{\text{selec}} = 113.5 \text{ [cm}^3\text{]}$$

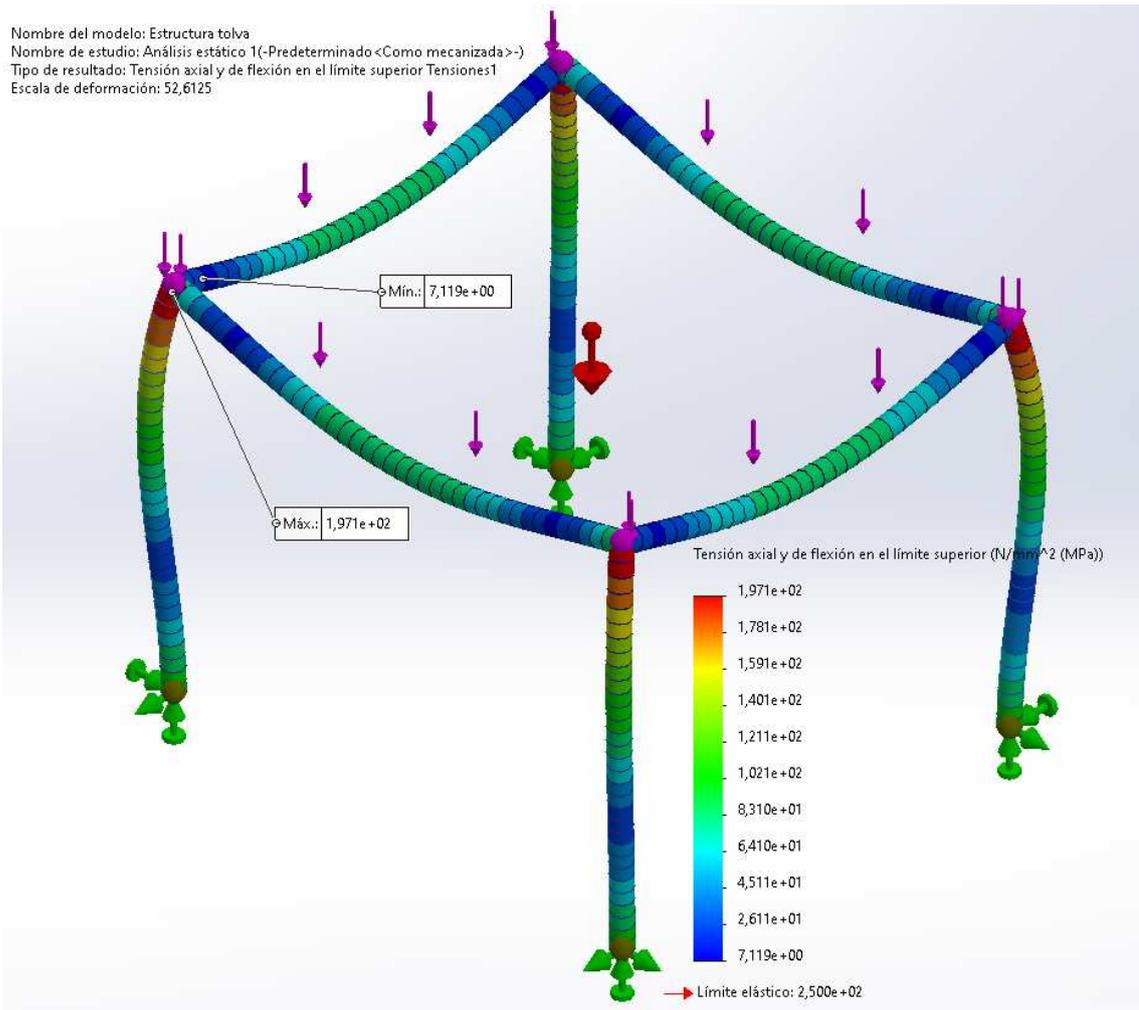
Seleccionamos el perfil W6X12

Sus características:

Peso por unidad de longitud

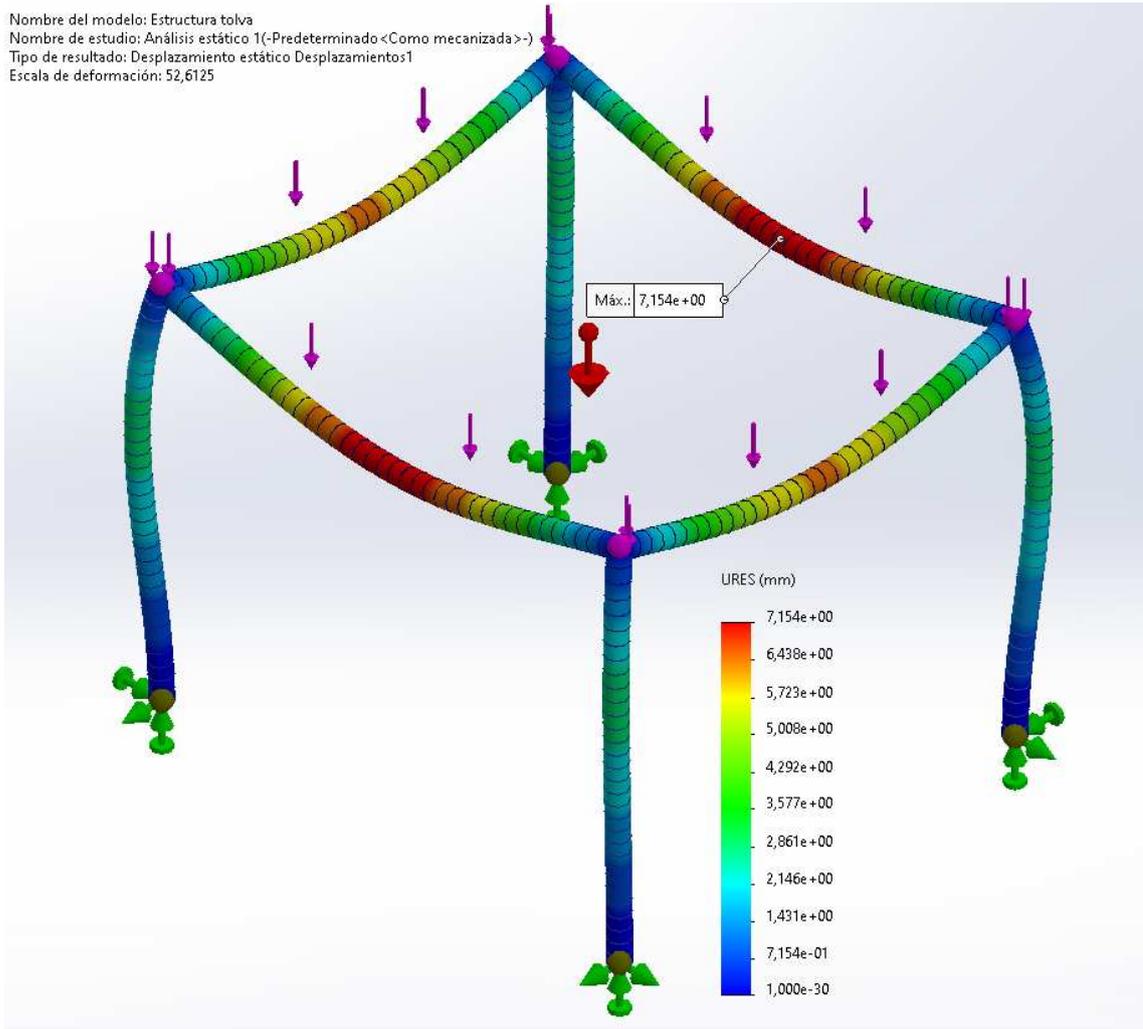
$$S_x = 159.3 \text{ [cm}^3\text{]} \quad S_y = 51 \text{ [cm}^3\text{]} \quad q_{pp} = 22.4 \text{ [kgf/m]}$$

**Figura 4.25 Resultados de la simulación – Tensión máxima**



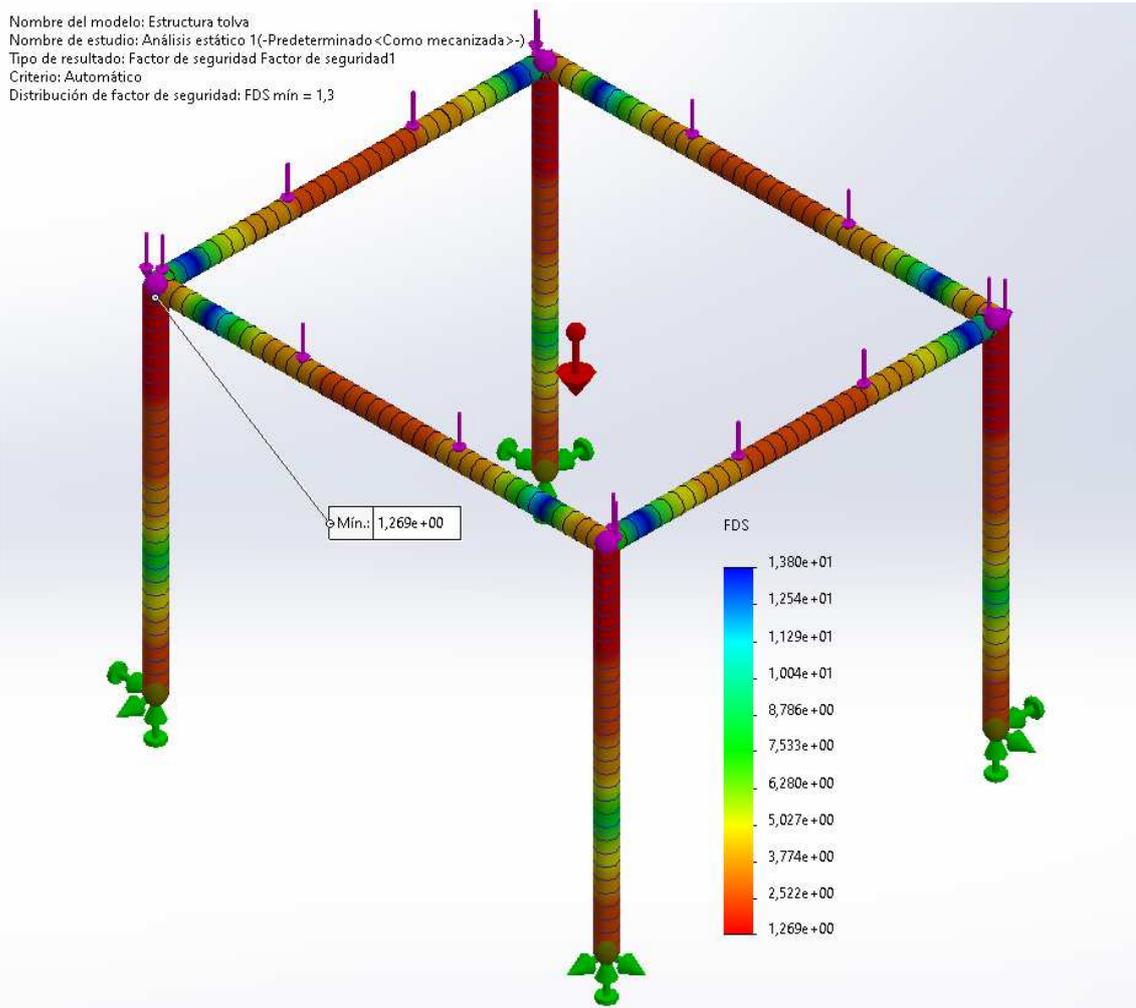
**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 4.26 Resultados de la simulación – Desplazamiento máximo**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 4.27 Resultados de la simulación – Factor de seguridad mínimo**



**Fuente: Elaboración propia**

**Nota:** Los planos de montaje, detalle, fabricación se encuentran en el **Anexo I - Planos**

**Capítulo V**  
**Evaluación Técnica Económica**

## 5.1 COSTO DE MATERIALES Y COMPONENTES

### 5.1.1 Materiales del subsistema de carga y descarga

**Tabla 5.1 Costos de material en el subsistema de carga y descarga**

No	Material/Insumo	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Plancha	A36 10mm 2X1	12	u	1830.00	21960.00
2	Perfil W6X15	A36 6m	6	u	1276.00	7656.00
3	Perfil Angular 1/8 1 3/4	A36 6m	13	u	127.00	1651.00
4	Electrodo 6013	1/8 in (3.2mm)	5	kg	23.80	119.00
					<b>Total [bs]</b>	<b>31386.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.1.2 Materiales del subsistema estructural

**Tabla 5.2 Costos de material en el subsistema estructural**

No	Material/Insumo	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Perfil C80X40X15X3	A36 6m	24	u	205	4920.00
2	Electrodo 6013	1/8 in (3.2mm)	20	kg	23.8	476.00
					<b>Total [bs]</b>	<b>5396.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.2 COSTO DE ELEMENTOS

### 5.2.1 Elementos del subsistema de transporte

**Tabla 5.3 Costos por elementos en el subsistema de transporte**

N°	Elemento	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Polín de impacto	B4	5	u	650.00	3250.00
2	Polín de carga	B4	13	u	540.00	7020.00
3	Rodillos de retorno	B4	9	u	540.00	4860.00
4	Tambor de cola	500mm	1	u	4500.00	4500.00
5	Tambor motriz	500mm	1	u	4250.00	4250.00
6	Banda transportadora	500mm120m	38	m	83.52	3173.76
7	Chumacera (tambor motriz)	SKF SY 65	2	m	823.00	1646.00

## Capítulo V – Evaluación Técnico Económica

8	Chumacera (take-up)	SKF UCT 213	2	u	1000.00	2000.00
9	Varilla Roscada	1/2 pulgada 1m	2	u	41.56	83.12
10	Perno Hexagonal	M20X50	2	u	6.92	13.84
11	Tuerca Hexagonal	M20	2	u	4.85	9.70
12	Perno Hexagonal	M14X25	54	u	1.90	102.60
13	Tuerca Hexagonal	M14	54	u	1.95	105.3
					<b>Total [bs]</b>	<b>30796.72</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.2 Elementos del subsistema mecánico

**Tabla 5.4 Costos por elementos en el subsistema mecánico**

No	Elemento	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Motorreductor	WCG20 CONIMAX N07 3 1:11,37 NCA 132M 7.5kW 4P 50Hz	1	u	10000	10000
2	Perno	M18X50	4	u	2.65	10.6
					<b>Total [bs]</b>	<b>10010.60</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.3 Elementos del subsistema eléctrico

**Tabla 5.5 Costos por elementos en el eléctrico**

No	Elemento	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Variador de frecuencia	CFW900B26P0T4	1	u	5000	5000
2	Fusible ultrarrápido	FNH000-40K-A	3	u	83.52	250.56
3	Disyuntor	ACW100H-FMU100-3	1	u	201.84	201.84
4	Tablero	40X40X20 c/Barraje	1	u	574.05	574.05
5	Cable	12 AWG	120	m	4.51	541.2
6	Ducto Acero Galv.	3/4 pulgada - 3m	12	m	30.34	364.08
					<b>Total [bs]</b>	<b>6931.73</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.4 Elementos del subsistema de carga y descarga

**Tabla 5.6 Costos por elementos en el subsistema de carga y descarga**

No	Elemento	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
----	----------	-------------	----------	--------	---------------------	------------------

## Capítulo V – Evaluación Técnico Económica

1	Varilla Roscada	G5 - 1/2 pulgada - 1m	8	u	41.56	332.48
2	Tuerca hexagonal	G8 1/2	16	u	0.94	15.04
					<b>Total [bs]</b>	<b>347.52</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.5 Elementos del subsistema estructural

**Tabla 5.7 Costos por elementos en el subsistema estructural**

No	Elemento	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Varilla Roscada	G5 - 1/2 pulgada - 1m	12	u	41.56	498.72
2	Tuerca hexagonal	G8 1/2	24	u	0.94	22.56
					<b>Total [bs]</b>	<b>521.28</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.3 OTROS COSTOS

### 5.3.1 Mano de obra y maquinaria – Subsistema de transporte

**Tabla 5.8 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema de transporte**

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Especialista instalador de aparatos elevadores	16	h	53.90	862.40
2	Ayudante 1ª instalador de aparatos elevadores.	16	h	39.20	627.20
3	Grúa autopropulsada de brazo telescópico	2	h	351.20	702.40
				<b>Total [bs]</b>	<b>2192.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3.2 Mano de obra y maquinaria – Subsistema mecánico

**Tabla 5.9 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema mecánico**

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Técnico electromecánico	4	h	50.18	200.72

## Capítulo V – Evaluación Técnico Económica

2	Ayudante electromecánico	4	h	36.41	145.64
3	Herramientas	4	h	4.46	17.84
4	Grúa autopropulsada de brazo telescópico	1	h	351.20	351.20
				<b>Total [bs]</b>	<b>715.40</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3.3 Mano de obra y maquinaria – Subsistema eléctrico

**Tabla 5.10 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema eléctrico**

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Técnico electricista	8	h	50.18	401.44
2	Ayudante electricista	8	h	36.41	291.28
3	Herramientas	8	h	4.46	35.68
				<b>Total [bs]</b>	<b>728.40</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3.4 Mano de obra y maquinaria – Subsistema carga y descarga

**Tabla 5.11 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema de carga y descarga**

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
1	Especialista en montaje de estructura metálica	16	h	50.82	813.12
2	Ayudante montaje de estructura metálica.	16	h	37.95	607.20
3	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	16	h	21.91	350.56
4	Grúa autopropulsada de brazo telescópico	1	h	351.20	351.20
				<b>Total [bs]</b>	<b>2122.08</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3.5 Mano de obra y maquinaria – Subsistema estructural

**Tabla 5.12 Costos por mano de obra y maquinaria en el subsistema estructural**

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario [bs]	Costo total [bs]
----	-------------	----------	--------	---------------------	------------------

## Capítulo V – Evaluación Técnico Económica

1	Especialista en montaje de estructura metálica	32	h	50.82	1626.24
2	Ayudante montaje de estructura metálica.	32	h	37.95	1214.40
3	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	18	h	21.91	394.38
4	Cesta elevadora de brazo articulado, motor diésel	3	h	103.22	309.66
5	Grúa autopropulsada de brazo telescópico	3	h	351.20	1053.60
				<b>Total [bs]</b>	<b>4598.28</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.4 PRECIOS

Los precios de cada subsistema se detallan en la tabla 5.13.

**Tabla 5.13 Precios del sistema y los subsistemas**

No	Subsistema	Materiales y Componentes [bs]	Elementos [bs]	Mano de obra y maquinaria [bs]	Subtotal [bs]
1	Transporte	-	30796.72	2192.00	32988.72
2	Mecánico	-	10010.6	715.40	10726.00
3	Eléctrico	-	6931.73	728.40	7660.13
4	Carga y Descarga	31386	347.52	2122.08	33855.60
5	Estructural	5396	521.28	4598.28	10515.56
				<b>Total [bs]</b>	<b>95746.01</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Considerando que el costo de diseño es de 7% del total de los costos, entonces, el costo total del proyecto es de 102,448.23 bs.

### 5.5 EVALUACIÓN TÉCNICA

Para la evaluación técnica consideraremos los siguientes puntos.

- El diseño planteado en este proyecto de grado se realizó considerando los requerimientos de la Sección de Molienda de crudo 2.

- Algunos de los materiales o componentes no se encuentran en el mercado local, por lo tanto, se optó por cotizar o estimar el costo total de importación.
- Algunos de los componentes se deberán fabricar a partir de materiales y maquinaria disponible en el mercado local.
- La ejecución del proyecto requeriría trabajos complementarios pequeños (estudio topográfico, nivelación del suelo, obras civiles)

Por lo tanto, podemos llegar a la conclusión de que el diseño es factible desde el punto de vista técnico si consideramos los puntos descritos anteriormente.

### **5.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Si consideramos que el presente proyecto ahorrará a la empresa Soboce S.A. 1620 horas anualmente, y teniendo en cuenta que en promedio un operador de planta gana 40.00 bs/hr, esto daría como resultado un ahorro de 64,800.00 bs/año. Ahora, tomando en cuenta el costo total del proyecto, que sería de 102,448.23 bolivianos, la empresa Soboce S.A. recuperaría su inversión en un lapso de 1.6 años, es decir, aproximadamente 19 meses y 1 semanas. Sin mencionar que no se está tomando en cuenta el ahorro que la empresa tendría debido a la reducción de paradas no programadas.

**Capítulo VI**  
**Conclusiones y**  
**Recomendaciones**

## **6.1 Conclusiones**

Del desarrollo de los anteriores capítulos podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Se visito la sección de molienda de crudo 2 y se entrevistó a personal técnico de la planta, de esta forma se obtuvieron todos los parámetros y requerimientos de diseño necesarios para el diseño del sistema de transporte propuesto.
- Se diseño una cinta transportadora inclinada tipo Pocket con una inclinación de 45° con una capacidad nominal de 15 MTPH (Ficha técnica Anexo I – Planos Hoja 2).
- Se seleccionaron y dimensionaron los siguientes elementos del subsistema eléctrico: motorreductor, variador de frecuencia, fusibles ultrarrápidos, disyuntor, conductor.
- Se elaboraron planos de montaje, detalle y conjunto de los subsistemas de transporte, carga y descarga, estructural.
- Se calculo el costo de diseño y fabricación del sistema propuesto, a su vez se realizó el análisis técnico – económico, debido a el mismo podemos concluir que el diseño propuesto para el sistema de transporte es factible desde el punto de vista técnico y económico.

Tomando en cuenta los anteriores puntos podemos llegar a la siguiente conclusión, “Se diseñó un sistema de transporte con una capacidad nominal de 15 MTPH para el carguío de mineral fluorita para la Sección de molienda de crudo 2 en la planta de Cemento Viacha.

## **6.2 Recomendaciones**

- Cuantificar el costo de las paradas no programadas.
- Calcular el costo de las obras civiles complementarias.
- Verificar con los proveedores las propiedades físicas del material empleado en la fabricación de las piezas y elementos.

# **Bibliografía - Webgrafía**

**CEMA, (2014).** *Belt Conveyors for Bulk Materials*. 7ma edición. Engineering Conference of the Conveyor Equipment Manufacturers Association

**Martinez, C. (2018).** Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos. Universidad Jaume I

**Gilvonio, R. y Dominguez, F. (2009).** Ahorro de Energía en el Proceso de Fabricación de Clinker de Cemento Empleando Mineral Fluorita, (CaF<sub>2</sub>). Sociedad Química del Perú

**Salinero, D. (2013).** Diseño de una Banda Transportadora mediante guide de Matlab. Universidad Carlos III de Madrid

**UNE-EN 1991-4. (2011).** Eurocódigo 1: Acciones en Estructuras

**Atahualpa, J. (2018).** Diseño estructural de una tolva de acero comercial de 5tn para apilamiento de mineral utilizando modelos computacionales y cálculos convencionales. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

**IBNORCA. (2007).** Norma Boliviana NB777. IBNORCA

**AISC. (2005).** Especificación para Construcciones de Acero. AISC 3060-16

**Mita, P. (2015).** Diseño y Calculo Estructural de Tinglado. Unidad Educativa Pucarani. Universidad Mayor de San Andrés

**PRECISION (2020).** Webinar - Minería: Componentes para fajas transportadoras – Polines [video]. YouTube. Obtenido de <https://youtu.be/q5vPEnXY6ZU>

**PRECISION (2020).** Webinar - Poleas Revesol para fajas transportadoras [video]. YouTube. Obtenido de [https://youtu.be/afsYwiPEQ\\_k](https://youtu.be/afsYwiPEQ_k)

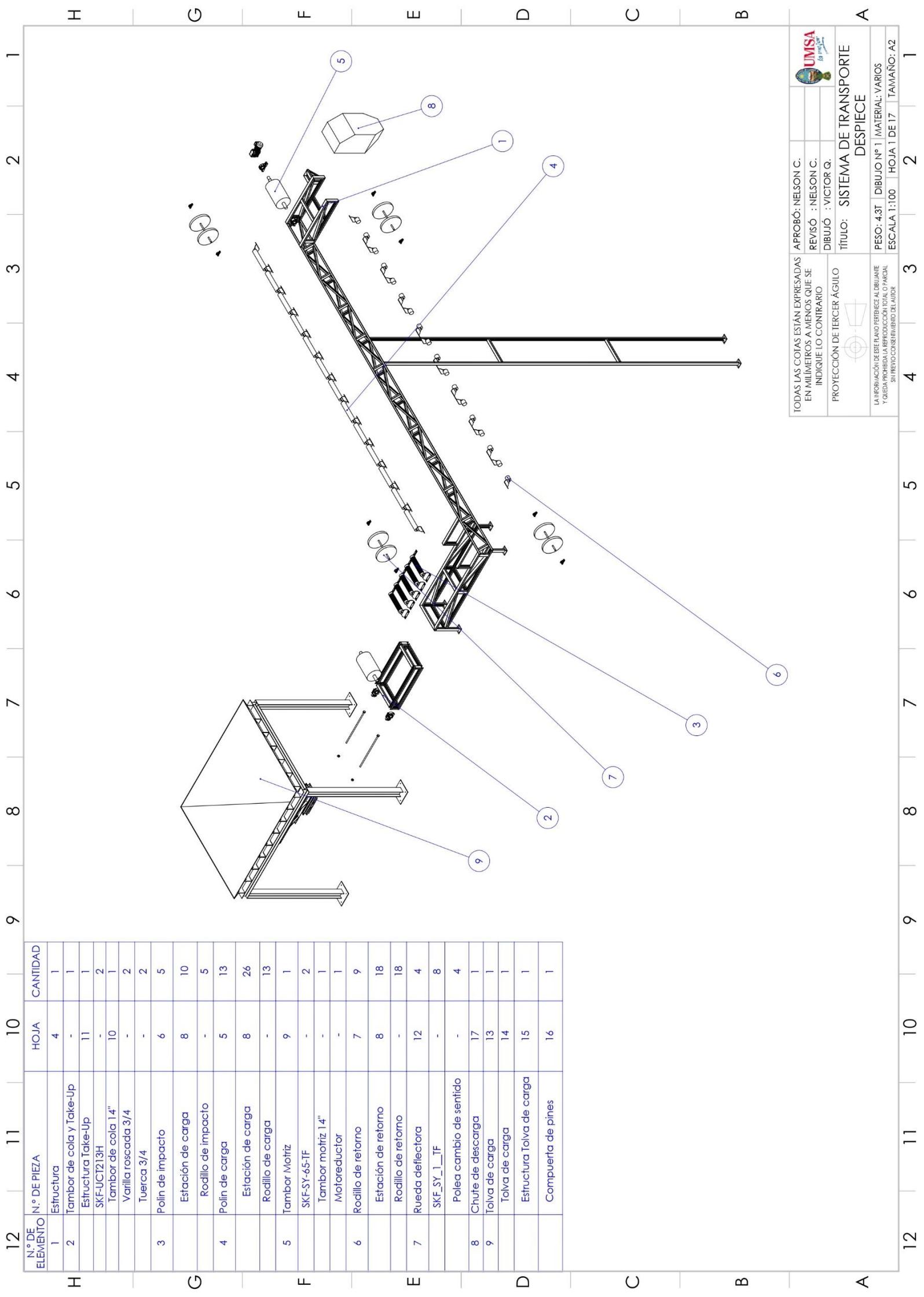
**The Efficient Engineering (2022).** Understanding Engineering Drawings [video]. YouTube. Obtenido de <https://youtu.be/ht9GwXQMgpo>

**Rulmeca Corporation (2021).** Webinar # 107 How to Drive a Conveyor Motor with a VFD [video]. YouTube. Obtenido de <https://youtu.be/q5v3M6ZsrrY>

**Rulmeca Corporation (2020).** Webinar #102 How to Calculate Required Conveyor Power [video]. YouTube. Obtenido de <https://youtu.be/0-Vz5GrFYs4>

# **Anexos**

# **Anexo I – Planos**



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	HOJA	CANTIDAD
1	Estructura	4	1
2	Tambor de cola y Take-Up	-	1
	Estructura Take-Up	11	1
	SKF-UCT213H	-	2
	Tambor de cola 14"	10	1
	Varilla roscada 3/4	-	2
	Tuerca 3/4	-	2
3	Polín de impacto	6	5
	Estación de carga	8	10
	Rodillo de impacto	-	5
4	Polín de carga	5	13
	Estación de carga	8	26
	Rodillo de carga	-	13
5	Tambor Motriz	9	1
	SKF-SY-65-TF	-	2
	Tambor motriz 14"	-	1
	Motoreductor	-	1
6	Rodillo de retorno	7	9
	Estación de retorno	8	18
	Rodillo de retorno	-	18
7	Rueda deflectora	12	4
	SKF_SY_1_TF	-	8
	Polea cambio de sentido	-	4
8	Chufe de descarga	17	1
9	Tolva de carga	13	1
	Tolva de carga	14	1
	Estructura Tolva de carga	15	1
	Compuerta de pines	16	1


**UMSA**  
 de ingeniería

APROBÓ: NELSON C.  
 REVISÓ : NELSON C.  
 DIBUJÓ : VICTOR Q.

**TÍTULO: SISTEMA DE TRANSPORTE DESPIECE**

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO  
 PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO

LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

PESO: 4.3T | DIBUJO N° 1 | MATERIAL: VARIOS  
 ESCALA 1:100 | HOJA 1 DE 17 | TAMAÑO: A2

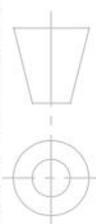
FICHA TÉCNICA	
CINTA TRANSPORTADORA INCLINADA	
CAPACIDAD NOMINAL	15 [MTPH]
CAPACIDAD DE DISEÑO	18.75 [MTPH]
ANCHO DE LA CINTA	500 [mm]
VELOCIDAD DE DISEÑO	2 [m/s]
ALTURA	10 [m]
INCLINACIÓN	45 [°]
MATERIAL: FLUORITA (CAF2)	
DENSIDAD APARENTE	1.71 [g/cm3]
TAMAÑO MÁXIMO DE FRAGMENTO	10 [cm]
ÁNGULO DE REPOSO	35 [°]
ÁNGULO DE CARGA	25 [°]
UNIDAD DE ACCIONAMIENTO	
MOTOR	10[hp], 1450[rpm], 360[V], 50[hz], aislamiento F, F.P. 0.85, eficiencia 0.9, F.S. 1.0
REDUCTOR	RATIO, 1:11.37 F.S. 1.84
VDF	20[HP], 50[A], 380-480[V], 3850[A2s]

D

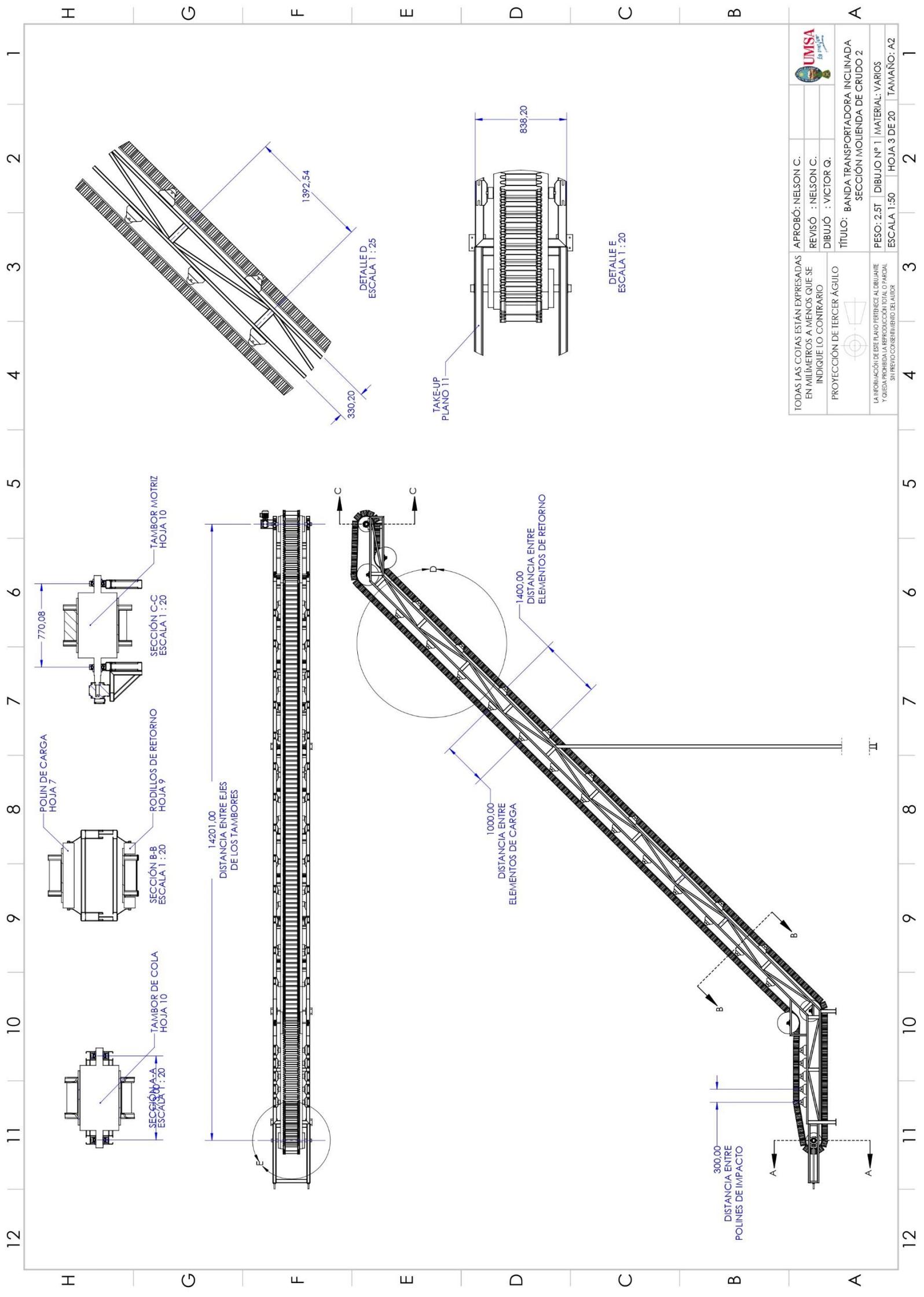
TAMBORES					
	DIÁMETRO TAMBOR	DIÁMETRO EJE	ANCHO TAMBOR	CANTIDAD	PLANO
MOTRIZ	14 [in]	2.75[in]	600[mm]	1	10
COLA	14 [in]	65[mm]	600[mm]	1	12
POLINES (TODOS LOS POLINES SON PLANOS CEMA CLASE B)					
	DIÁMETRO RODILLO	DIÁMETRO EJE	ANCHO RODILLO	CANTIDAD	PLANO
IMPACTO	4 [in]	17[mm]	600[mm]	5	7
CARGA	4 [in]	17[mm]	600[mm]	13	6
RODILLOS DE RETORNO	4 [in]	17[mm]	60[mm]	9	8
RUEDAS DEFLECTORAS					
	DIÁMETRO RUEDA	DIÁMETRO EJE	ANCHO RUEDA	CANTIDAD	PLANO
RUEDA	500 [mm]	50 [mm]	50 [mm]	4	15

C

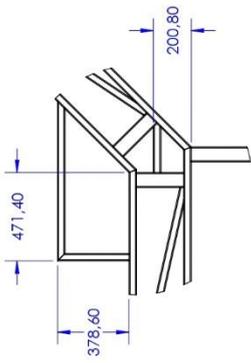
B

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO		APROBÓ: NELSON C.			
PROYECCIÓN DE TERCER ÁGULO		REVISÓ : NELSON C.			
		DIBUJÓ : VICTOR Q.			
LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR		TÍTULO: BANDA TRANSPORTADORA INCLINADA SECCIÓN MOLIENDA DE CRUDO 2		PESO: DIBUJO N° MATERIAL: VARIOS	
		ESCALA HOJA 2 DE 17		TAMAÑO: A4	

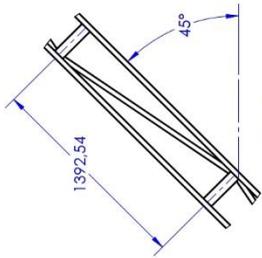
A



		APROBÓ: NELSON C.
		REVISÓ: NELSON C.
		DIBUJÓ: VICTOR Q.
		TÍTULO: BANDA TRANSPORTADORA INCLINADA SECCIÓN MOIENDA DE CRUDO 2
TODAS LAS COIAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO		PESO: 2.5T   DIBUJO N° 1   MATERIAL: VARIOS
LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR		ESCALA 1:50   HOJA 3 DE 20   TAMAÑO: A2

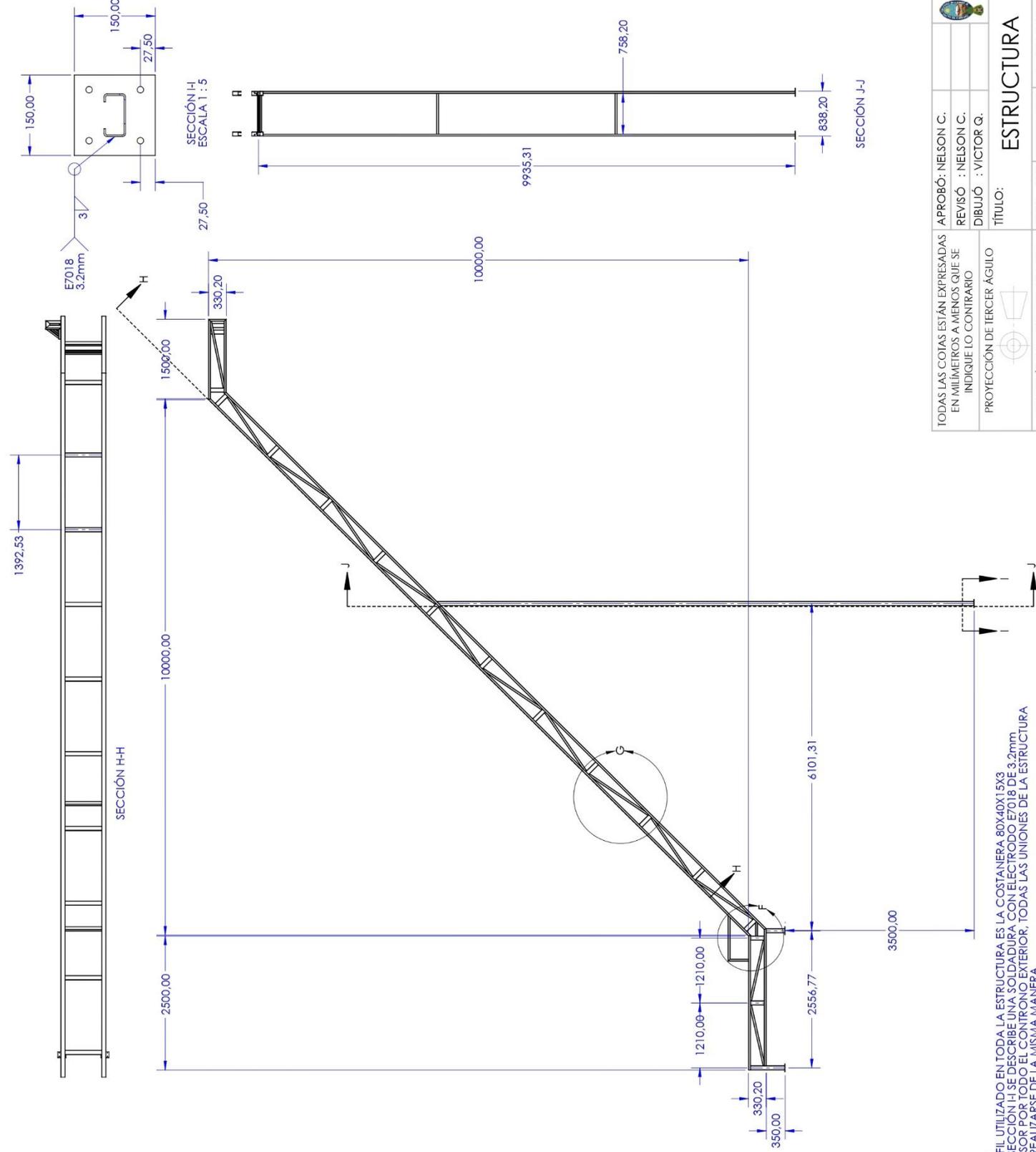


DETAILLE F  
ESCALA 1:20



DETAILLE G  
ESCALA 1:25

LISTA DE CORTES PARA PIEZA SOLDADA		
Nº DE ELEMENTO	CANTIDAD	LONGITUD
1	1	838.2
2	2	2516.57
3	2	630.2
4	3	758.2
5	2	2596.77
6	24	678.2
7	28	250.2
8	4	14158.7
9	2	1500
10	2	1379.8
11	2	340
12	4	1157.37
13	4	1296.9
14	16	1336.17
15	2	9951.31
16	2	850
17	2	378.6
18	2	261.77
19	2	330.2
20	2	294.4
21	2	280.9
22	1	200
23	2	333.72
24	2	1268.15



SECCIÓN H-H

SECCIÓN I-I  
ESCALA 1:5

SECCIÓN J-J

NOTAS:  
 - EL PERFIL UTILIZADO EN TODA LA ESTRUCTURA ES LA COSTANERA 80X40X1.5X3  
 - EN LA SECCIÓN H SE DESCRIBE UNA SOLDADURA CON ELECTRODO E7018 DE 3.2mm DE ESPESOR POR TODO EL CONTRONO EXTERIOR, TODAS LAS UNIONES DE LA ESTRUCTURA DEBEN REALIZARSE DE LA MISMA MANERA

**UMSA**  
60 años

APROBÓ: NELSON C.  
 REVISÓ: NELSON C.  
 DIBUJÓ: VÍCTOR Q.

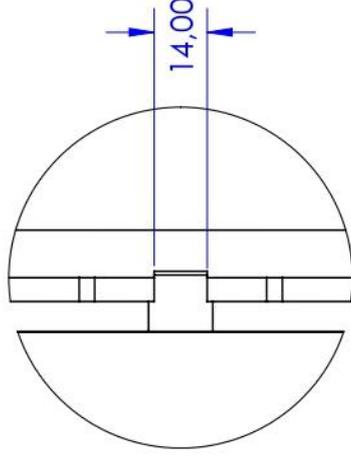
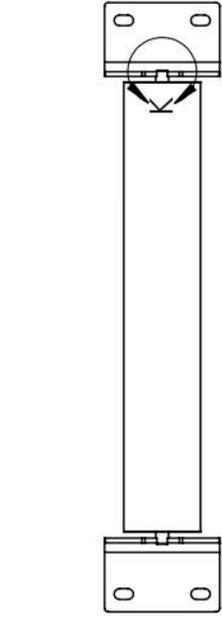
TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO

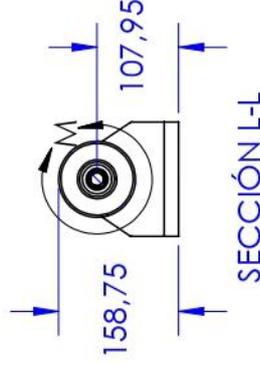
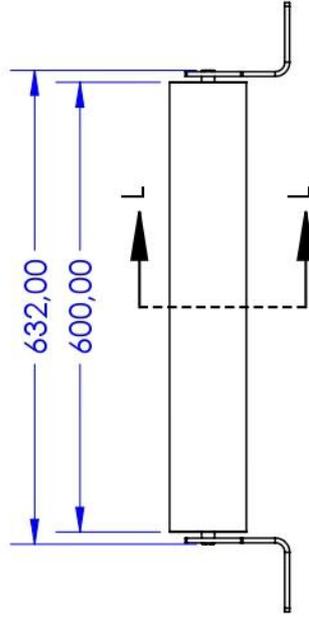
LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

TÍTULO: **ESTRUCTURA**

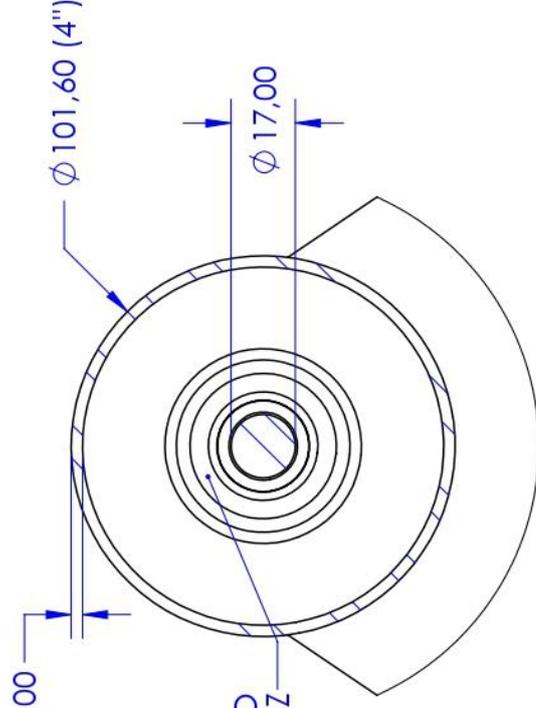
PESEO: .63 T | DIBUJO Nº 2 | MATERIAL: ASTM A36 Acero  
 ESCALA 1:50 | HOJA 4 DE 17 | TAMAÑO: A2



DETALLE K  
ESCALA 1 : 2



SECCIÓN L-L



DETALLE M  
ESCALA 1 : 2

NOTA:  
-EN EL HOJA 8 SE DAN LAS MEDIDAS  
DE LA ESTACIÓN DE CARGA

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS  
EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE  
INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE  
Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL  
SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.

REVISÓ : NELSON C.

DIBUJÓ : VICTOR Q.

TÍTULO:

**POLIN DE CARGA**

PESO: 8.8kg DIBUJO Nº 3 MATERIAL: VARIOS

ESCALA 1:10 HOJA 5 DE 17

TAMAÑO: A4



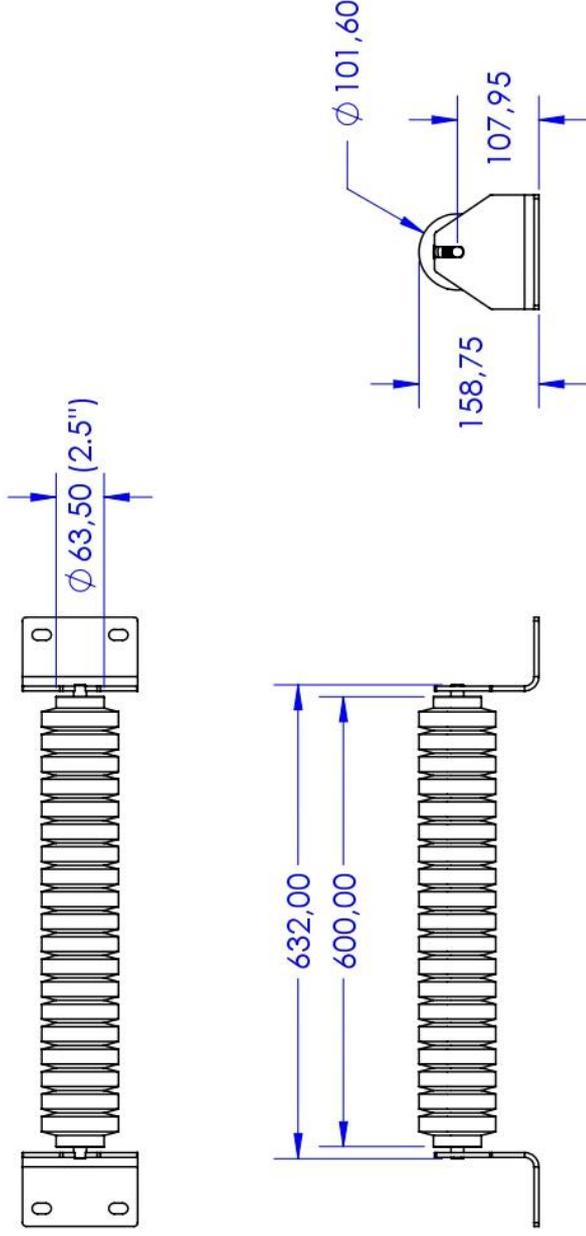
D

D



C

C



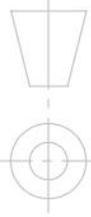
B

B

**NOTAS**  
 - LA ESTACION UTILIZADA PARA EL POLIN DE IMPACTO ES LA MISMA QUE SE UTILIZA PARA EL POLIN DE CARGA  
 - EL EJE Y LOS RODAMIENTOS SON IDENTICOS A LOS DEL POLIN DE CARGA

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.

REVISÓ : NELSON C.

DIBUJÓ : VICTOR Q.

TÍTULO:

**POLIN DE IMPACTO**

PESO: 8.8kg DIBUJO N° 4 MATERIAL: VARIOS

ESCALA 1:10 HOJA 6 DE 17 TAMAÑO: A4



A

A

6

5

4

3

2

1

D

D

C

C

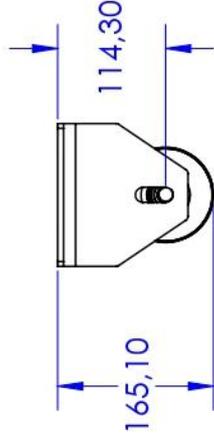
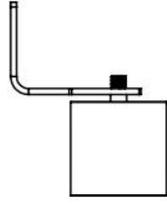
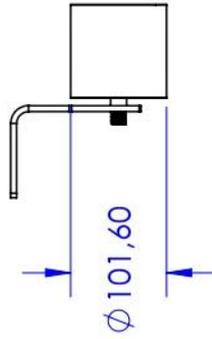
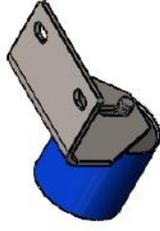
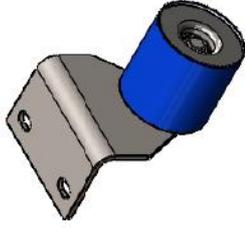
B

B

A

A

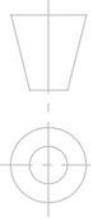
6 5 4 3 2 1



**NOTAS**  
 - EL EJE Y LOS RODAMIENTOS SON IDENTICOS A LOS DEL POLIN DE CARGA  
 - EN EL HOJA 8 SE DAN LAS MEDIDAS DE LA ESTACION DE RETORNO

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.

REVISÓ : NELSON C.

DIBUJÓ : VICTOR G.

TÍTULO:

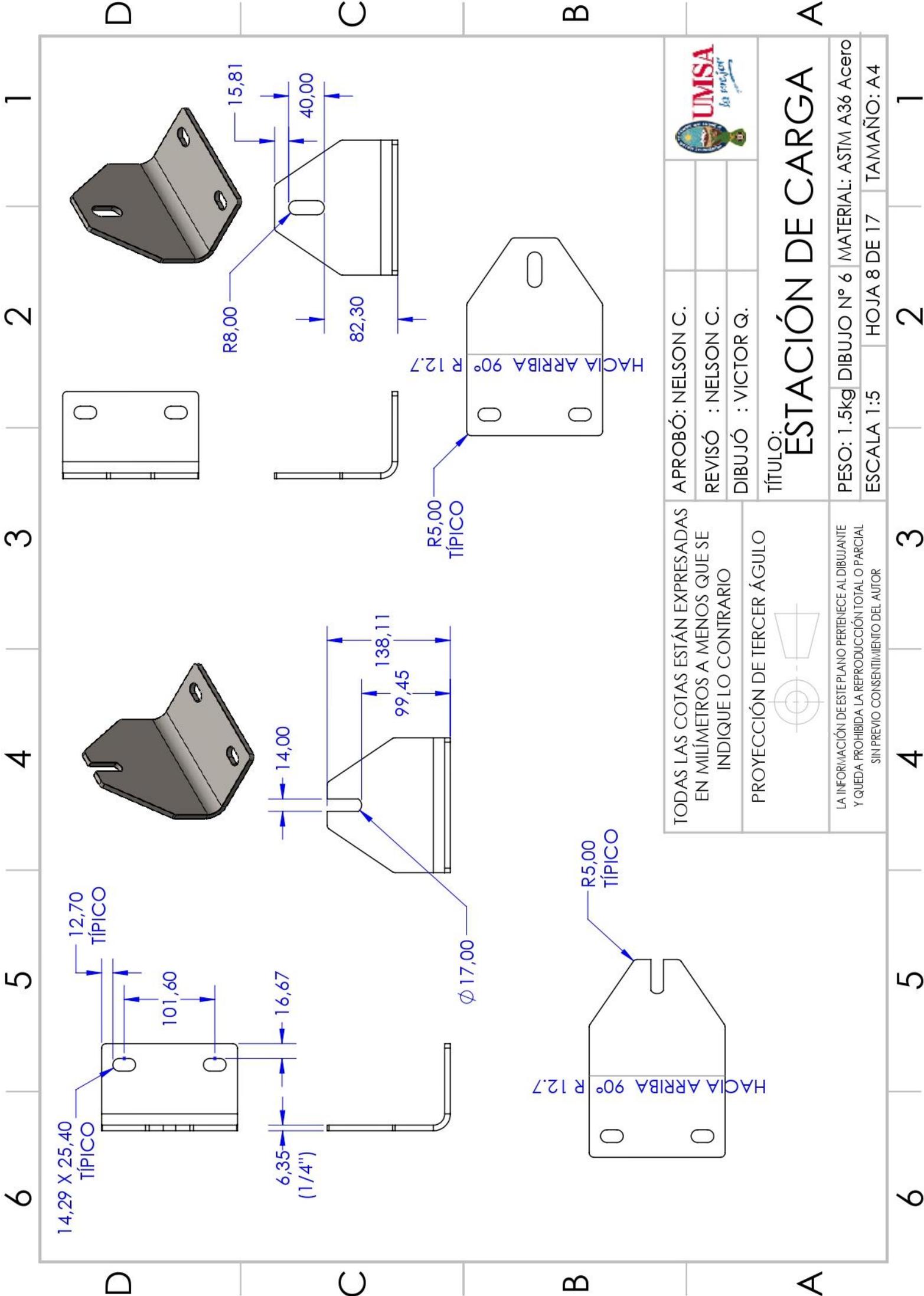
# RODILLOS DE RETORNO



PESO: 5.5kg DIBUJO N° 5 MATERIAL: VARIOS

ESCALA 1:8 HOJA 7 DE 17 TAMAÑO: A4

6 5 4 3 2 1



TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO

LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.

REVISÓ : NELSON C.

DIBUJÓ : VICTOR G.

TÍTULO: **ESTACIÓN DE CARGA**

PESO: 1.5kg DIBUJO N° 6 MATERIAL: ASTM A36 Acero

ESCALA 1:5 HOJA 8 DE 17 TAMAÑO: A4



6 5 4 3 2 1

D C B A

6 5 4 3 2 1

D

D

14,00  
2,00 X 45°  
TÍPICO

C

C

$\phi 355,60$   
(14'')

SKF SY 2 3/4 UTF

B

DETALLE O  
ESCALA 1 : 2

B

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

APROBÓ: NELSON C.

REVISÓ : NELSON C.

DIBUJÓ : VICTOR Q.

TÍTULO:

PROYECCIÓN DE TERCER ÁGULO

LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

TAMBOR MOTRIZ

PESO: 51kg DIBUJO N° 7 MATERIAL: VARIOS

ESCALA 1:10 HOJA 9 DE 17 TAMAÑO: A4

A

6

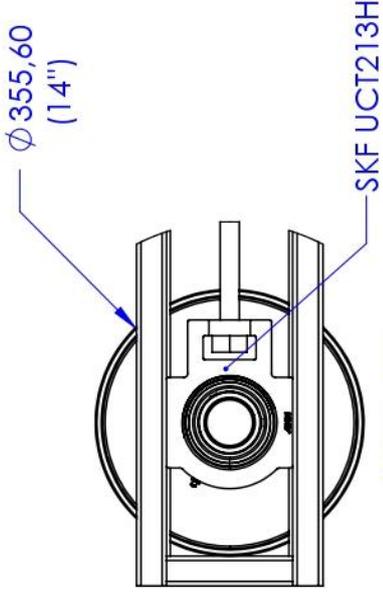
5

4

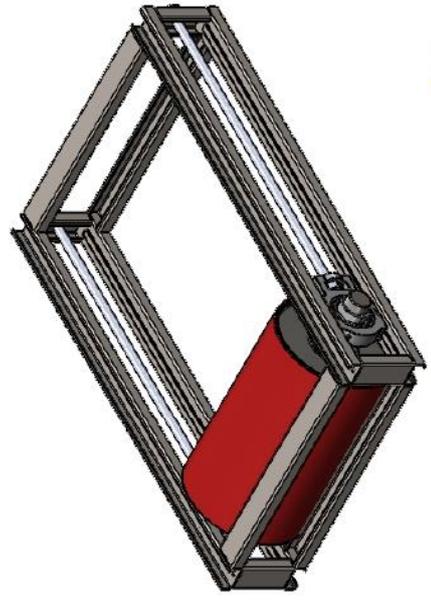
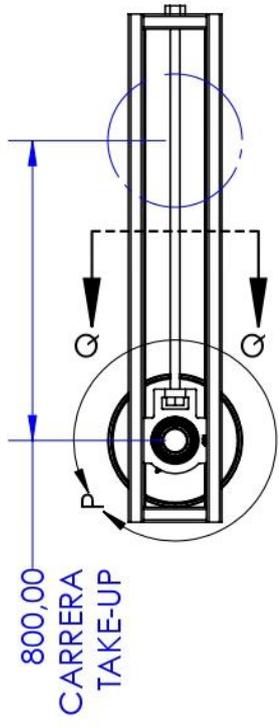
3

2

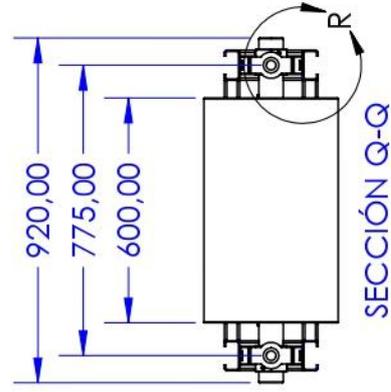
1



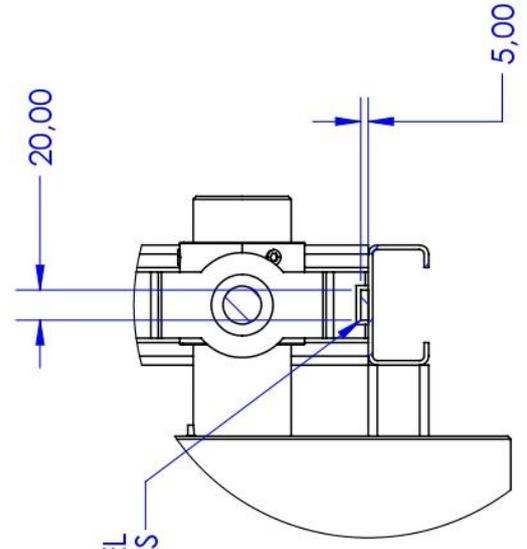
DETALLE P  
ESCALA 1 : 10



RIEL  
CHUMASERAS



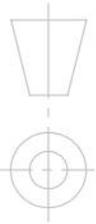
DETAJER  
ESCALA 1 : 5



NOTAS  
 - EL TAKE UP SE DETALLA EN EL PLANO 11

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS  
 EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE  
 INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE  
 Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL  
 SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.  
 REVISÓ : NELSON C.  
 DIBUJÓ : VICTOR Q.

TÍTULO:

# TAMBOR DE COLA

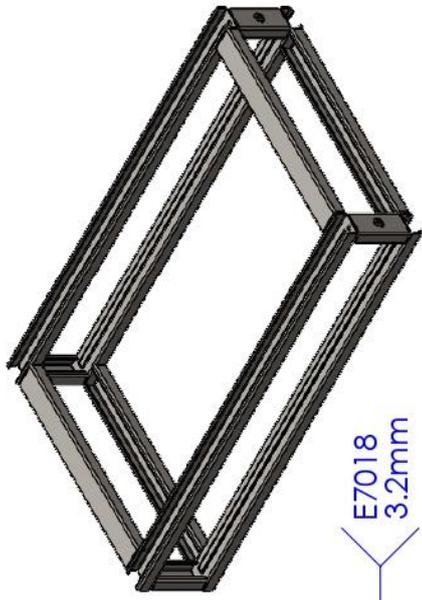
PESO: 51kg DIBUJO N° 8 MATERIAL: VARIOS  
 ESCALA 1:20 HOJA 10 DE 17 TAMAÑO: A4



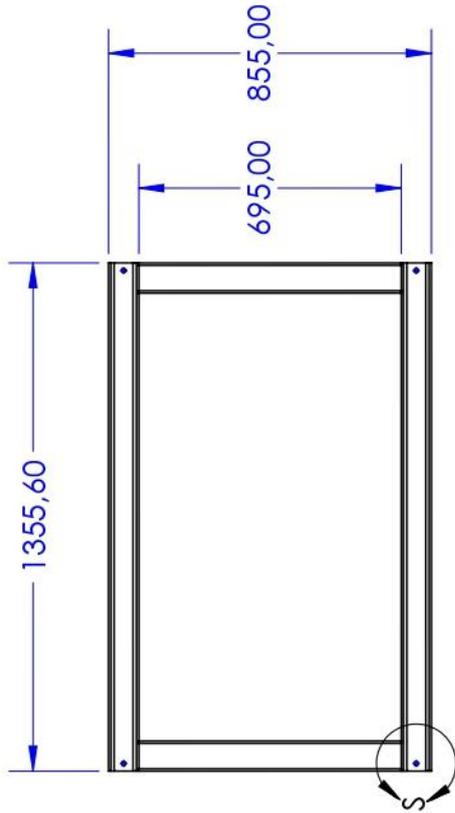
D

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	LONGITUD
1	2	167
2	4	695
3	4	1355,6
3	2	167

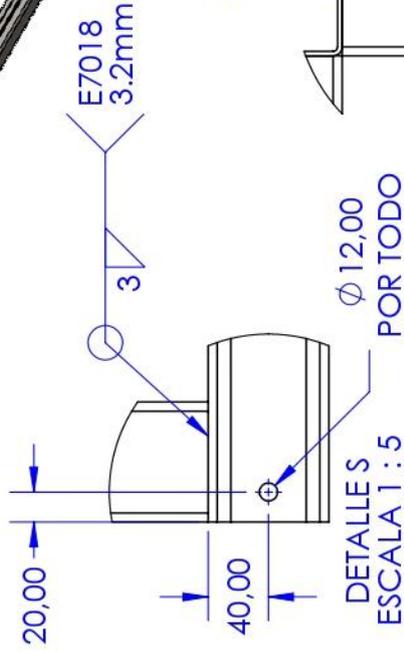
D



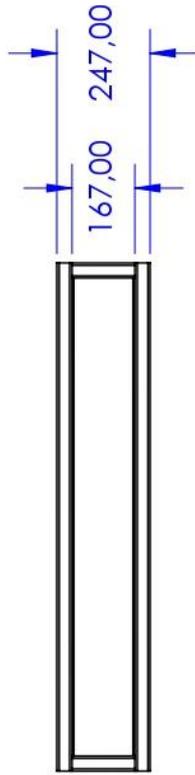
C



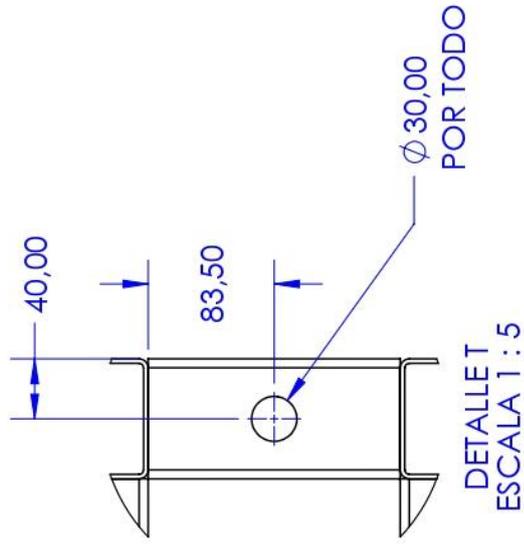
C



B



B

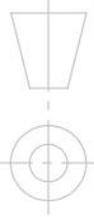


A

NOTA  
- EL PERFIL UTILIZADO PARA LOS CORTES  
COSTANERA 80X40X15X3  
-EL DETALLE S MUESTRA UN SIMBOLO DE  
SOLDADURA, ESTE DEBE CONSIDERARSE  
PARA UNIR TODOS LOS ELEMENTOS DEL  
TAKE-UP

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS  
EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE  
INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE  
Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL  
SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.

REVISÓ : NELSON C.

DIBUJÓ : VICTOR Q.

TÍTULO:

**ESTRUCTURA TAKE-UP**

PESO: 24kg DIBUJO N° 8 MATERIAL: ASTM A36 Acero

ESCALA 1:20 HOJA 11 DE 17 TAMAÑO: A4



6

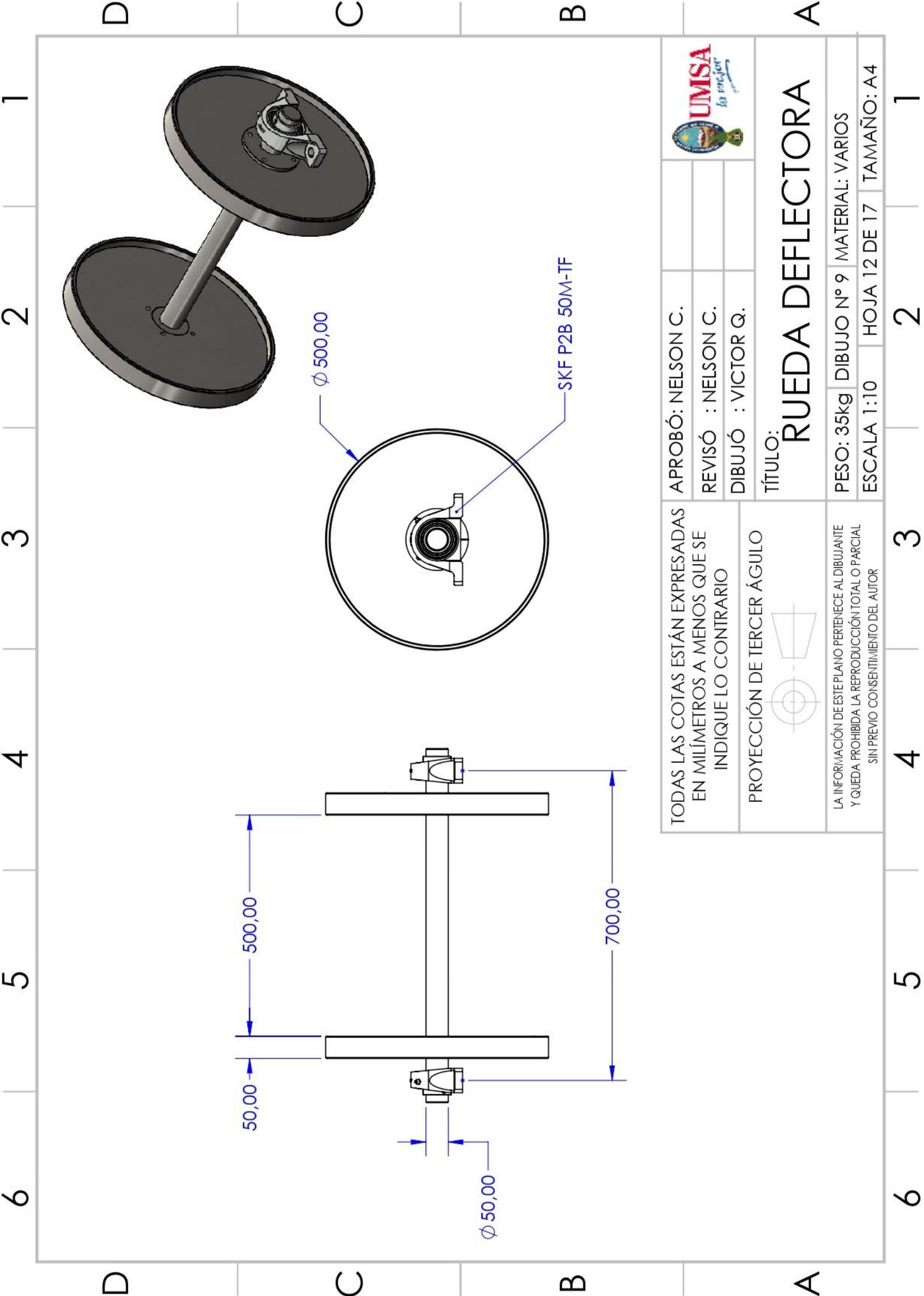
5

4

3

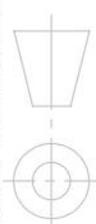
2

1



TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁGULO



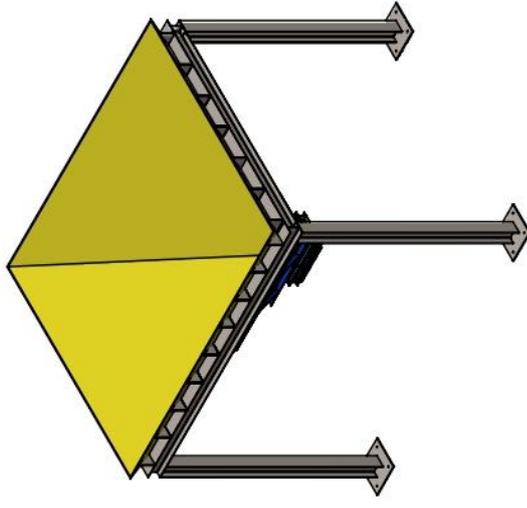
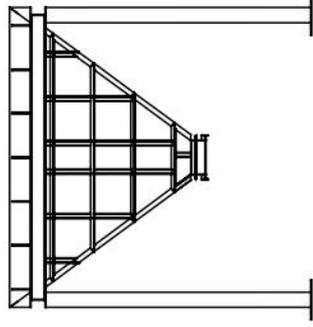
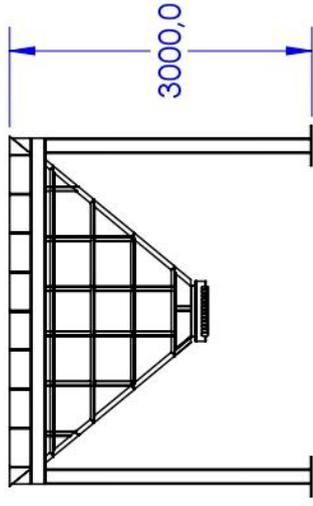
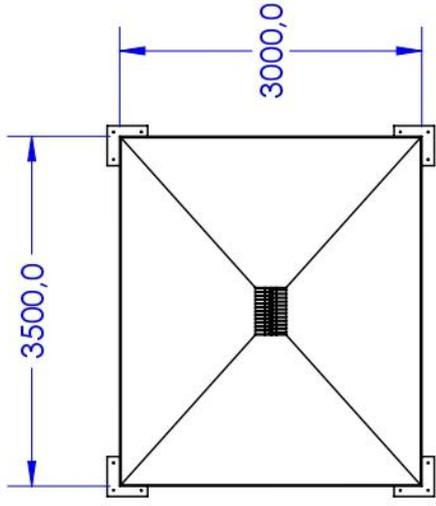
LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.  
 REVISÓ : NELSON C.  
 DIBUJÓ : VICTOR Q.



TÍTULO: **RUEDA DEFLECTORA**

PESO: 35kg DIBUJO N° 9 MATERIAL: VARIOS  
 ESCALA 1:10 HOJA 12 DE 17 TAMAÑO: A4

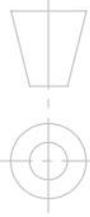


FICHA TÉCNICA

CAPACIDAD	7.2[m3]
MATERIAL	FLUORITA (CaF2)
DENSIDAD APARENTE	1.71 [g/cm3]
PESO DE LLENADO	12.3[ton]
ALTURA TOTAL	3[m]
ANCHO	3.5[m]
PROFUNDIDAD	3[m]

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.  
 REVISÓ : NELSON C.  
 DIBUJÓ : VICTOR Q.

TÍTULO:

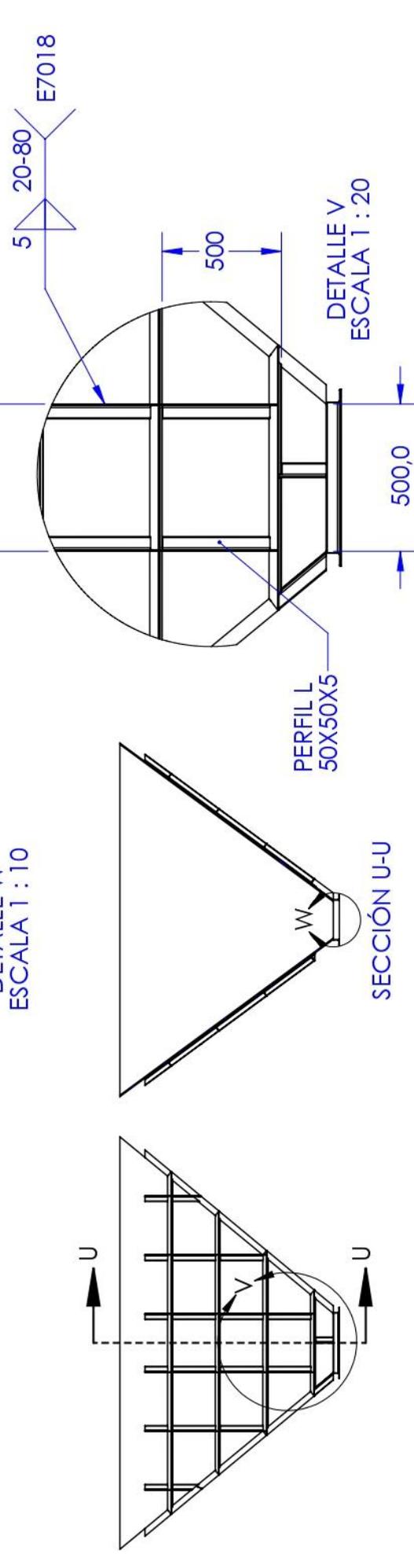
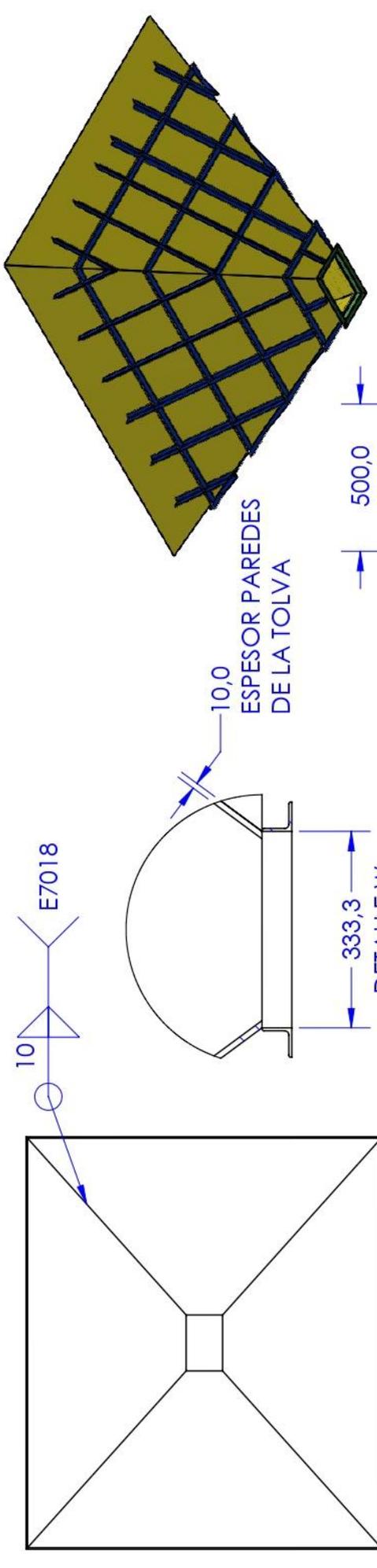
# TOLVA DE CARGA

PESO: 2.3 T DIBUJO N° 1 MATERIAL: ASTM A36  
 ESCALA 1:75 HOJA 13 DE 17 TAMAÑO: A4



6 5 4 3 2 1

D C B A



TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO

LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

UMISA

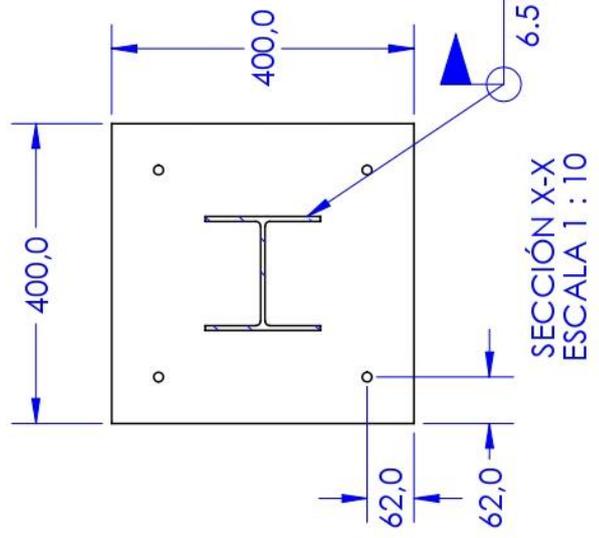
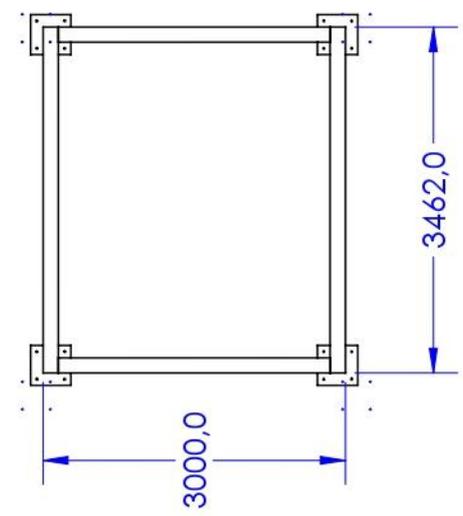
APROBÓ :  
REVISÓ :  
DIBUJÓ :  
TÍTULO: **TOLVA DE CARGA**

PESO: 1.68T DIBUJO N° 2 MATERIAL:  
ESCALA 1:50 HOJA 14 DE 17 TAMAÑO: A4

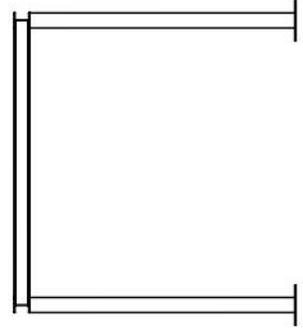
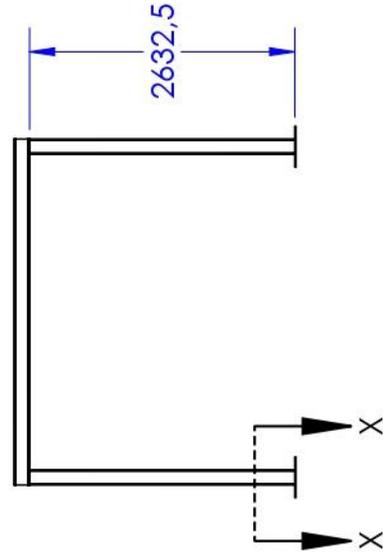
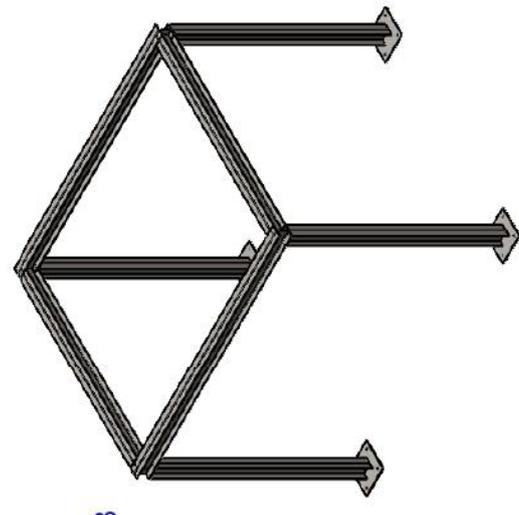
NOTAS:  
-LA SEPARACIÓN ENTRE LOS ANGULARES ES 0.5m TANTO EN VERTICAL COMO EN HORIZONTAL  
-EN EL DETALLE U EL SIMBOLO DE SOLDADURA DEBE TOMARSE EN CUENTA PARA SOLDAR TODOS LOS ANGULARES

6 5 4 3 2 1

6 5 4 3 2 1



N° de elemento	Cantidad	Descripción	Longitud
1	2	W6x15	3461.96
2	2	W6x15	2842.01
3	4	W6x15	2632.46
4	4		



TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁGULO

LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

NOTAS:  
 -EN EL DETALLE EN LA SECCIÓN X-X EL SIMBOLO DE SOLDADURA DEBE TOMARSE EN CUENTA PARA SOLDAR TODOS LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

APROBÓ: VICTOR Q.

REVISÓ : NELSON C.

DIBUJÓ : VICTOR Q.

TÍTULO:  
**ESTRUCTURA TOLVA DE CARGA**

PESO: 0.62T DIBUJO N° 3 MATERIAL: ASTM A36 Acero  
 ESCALA 1:75 HOJA 15 DE 17 TAMAÑO: A4



D

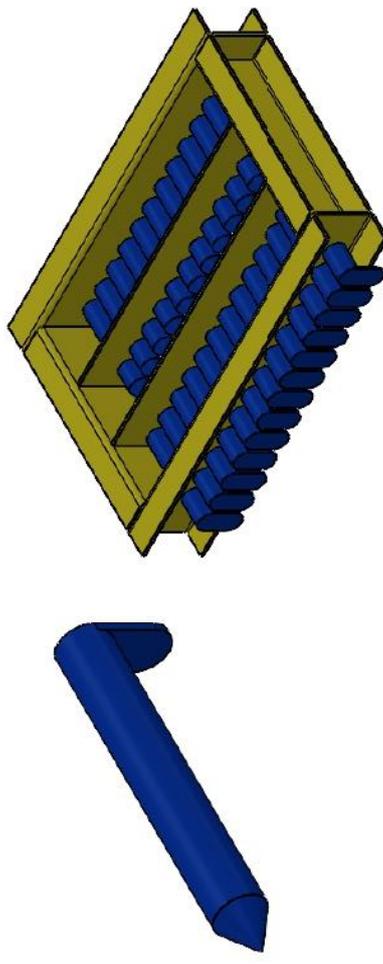
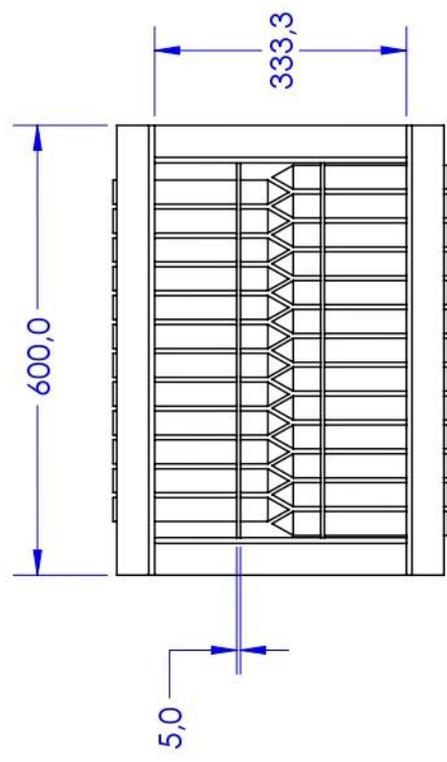
C

B

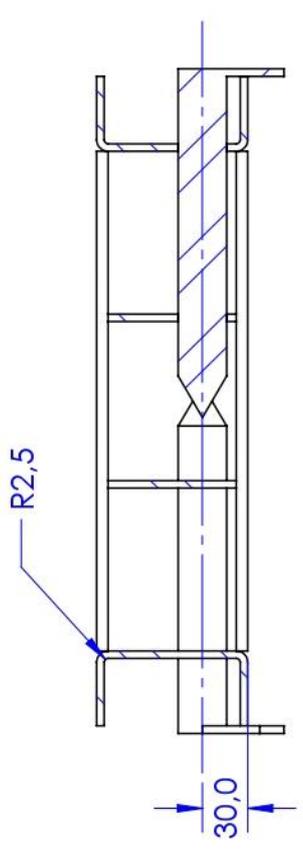
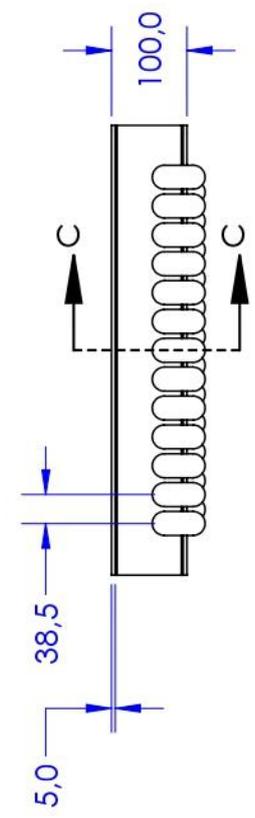
A

6 5 4 3 2 1

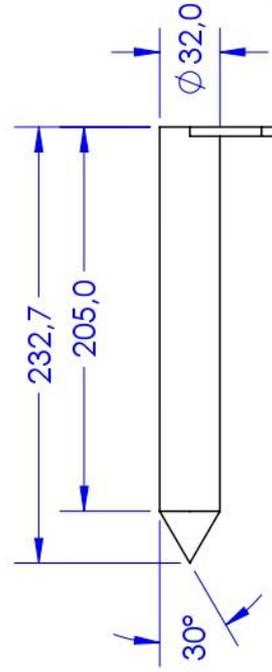
6 5 4 3 2 1



D

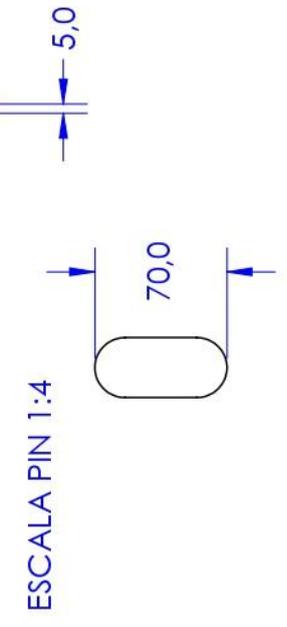


C



SECCIÓN C-C  
ESCALA 1:5

B

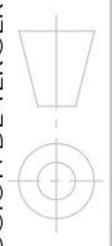


ESCALA PIN 1:4

A

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

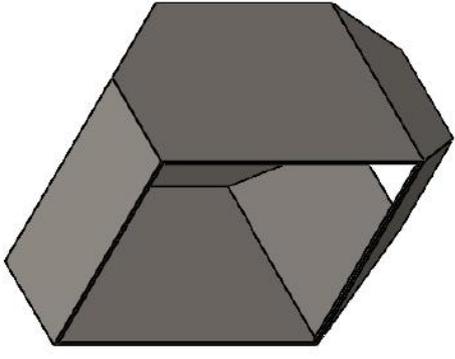
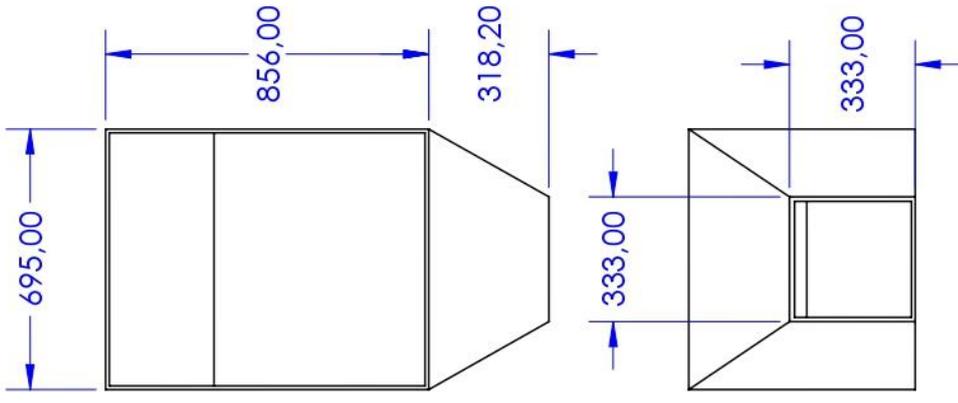
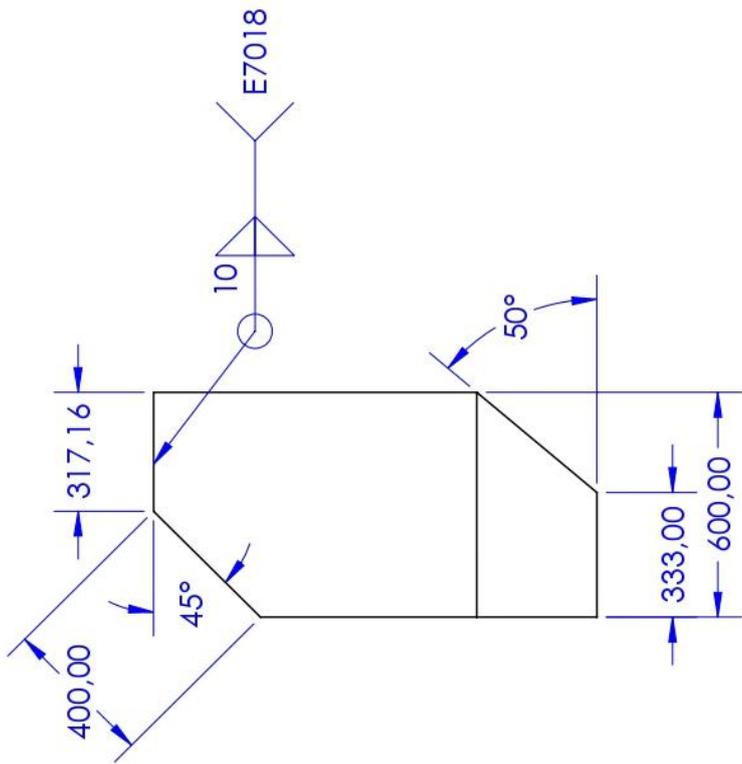
APROBÓ: NELSON C.  
REVISÓ : NELSON C.  
DIBUJÓ : VICTOR Q.



TÍTULO:  
**COMPUERTA DE PINES**

PESO: 55kg DIBUJO N° 4 MATERIAL: ASTM A36  
ESCALA 1:10 HOJA 16 DE 17 TAMAÑO: A4

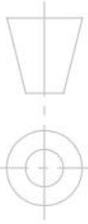
6 5 4 3 2 1



NOTAS  
- EL ESPESOR DE LA PLANCHA ES DE 10mm

TODAS LAS COTAS ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO



LA INFORMACIÓN DE ESTE PLANO PERTENECE AL DIBUJANTE Y QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

APROBÓ: NELSON C.  
REVISÓ : NELSON C.  
DIBUJÓ : VICTOR Q.



TÍTULO:

# CHUTE DE DESCARGA

PESO: 0.2T DIBUJO Nº 1 MATERIAL: ASTM A36 Acero  
ESCALA 1:20 HOJA 17 DE 17 TAMAÑO: A4

6	5	4	3	2	1
D	C	B	A		

## **Anexo II - Hojas de proceso**

UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI ANDREAE												
HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA												
Responsable:			Sistema:					Peso bruto <i>kg</i>		Peso neto <i>kg</i>		
Victor Filemon Quispe Baptista			Estructural					630860		630860		
Supervisor:			Elemento:					Material:				
Ing. Nelson Condorena Ávila			Estructura					C80X40X15X3 - ASTM A36				
No de hoja:	Designación:	Código de plano:	Cantidad:			Costo Bs/kg		Costo Mat/pieza				
4			1			8.55		4,920.00				
Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo de mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]
10	Trazar cotas en el material en bruto	Regla, rayador, etc	0.143	1	1.143	1.143	1.143	88.77	21.91	101.46	25.04	126.5
20	Cortar las piezas	Sierra sensitiva	0.143	8	8.143	8.143	8.143	88.77	21.91	722.85	178.41	901.26
30	Quitar rebabas	Amoladora	0.143	2	2.143	2.143	2.143	88.77	21.91	190.23	46.95	237.18
40	Soldar	Soldador eléctrico	0.143	14	14.143	14.143	14.143	88.77	21.91	1255.47	309.87	1565.34
50	Amolar exceso de soldadura	Amoladora	0.143	2	2.143	2.143	2.143	88.77	21.91	190.23	46.95	237.18
60	Verificar dimensiones	Flexometro	0.143	1	1.143	1.143	1.143	88.77	21.91	101.46	25.04	126.5
70	Montar estructura	Grúa Brazo telescópico	0.143	3	3.143	3.143	3.143	88.77	454.42	279	1428.24	1707.24
INSUMOS								TOTALIZACIÓN DE COSTOS				
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad				Por cada pieza Bs		Por todas las piezas Bs		
1	Varilla rosca	Unidad	8	41.56				Costo de mano de obra		2840.7	2840.7	
2	Electrodo	kg	20	23.8				Costo de materiales		4,920.00	4920	
3	Teurca hexagonal	Unidad	16	0.94				Costo de maquinaria y herramientas		2060.5	2060.5	
								Costo de insumos		823.52	823.52	
			total	823.52				<b>COSTO TOTAL</b>		<b>10644.72</b>	<b>10644.72</b>	



Observaciones

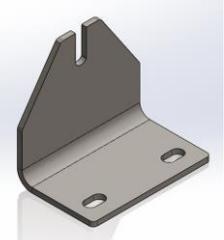
Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas TM: Técnico mecánico



HOJA DE PROCESOS Y COSTOS

PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA

Responsable:	Sistema:	Peso bruto <i>kg</i>	Peso neto <i>kg</i>
Victor Fite Mon Quispe Baptista	Transporte	1.5	1.5
Supervisor:	Elemento:	Material:	
Ing. Nelson Condorena Ávila	Estación de carga	Plancha 1/4" - ASTM A36	
No de hoja:	Designación:	Código de plano:	Cantidad:
9	-	-	18
			Costo Bs/kg
			11.65
			Costo Mat/pieza
			17.48



Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]
10	Cortar CNC plasma	CNC plasma	0.1	0.3	0.4	7.2	7.2	86.59	60.7	623.45	437.04	1060.49
20	Quitar Rebabas	Amoladora	0.1	0.15	0.25	4.5	4.5	86.59	15.5	389.66	69.75	459.41
30	Doblar a 90°	Amoladora	0.1	0.1	0.2	3.6	3.6	86.59	11	311.72	39.6	351.32
40	Verificar dimensiones	Flexometro	0.1	0.2	0.3	5.4	5.4	86.59	2	467.59	10.8	478.39

Observaciones

INSUMOS					TOTALIZACIÓN DE COSTOS		
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad	Por cada pieza Bs		Por todas las piezas Bs
					Costo de mano de obra		99.58
					Costo de materiales		11.65
					Costo de maquinaria y herramientas		30.96
					Costo de insumos		0
			total	0	<b>COSTO TOTAL</b>		<b>142.19</b>
							<b>2559.42</b>

Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas TM: Técnico mecánico



HOJA DE PROCESOS Y COSTOS

PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA

Responsable:	Sistema:	Peso bruto <i>kg</i>	Peso neto <i>kg</i>
Victor Ffremón Quispe Bantista	Transporte	1.5	1.5
Supervisor:	Elemento:	Material:	
Ing. Nelson Condorena Ávila	Estación de retorno	Plancha 1/4" - ASTM A36	

No de hoja:	Designación:	Código de plano:	Cantidad:	Costo Bs/kg	Costo Mat/pieza
9	-	-	9	11.65	17.48



Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]
10	Cortar CNC plasma	CNC plasma	0.1	0.3	0.4	3.6	3.6	86.59	60.7	311.72	218.52	530.24
20	Quitar Rebabas	Amoladora	0.1	0.15	0.25	2.25	2.25	86.59	15.5	194.83	34.88	229.71
30	Doblar a 90°	Amoladora	0.1	0.1	0.2	1.8	1.8	86.59	11	155.86	19.8	175.66
40	Verificar dimensiones	Flexometro	0.1	0.2	0.3	2.7	2.7	86.59	2	233.79	5.4	239.19

Observaciones

INSUMOS

TOTALIZACIÓN DE COSTOS

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad	Por cada pieza Bs	Por todas las piezas Bs
					99.58	896.22
					11.65	104.85
					30.96	278.64
					0	0
			total	0	<b>142.19</b>	<b>1279.71</b>

Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas TM: Técnico mecánico

HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA												
Responsable:			Sistema:					Peso bruto <i>kg</i>		Peso neto <i>kg</i>		
Victor Filemon Quispe Baptista			Transporte					33.5		33.5		
Supervisor:			Elemento:					Material:				
Ing. Nelson Condorena Ávila			Estructura TakeUp					Plancha 1/4" - ASTM A36				
No de hoja:	Designación:	Código de plano:	Cantidad:					Costo Bs/kg		Costo Mat/pieza		
13	-	-	1					8.55		286.43		
Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]
10	Trazar cotas en el material en bruto	Regla, rayador, etc	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	88.77	2	53.26	1.2	54.46
20	Cortar las piezas	Sierra sensitiva	0.1	1	1.1	1.1	1.1	88.77	21.91	97.65	24.1	121.75
30	Quitar rebabas	Amoladora	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	88.77	21.91	35.51	8.76	44.27
40	Soldar	Soldador eléctrico	0.1	1	1.1	1.1	1.1	88.77	21.91	97.65	24.1	121.75
50	Amolar exceso de soldadura	Amoladora	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	88.77	21.91	53.26	13.15	66.41
60	Verificar dimensiones	Flexometro	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	88.77	2	26.63	0.6	27.23
INSUMOS								TOTALIZACIÓN DE COSTOS				
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad				Por cada pieza Bs		Por todas las piezas Bs		
1	Electrodo	kg	1	23.8				Costo de mano de obra		363.96		
2	Disco de corte	Unidad	1	44.6				Costo de materiales		8.55		
								Costo de maquinaria y herramientas		71.91		
								Costo de insumos		68.4		
			total	68.4				<b>COSTO TOTAL</b>		<b>512.82</b>		



Observaciones

Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas

TM: Técnico mecánico

HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA												
Responsable:		Sistema:					Peso bruto <i>kg</i>		Peso neto <i>kg</i>			
Victor Filemon Quispe Baptista		Carga					613.3		613.3			
Supervisor:		Elemento:					Material:					
Ing. Nelson Condorena Ávila		Estructura Tolva de carga					W6X15 - ASTM A36					
No de hoja:	Designación:	Código de plano:			Cantidad:			Costo Bs/kg		Costo Mat/pieza		
4	-	-			1			12.48		7,656.00		
Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]
10	Trazar cotas en el material en bruto	Regla, rayador, etc	0.1	0.7	0.8	0.8	0.8	88.77	21.91	71.02	17.53	88.55
20	Cortar las piezas	Sierra sensitiva	0.1	3	3.1	3.1	3.1	88.77	21.91	275.19	67.92	343.11
30	Quitar rebabas	Amoladora	0.1	1	1.1	1.1	1.1	88.77	21.91	97.65	24.1	121.75
40	Soldar	Soldador eléctrico	0.1	4	4.1	4.1	4.1	88.77	21.91	363.96	89.83	453.79
50	Amolar exceso de soldadura	Amoladora	0.1	1	1.1	1.1	1.1	88.77	21.91	97.65	24.1	121.75
60	Verificar dimensiones	Flexometro	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	88.77	21.91	53.26	13.15	66.41
70	Montar estructura	Grúa Brazo telescópico	0.1	2	2.1	2.1	2.1	88.77	454.42	186.42	954.28	1140.7
INSUMOS							TOTALIZACIÓN DE COSTOS					
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad				Por cada pieza Bs		Por todas las piezas Bs		
1	Varilla rosca	Unidad	8	41.56		Costo de mano de obra		1145.15		1145.15		
2	Electrodo	kg	5	23.8		Costo de materiales		7,656.00		7656		
3	Teurca hexagonal	Unidad	16	0.94		Costo de maquinaria y herramientas		1190.91		1190.91		
						Costo de insumos		466.52		466.52		
			total	466.52		<b>COSTO TOTAL</b>		<b>10458.58</b>		<b>10458.58</b>		



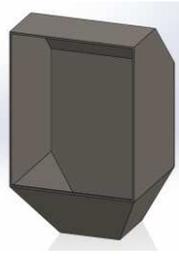
Observaciones

Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas TM: Técnico mecánico

HOJA DE PROCESOS Y COSTOS													
PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA													
Responsable:			Sistema:						Peso bruto kg		Peso neto		
Victor Filemon Quispe Baptista			Carga y descarga						1795		613.3		
Supervisor:			Elemento:						Material:				
Ing. Nelson Condorena Ávila			Tolva de carga y chute de descarga						Plancha 2X1X10 - ASTM A36				
No de hoja:	Designación:	Código de plano:	Cantidad:			Costo Bs/kg			Costo Mat/pieza				
4	-	-	1			17.49			31,386.00				
Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]	Costo por pieza
10	Cortar CNC plasma	CNC plasma	0.2	2	2.2	2.2	2.2	86.59	60.7	190.5	133.54	324.04	
20	Trazar cotas en el material en bruto	Regla, rayador, etc	0.1	1	1.1	1.1	1.1	88.77	2	97.65	2.2	99.85	
30	Cortar las piezas	Sierra sensitiva	0.1	1.5	1.6	1.6	1.6	88.77	21.91	142.03	35.06	177.09	
40	Quitar rebabas	Amoladora	0.1	0.75	0.85	0.85	0.85	88.77	21.91	75.45	18.62	94.07	
50	Soldar	Soldador eléctrico	0.1	3	3.1	3.1	3.1	88.77	21.91	275.19	67.92	343.11	
60	Amolar exceso de soldadura	Amoladora	0.1	1.5	1.6	1.6	1.6	88.77	21.91	142.03	35.06	177.09	
70	Verificar dimensiones	Flexometro	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	88.77	21.91	53.26	13.15	66.41	
80	Montar estructura	Grúa Brazo telescópico	1	2	3	3	3	88.77	454.42	266.31	1363.26	1629.57	
INSUMOS									TOTALIZACIÓN DE COSTOS				
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad					Por cada pieza Bs		Por todas las piezas Bs		
1	Disco de corte	Unidad	1	44.6		Costo de mano de obra			1051.92		1051.92		
2	Electrodo	kg	5	23.8		Costo de materiales			31,386.00		31386		
						Costo de maquinaria y herramientas			1535.27		1535.27		
						Costo de insumos			163.6		163.6		
			total	163.6		<b>COSTO TOTAL</b>			<b>34136.79</b>		<b>34136.79</b>		

Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas

TM: Técnico mecánico

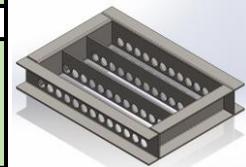


Observaciones

UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI ANDREÆ													
HOJA DE PROCESOS Y COSTOS													
PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA													
Responsable:		Sistema:						Peso bruto <i>kg</i>		Peso neto			
Victor Filemon Quispe Baptista		Carga y descarga						1.4		1.4			
Supervisor:		Elemento:						Material:					
Ing. Nelson Condorena Ávila		Pin						Tubo macizo 32mm - ASTM A36					
No de hoja:	Designación:	Código de plano:				Cantidad:		Costo Bs/kg		Costo Mat/pieza			
2	-	-				25		11.56		16.18			
Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]	Costo por pieza
10	Trazar cotas en el material en bruto	Regla, rayador, etc	0.01	0.01	0.02	0.5	0.5	86.59	2	43.3	1	44.3	Observaciones
20	Cortar las piezas	Sierra sensitiva	0.05	0.08	0.13	3.25	3.25	86.59	21.91	281.42	71.21	352.63	
30	Quitar rebabas	Amoladora	0.1	0.3	0.4	10	10	86.59	21.91	865.9	219.1	1085	
40	Torneado	Torno	0.1	0.5	0.6	15	15	86.59	51.3	1298.85	769.5	2068.35	
50	Soldar	Soldador eléctrico	0.1	0.2	0.3	7.5	7.5	86.59	21.91	649.43	164.33	813.76	
60	Amolar exceso de soldadura	Amoladora	0.05	0.1	0.15	3.75	3.75	86.59	21.91	324.71	82.16	406.87	
70	Verificar dimensiones	Flexometro	0.01	0.1	0.11	2.75	2.75	86.59	2	238.12	5.5	243.62	
INSUMOS								TOTALIZACIÓN DE COSTOS					
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad						Por cada pieza Bs		Por todas las piezas Bs	
1	Electrodo	kg	2	23.8				Costo de mano de obra		148.07		3701.75	
2	Disco de corte	Unidad	1	44.6				Costo de materiales		11.56		289	
3	Cuchilla	unidad	2	34.3				Costo de maquinaria y herramientas		52.51		1312.75	
								Costo de insumos		160.8		160.8	
			total	160.8				<b>COSTO TOTAL</b>		<b>372.94</b>		<b>9323.5</b>	
Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas TM: Técnico mecánico													



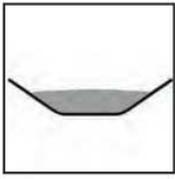
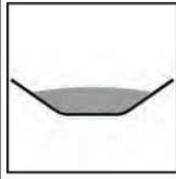
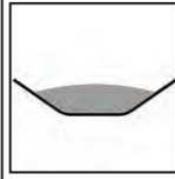
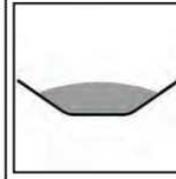
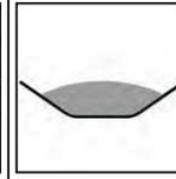
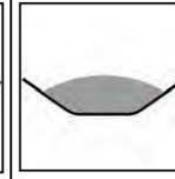
HOJA DE PROCESOS Y COSTOS												
PROYECTO DE UN COMPACTADOR DE ENVASES DE ALUMINIO DE X LATAS HORA												
Responsable:		Sistema:					Peso bruto <i>kg</i>		Peso neto <i>kg</i>			
Victor Filemon Quispe Baptista		Transporte					15.3		15.3			
Supervisor:		Elemento:					Material:					
Ing. Nelson Condorena Ávila		Estación de retorno					Plancha 1/4" - ASTM A36					
No de hoja:	Designación:	Código de plano:			Cantidad:			Costo Bs/kg		Costo Mat/pieza		
9	-	-			1			11.65		178.25		
Proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [hr]	Tiempo de ejecución [hr]	Tiempo acumulado por pieza [hr]	Tiempo por todas las piezas [hr]	Mano de obra [hr]	Costo mano de obra [Bs/hr]	Costo máquina herramienta [Bs/hr]	Costo mano de obra por proceso [Bs]	Costo de herramienta por proceso [Bs]	Costo por pieza acumulado [Bs]
10	Cortar CNC plasma	CNC plasma	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	88.77	60.7	53.26	36.42	89.68
20	Quitar Rebabas	Amoladora	0.1	0.15	0.25	0.25	0.25	88.77	21.91	22.19	5.48	27.67
30	Doblar a 90°	Amoladora	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	88.77	21.91	35.51	8.76	44.27
40	Soldar	Soldador eléctrico	0.1	1	1.1	1.1	1.1	88.77	21.91	97.65	24.1	121.75
50	Amolar exceso de soldadura	Amoladora	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	88.77	21.91	35.51	8.76	44.27
60	Verificar dimensiones	Flexometro	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	88.77	2	26.63	0.6	27.23
INSUMOS								TOTALIZACIÓN DE COSTOS				
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/Unidad				Por cada pieza Bs		Por todas las piezas Bs		
1	Electrodo	kg	0.25	23.8				Costo de mano de obra		270.75		
								Costo de materiales		11.65		
								Costo de maquinaria y herramientas		84.12		
								Costo de insumos		5.95		
			total	5.95				<b>COSTO TOTAL</b>		<b>372.47</b>		
Nota todos los costos están en Bs y los tiempos en horas TM: Técnico mecánico												



Observaciones

# **Anexo III - Tablas y Gráficos**

**CEMA 2017**

Flow					
Very Free Flowing 1*	Free Flowing 2*	Average Flowing 3*			Sluggish 4*
Equivalent Flow Function Ranges (FF)					
> 10	> 4 to < 10	> 2 to < 4			< 2
Angle of Surcharge (degrees)					
5°	10°	15°	20°	25°	30°
					
Angle of Repose (degrees)					
10° to 19°	20° to 25°	26° to 29°	30° to 34°	35° to 39°	> 40°
Uniform size, very small rounded particles, either very wet or very dry such as dry silica sand, cement, wet concrete etc.	Rounded, dry polished particles of medium weight such as whole grain and beans, etc.	Regular granular materials such as fertilizer, sand and washed gravel, etc.	Irregular, granular or lumpy materials of medium weight, such as anthracite coal, cotton seed meal, clay, etc.	Typical common bulk materials such as bituminous coal, stone, most ores, etc.	Irregular., stringy, fibrous, sticky materials such as wood chips, bagasse, tempered foundry sand, etc.

\*Numerical Rating refers to Material Class Descriptions

**Table 3.3**  
Table of flowability

Application	Common Belt Speed Ranges	Limiting Factor(s)
Free flowing non-abrasive materials like whole grains	400 to 1200 fpm (2.0 to 6.0 m/s)	Material degradation and dust generation
Clay, soft ores, overburden and earth, fine crushed stone.	600 to 1400 fpm (3.0 to 7.0 m/s)	Material degradation, dust generation and component wear
Heavy, hard, sharp edged ore, coarse crushed stone, refuse	400 to 1200 fpm (2.0 to 6.0 m/s)	Belt and chute wear, noise
Coal, lignite, petroleum coke	500 to 1400 fpm (2.5 to 7.0 m/s)	Material degradation, dust generation, spillage and noise
Wood chips, biomass and bagasse	200 to 500 fpm (1.0 to 2.5 m/s)	Dust generation and chute pluggage
Lime, clinker and cement	400 to 800 fpm (2.0 to 4.0 m/s)	Dust generation and component wear
Discharge by belt plows	200 to 400 fpm (1.0 to 2.0 m/s)	Discharge spillage, plow and belt wear
Belt feeders	50 to 100 fpm (0.25 to 0.5 m/s)	Liner and belt wear
Stackers, reclaimers and loaders	400 to 1000 fpm (2.0 to 5.0 m/s)	Material degradation, dust generation, spillage and noise
Trippers	300 to 500 fpm (1.5 to 2.5 m/s)	Dust generation and spillage
Overland conveyors	1000 to 2000 fpm (5.0 to 10.0 m/s)	Conveyor path, material degradation, dust generation, spillage and noise

**Table 4.3**  
Recommended belt speed ranges

Material	Characteristics	Code
Size	Very Fine - 100 Mesh and Under	A
	Fine - 1/8-inch (3 mm) and Under	B
	Granular - Under 7-inch (178 mm)	C
	Lumpy - Containing Lumps Under 16-inch (406 mm)	D
	Irregular - Stringy, Interlocking, Mats Together	E
Flowability Angle of Repose	Very Free Flowing - Angle of Repose < 19 deg.	1
	Free Flowing - Angle of Repose 20 to 29 deg.	2
	Average Flowing - Angle of Repose 30 to 39 deg.	3
	Sluggish - Angle of Repose > 40 deg.	4
Abrasiveness	Nonabrasive	5
	Abrasive	6
	Very Abrasive	7
	Very Sharp - Cuts or Gouges Belt Covers	8
Miscellaneous Characteristics (More than one may apply)	Very Dusty	L
	Aerates and Develops Fluid Characteristics	M
	Contains Explosive Dust	N
	Sticky - Adheres Easily	O
	Contaminable, Affecting Sale or Use	P
	Degradable, Affecting Sale or Use	Q
	Gives Off Harmful Fumes or Dust	R
	Highly Corrosive	S
	Mildly Corrosive	T
	Hygroscopic	U
	Interlocks or Mats	V
	Oils or Chemicals Present - May Affect Rubber	W
	Packs Under Pressure	X
	Very Light and Fluffy - May be Wind Swept	Y
Elevated Temperature	Z	

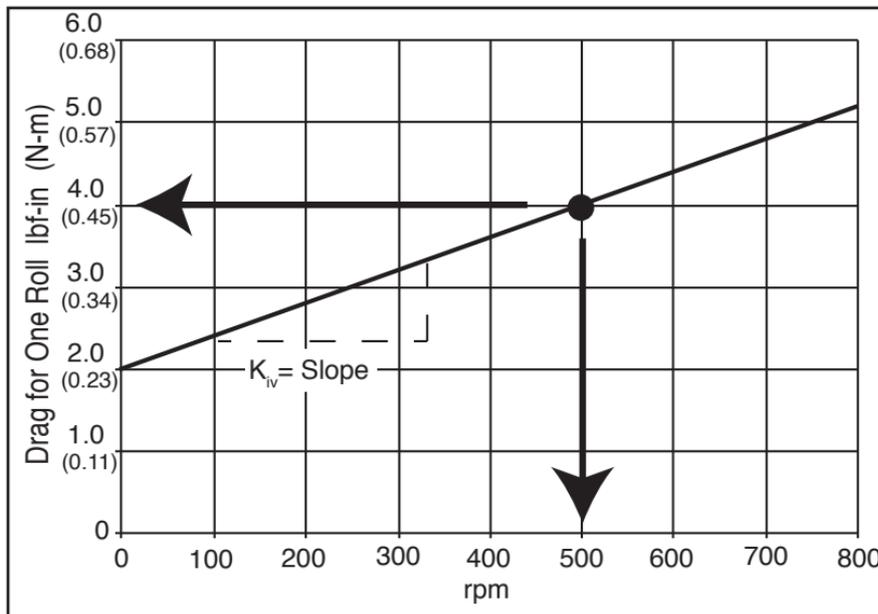
**Table 3.4**  
CEMA material classification code system

Belt Width, BW (in)	18	24	30	36	42	48	54	60	72	84	96	108	120
Standard Edge Distance (in)	1.89	2.22	2.55	2.88	3.21	3.54	3.87	4.20	4.86	5.52	6.18	6.84	7.50
*Belt Width, BW (mm)	500	600	800	1000	N/A	1200	1400	1600	1800	2000	2400	2800	3000
*Standard Edge Distance (mm)	50	56	67	78	N/A	89	100	111	122	133	155	177	188
* Imperial and metric belt widths and standard edge distances do not correspond exactly. Calculated using the CEMA standard belt edge formula													

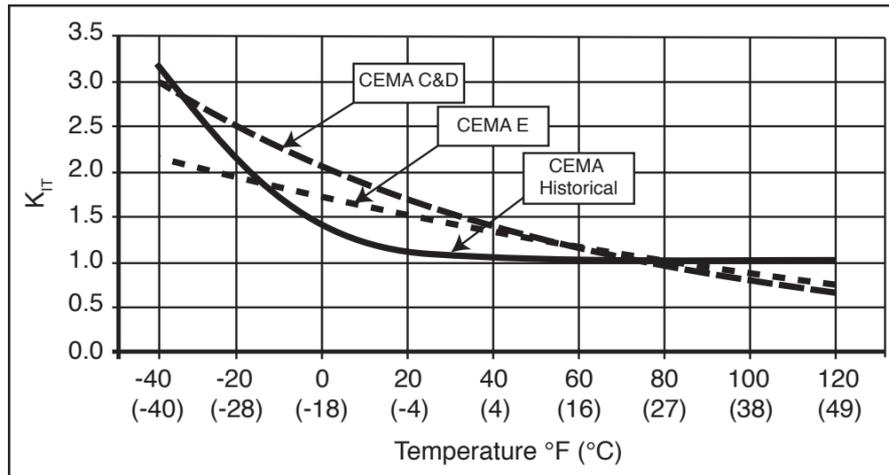
**Table 4.6**  
CEMA standard belt edge distance

CEMA Idler Class	Roll Diameter in (mm)	Belt Width Range in (mm)
B4	4 (102)	18 through 48 (457 through 1219)
B5	5 (127)	18 through 48 (457 through 1219)
C4	4 (102)	18 through 60 (457 through 1524)
C5	5 (127)	18 through 60 (427 through 1524)
C6	6 (154)	24 through 60 (610 through 1524)
D5	5 (127)	24 through 72 (610 through 1829)
D6	6 (154)	24 through 72 (610 through 1829)
E6	6 (154)	36 through 96 (914 through 2438)
E7	7 (179)	36 through 96 (914 through 2438)
F6	6 (154)	60 through 96 (1524 through 2438)
F7	7 (179)	60 through 96 (1524 through 2438)
F8	8 (203)	60 through 96 (1524 through 2438)

**Table 5.1**  
CEMA Idler Classification System



**Figure 6.24**  
Drag from a single idler roll



**Figure 6.27**  
 $K_{Tp}$  Temperature correction factor curve for CEMA C, D and E idler rolls

CEMA Idler Series	$K_{is}$ lbf-in (N-mm)	$K_{iv}$ lbf-in/rpm (N-mm/rpm)	$K_{ITa}$	$K_{ITb}$
			$R^{-1} (K^{-1})$	
B	3.00 (339)	0.004 (0.452)	198	-0.0100 (-0.0180)
C	3.25 (367)	0.004 (0.452)	198	-0.0100 (-0.0180)
D	4.00 (452)	0.004 (0.452)	198	-0.0100 (-0.0180)
E	7.25 (819)	0.003 (0.339)	36	-0.0067 (-0.121)

These four "K" constants provide an accurate estimate of maximum average seal drag to anticipate from CEMA Member company products. The  $R_{is}$  and  $R_{iv}$  Modifying Factors give insight into the range of differences between CEMA Member company designs. The use of the actual values is justified in some cases. When using actual values it is important to have all six coefficients specific to the roller.

**Table 6.29**  
 $K$ , Constants for idler seal torsional resistance

CEMA Idler Series	Tapered Roller Bearing	Deep Groove Ball Bearing
B	0.0015	0.00125
C	0.0017	0.00145
D	0.0017	0.00185
E	0.0029	0.00255

**Table 6.34**  
 $C_{iw}$ , Idler torsional resistance factor

Temp (°C)	Typical Type I			Typical Type II LRR		
	$w_{RL}$ (kN/m)	$W_{RIRR}$ (N/m)	$K_{bit}$ (dimensionless)	$w_{RL}$ (kN/m)	$W_{RIRR}$ (N/m)	$K_{bit}$ (dimensionless)
40	1	8.9	0.0089	1	6.0	0.0060
40	5	60.3	0.0121	5	41.5	0.0080
40	10	149.8	0.0150	10	110.2	0.0110
40	15	265.3	0.0179	15	206.5	0.0140
40	20	416.6	0.0210	20	312.4	0.0160
20	1	9.6	0.0096	1	7.0	0.0070
20	5	64.1	0.0130	5	46.7	0.0090
20	10	163.4	0.0160	10	119.1	0.0120
20	15	294.6	0.0196	15	222.3	0.0148
20	20	441.9	0.0221	20	331.2	0.0166
10	1	8.9	0.0089	1	7.0	0.0070
10	5	60.4	0.0121	5	46.5	0.0093
10	10	164.2	0.0164	10	119.8	0.0120
10	15	294.0	0.0196	15	223.5	0.0149
10	20	462.0	0.0231	20	336.4	0.0168
0	1	10.3	0.0103	1	7.7	0.0077
0	5	67.6	0.0135	5	49.8	0.0100
0	10	181.0	0.0181	10	125.4	0.0125
0	15	335.1	0.0223	15	233.9	0.0156
0	20	513.4	0.0257	20	345.9	0.0173
-10	1	11.7	0.0117	1	8.4	0.0084
-10	5	74.3	0.0149	5	53.7	0.0107
-10	10	206.4	0.0206	10	135.1	0.0135
-10	15	382.9	0.0255	15	243.4	0.0162
-10	20	603.2	0.0302	20	366.6	0.0183
-20	1	13.5	0.0135	1	10.2	0.0102
-20	5	83.6	0.0167	5	62.6	0.0125
-20	10	203.3	0.0203	10	152.3	0.0152
-20	15	369.3	0.0246	15	262.7	0.0175
-20	20	569.2	0.0285	20	396.6	0.0198

$D_{rtest} = 219 \text{ mm}$ ,  $h_{blest} = 7 \text{ mm}$ ,  $V = 3 \text{ m/s}$  Steel Cable Belts

**Table 6.61**  
Typical large sample method data for Type I and Type II rubber and Kbit results

$C_{bl}$	Application
0.38 (10)	Sliding friction factor for polymer roll on rubber belt cover
0.50 (13)	Sliding friction factor for steel roll on rubber belt cover
0.66 (17)	Sliding friction factor for urethane roll on rubber belt cover
0.75 (19)	Sliding friction factor for rubber roll on rubber belt cover

**Table 6.71**  
 $C_{bl}$ , Idler and belt friction factors for misalignment calculations

$\Delta A_{ei}$ <sup>1</sup> in (mm)	$\Delta a_{ei}$ <sup>2</sup> Deg.	Idler Mounting and Alignment Conditions <sup>3</sup>
0.25 (6)	0.25	For idlers installed on permanent rigid structure with deliberate alignment procedures.
0.50 (13)	0.50	For idlers as installed on structural steel with out any alignment procedure.
0.75 (19)	0.75	For idlers installed on independent imprecise footings.
1.50 (38)	1.50	For idlers installed in difficult mounting conditions such as unstable footings, roof hung or underground conveyors.

<sup>1</sup> The value of  $A_{ei}$  has previously been set as a single dimension regardless of mounting bolt distance or belt width

<sup>2</sup> Assuming the linear value for  $A_{ei}$  is based on a standard base 48 inch 3 equal roll troughing idler, these angular values for  $a_{ei}$  are suggested.  $\Delta A_{ei} = \tan(\Delta a_{ei}) \times A_s$ .

<sup>3</sup> Common practice is not to align idlers but to assume structure has been fabricated and installed properly. In this case use actual tolerances of idler mounting dimensions or use 0.50 (13) or 1.0 degrees as a default value.

**Table 6.72**

$\Delta A_{ei}$ , Expected installation deviation values per idler from XZ plane

Grade	Minimum Tensile Strength (psi)	Minimum Tensile Strength (Mpa)	Minimum Elongation @ Break (%)	Maximum Volume Loss ISO 4649 Part B (mm <sup>3</sup> )
I	2,500	17	400	125
II	2,000	14	400	175

**Table 7.2**

Properties of rubber covers

Adhesion Between Adjacent Plies		Adhesion Between Cover and Ply for Cover Thickness:			
Any Ply Thickness		1/32" (0.8 mm) through 1/16" (1.6 mm)		Greater than 1/16" (1.6 mm)	
30 lbf/in	5 kN/m	16 lbf/in	2.8 kN/m	25 lbf/in	4.4 kN/m

**Table 7.3**

General purpose rubber cover and ply adhesion

Class of Material	Examples	Thickness* (inch)	Thickness* (mm)
Package Handling	Cartons, Food Products	Friction to 1/32	Friction to 0.8 mm
Light or Fine Non-abrasive	Wood Chips, Pulp, Grain, Bituminous coal, Potash Ore	1/16 to 1/8 inch	1.6 to 3.2
Fine and abrasive	Sand and Gravel, Crushed Stone	1/8 to 3/16	3.2 to 4.8
Heavy, Crushed to 8-inch (203 mm)	Run of Mine Coal or Rock Ores	3/16 to 1/4	4.8 to 6.4
Heavy, Large Lumps	Hard Ores, Slag	1/4 to 5/16	6.4 to 7.9

\* Cover thicknesses are nominal values subject to manufacturers' tolerances

**Table 7.5**

Suggested minimum carry cover (top cover) thickness for normal conditions: ARPM Grade II

Operating Conditions	Thickness (inch) *	Thickness (mm) *
Non-abrasive Materials	1/32	0.8
Abrasive Materials	1/16	1.6
Impact Loading **	3/32	2.4
* Cover thicknesses are nominal values subject to manufacturers' tolerances.		
**Although an increased cover gauge does help protect the carcass if impact is severe, a correct system design that includes carcass design, top cover thickness, and impact-absorbing belt support in the conveyor loading zone is the preferred method of handling.		

**Table 7.6**

Suggested minimum pulley cover (bottom cover) thickness: ARPM Grade II

Standard Pulley Diameters and Allowable Total Indicator Runout in (mm)														
Drum Pulley	8 (203)	10 (254)	12 (305)	14 (356)	16 (406)	18 (457)	20 (508)	24 (610)	30 (762)	36 (914)	42 (1067)	48 (1219)	54 (1372)	60 (1524)
Drum TIR	0.125 (3.18)						0.188 (4.78)				0.250 (6.35)			
Wing Pulley	8 (203)	10 (254)	12 (305)	14 (356)	16 (406)	18 (457)	20 (508)	24 (610)	30 (762)	36 (914)				
Wing TIR	0.188 (4.78)													

**Table 8.7**

Standard pulley diameters and maximum permissible total indicator reading runout for common applications

Standard Steel Drum and Wing Pulley Nominal Standard Face Widths in (mm)													
12 (305)	14 (356)	16 (406)	18 (457)	20 (508)	22 (559)	26 (660)	32 (813)	38 (965)	44 (1118)	51 (1295)	57 (1448)	63 (1600)	66 (1676)
Permissible face width variance from nominal width is ± 0.125 in (3.18 mm) for Drum pulleys and ± 0.250 in (6.35 mm) for Wing pulleys													

**Table 8.10**

Standard Pulley face widths

$Q_{nat}$ Typical Capacities for Flat Flexible Cleat Belts at 45 Degree Incline* tph @ 100 fpm and 100 lbf/ft <sup>3</sup> (mtph@0.5 m/s and 1600 kg/m <sup>3</sup> )				
Belt Width in (mm) Cleat Width x Spacing in (mm)	Cleat Height in (mm)	Surcharge Angle		
		10 deg.	20 deg.	30 deg.
18 (457)  2.0 x 7.0 (50.8 x 177.8)	2.0 (50.8)	4.9 (4.3)	7.8 (6.9)	13.5 (12.0)
	2.5 (63.5)	8.5 (7.5)	13.4 (11.9)	21.2 (18.8)
	3.0 (76.2)	13.3 (11.8)	20.5 (18.2)	29.8 (26.4)
	4.0 (101.6)	26.6 (23.6)	37.3 (33.1)	48.5 (43.0)
	5.0 (127.0)	43.4 (38.5)	55.9 (49.6)	67.6 (59.9)
	6.0 (152.4)	61.9 (54.9)	75.0 (66.5)	86.6 (76.8)
24 (610)  2.0 x 10.0 (50.8 x 254.0)	2.0 (50.8)	4.1 (3.6)	6.5 (5.8)	12.2 (10.8)
	2.5 (63.5)	7.2 (6.4)	11.4 (10.1)	21.0 (18.6)
	3.0 (76.2)	11.3 (10.0)	17.8 (15.8)	31.8 (28.2)
	4.0 (101.6)	22.9 (20.3)	36.2 (32.1)	57.3 (50.8)
	5.0 (127.0)	39.5 (35.0)	60.5 (53.6)	86.4 (76.6)
	6.0 (152.4)	61.5 (54.5)	88.3 (78.3)	117.3 (104.0)
36 (914)  2 x 16 (50.8 x 406.4)	2.0 (50.8)	3.3 (2.9)	5.2 (4.6)	9.7 (8.6)
	2.5 (63.5)	5.7 (5.1)	9.1 (8.1)	16.9 (15.0)
	3.0 (76.2)	9.0 (8.0)	14.3 (12.7)	26.6 (23.6)
	4.0 (101.6)	18.4 (16.3)	29.1 (25.8)	54.2 (48.1)
	5.0 (127.0)	31.9 (28.3)	50.5 (44.8)	91.2 (80.9)
	6.0 (152.4)	50.0 (44.3)	79.2 (70.2)	134.5 (119.3)
48 (1219)  2 x 22 (50.8 x 558.8)	2.0 (50.8)	2.8 (2.5)	4.5 (4.0)	8.3 (7.4)
	2.5 (63.5)	4.9 (4.3)	7.8 (6.9)	14.5 (12.9)
	3.0 (76.2)	7.7 (6.8)	12.2 (10.8)	22.8 (20.2)
	4.0 (101.6)	15.8 (14.0)	25.0 (22.2)	46.6 (41.3)
	5.0 (127.0)	27.4 (24.3)	43.5 (38.6)	81.0 (71.8)
	6.0 (152.4)	43.1 (38.2)	68.2 (60.5)	126.7 (112.3)
60 (1524)  2 x 28 (50.8 x 711.2)	2.0 (50.8)	2.5 (2.2)	4.0 (3.5)	7.4 (6.6)
	2.5 (63.5)	4.4 (3.9)	6.9 (6.1)	12.8 (11.4)
	3.0 (76.2)	6.9 (6.1)	10.9 (9.7)	20.2 (17.9)
	4.0 (101.6)	14.0 (12.4)	22.2 (19.7)	41.4 (36.7)
	5.0 (127.0)	24.4 (21.6)	38.7 (34.3)	72.1 (63.9)
	6.0 (152.4)	38.4 (34.1)	60.8 (53.9)	113.4 (100.6)

\*For inclines less than 45 capacity increases and for inclines over 45 degrees capacity decreases.

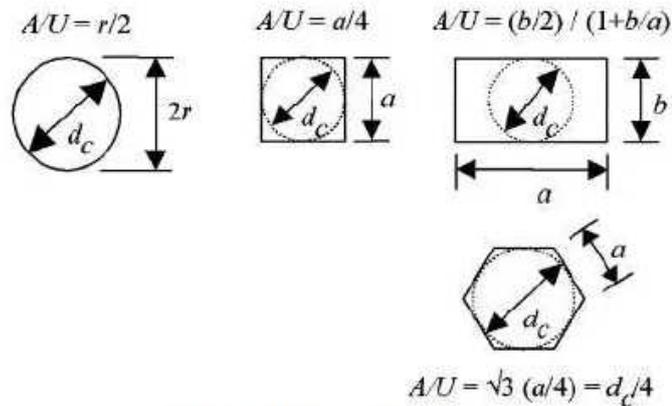
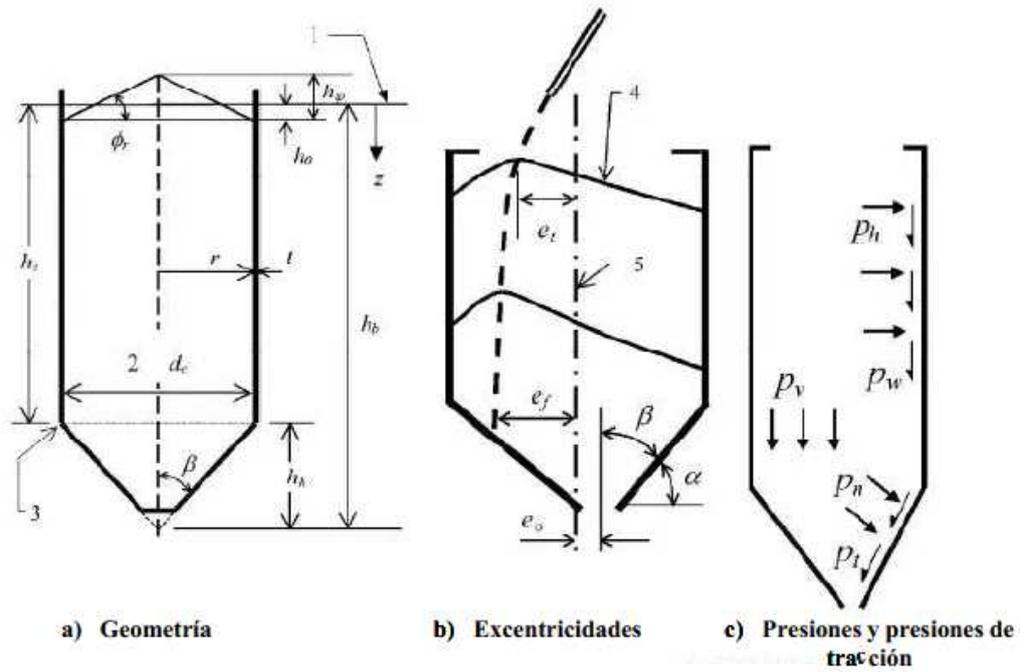
**Table 10.25**  
Approximate capacities of flexible cleat belts

<b>Loading</b>	<b>0-3 h/day</b>	<b>3-10 h/day</b>	<b>&gt; 10 h/day</b>
<b>Uniform</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.25</b>
<b>Heavy Duty</b>	<b>1.0</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>Severe</b>	<b>1.5</b>	<b>1.75</b>	<b>2.0</b>

**Table 13.20**

Typical service factors for speed reducers in conveyor applications

# **Anexo IV - Gráficos Eurocódigo 1**

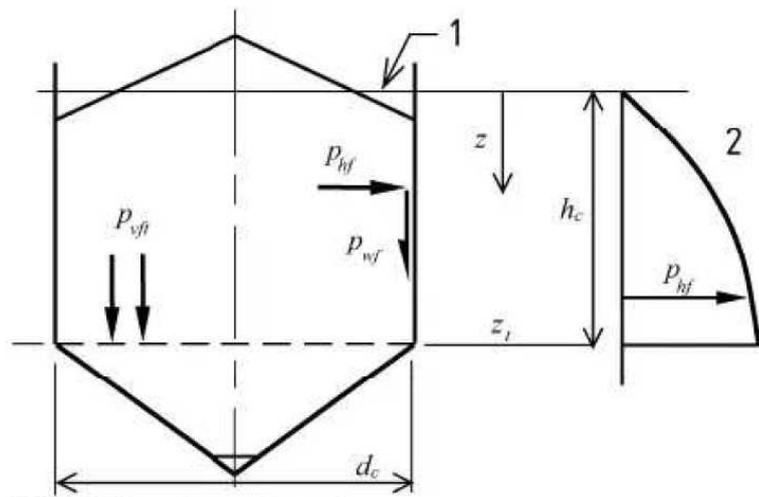


d) Formas de sección transversal

- Leyenda
- 1 Superficie equivalente
  - 2 Dimensión interior
  - 3 Transición

- 4 Perfil de la superficie cuando está lleno
- 5 Eje del silo

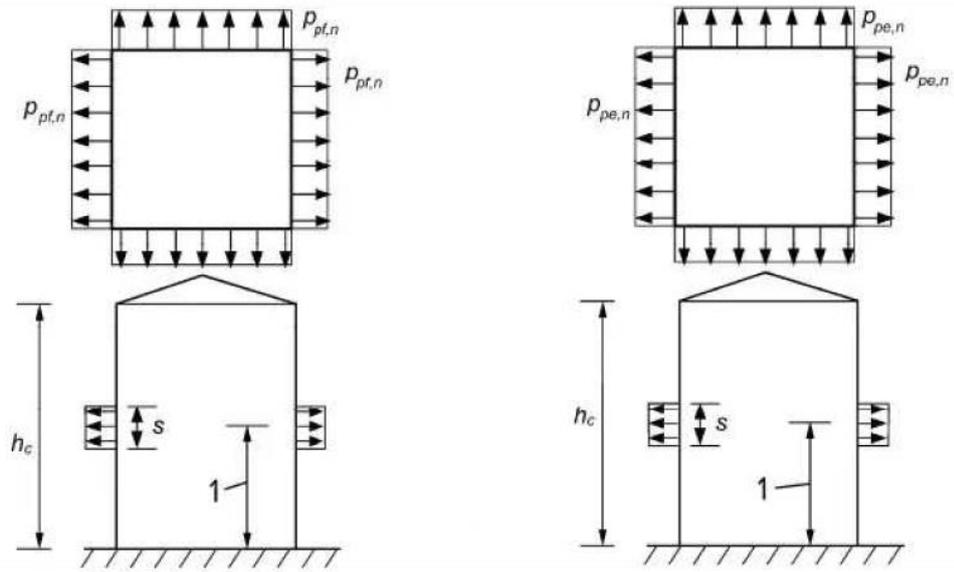
Figura 1.1 – Formas de silo con notación de las dimensiones y las presiones



Leyenda

- 1 Superficie equivalente
- 2 Presiones en el segmento de pared vertical

**Figura 5.1 – Presiones simétricas en el llenado en el segmento de pared vertical**



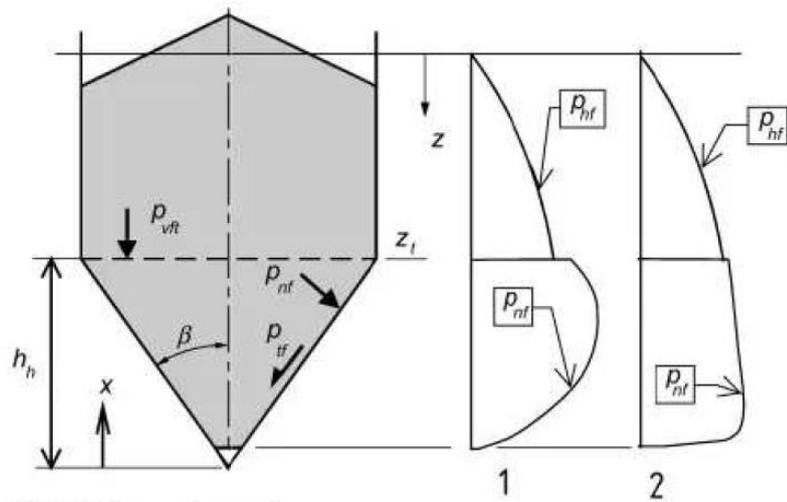
a) Presiones concentradas en el llenado

b) Presiones concentradas en la descarga

Leyenda

1 En cualquier nivel

Figura 5.3– Silos no circulares: vista en planta y alzado de las cargas concentradas



Leyenda

1 Aplanada

2 Aguda

Figura 6.2– Distribución de presiones de llenado sobre tolvas agudas y aplanadas

## **Anexo V - Tablas WEG**

**CFW900 Versión IP20 o NEMA1 380 - 480 V**

Convertidor de frecuencia CFW900					Máximo motor aplicable <sup>1)</sup>									
Referencia	Tensión de alimentación (V)	Tamaño	GBT de frenado	Corriente nominal de salida		Régimen de sobrecarga normal (ND)				Régimen de sobrecarga pesada (HD)				
						IEC		UL		IEC		UL		
						60 Hz	50 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	60 Hz	
				380 V ca	400 V ca	440 V ca	460 V ca	380 V ca	400 V ca	440 V ca	460 V ca			
ND	HD	cv	kW	cv	HP	cv	kW	cv	HP					
CFW900A02P8T4	Trifásica	380-480	A	DB	2,8	2,4	1,5	1,1	1,5	2	1	1,1	1,5	1,5
CFW900A03P6T4					3,6	2,8	2	1,5	2	2	1,5	1,1	1,5	2
CFW900A04P8T4					4,8	3,9	3	2,2	3	3	2	1,5	2	3
CFW900A06P5T4					6,5	5,3	3	3	4	5	3	2,2	3	3
CFW900A09P6T4					9,6	8	6	4	6	7,5	4	3	5	5
CFW900A14P0T4					14	12	7,5	7,5	10	10	6	5,5	7,5	7,5
CFW900A17P0T4				17	17	10	7,5	12,5	10	8	7,5	12,5	10	
CFW900B26P0T4				26	21	15	11	20	20	13	11	12,5	15	
CFW900B33P0T4				33	28	20	15	25	25	13	11	20	20	
CFW900B39P0T4				39	33	25	18,5	30	30	20	15	20	25	
CFW900C50P0T4				50	40	30	22	40	40	20	18,5	20	30	
CFW900C62P0T4				62	50	40	30	50	50	20	22	20	40	
CFW900C74P0T4			74	62	50	37	60	60	40	30	40	50		
CFW900D96P0T4			96	75	60	45	75	75	50	37	60	60		
CFW900D0124T4			124	103	75	55	100	100	60	55	75	75		
CFW900D0146T4			146	124	100	75	125	125	75	55	75	100		
CFW900E0172T4			172	146	125	90	125	150	100	75	125	125		
CFW900E0203T4			203	161	150	110	150	175	100	90	125	125		
CFW900E0242T4			242	190	175	132	200	200	125	90	150	150		

Nota: 1) Las potencias de motores son basadas en los motores trifásicos MEG W22 IR3 Premium, 4 polos, en las tensiones 380 V o 440 V. Las corrientes de motores pueden variar de acuerdo con la velocidad y el fabricante, por lo tanto, utilice las referencias de arriba solamente como orientación. El dimensionamiento correcto del CFW900 debe ser hecho con base en la corriente del motor a ser utilizado.

**FNH000**

Tamaño	Descripción	Características						
		Tensión de operación (V ca)	Capacidad de interrupción (kA)	Rango de corriente (A)	I <sub>t</sub> prearco (A <sup>2</sup> s)	I <sub>t</sub> de arco en 690 V (A <sup>2</sup> s)	Potencia disipada (W) 0,8 ln(1)	Código
000	FNH000	690	100	20	32	175	2,8	13735555
				25	46	330	3,5	13735656
				35	56	400	6,2	13737105
				40	110	670	6,2	13737107
				50	250	1.550	6,5	13737128
				63	410	2.200	8	13737129
				80	570	3.200	12	13737130
				100	980	6.200	14	13737131
				125	1.400	8.100	20,5	13737132

P <sub>N</sub> = 7,50 kW													
60Hz n1=1750				50 Hz n1=1450				i <sub>m</sub>	Tamanho	Estágios	kg		
n2 rpm	M2 Nm	fs	Fr kN	n <sub>2</sub> rpm	M <sub>2</sub> Nm	fs	Fr kN						
409.69	175	2,17	8,3	339.46	211	1,80	8,8	4,27	N05	3	74	269	
324.96	220	1,86	9,1	269.25	266	1,54	8,8	5,39	N05	3	74		
267.19	268	1,53	8,8	221.38	324	1,27	8,4	6,55	N05	3	74		
227.02	315	1,30	8,4	188.10	381	1,08	7,5	7,71	N05	3	74		
195.09	367	1,47	7,9	161.65	443	1,22	8,0	8,97	N05	3	74		
186.22	385	1,07	7,5	154.30	464	0,88	**	9,40	N05	3	74		
154.74	463	1,25	6,6	128.21	559	1,04	**	11,31	N05	3	74		
127.23	563	1,07	**	105.42	679	0,88	**	13,75	N05	3	74		
108.11	663	0,91	**	89.57	800	0,75	**	16,19	N05	3	74		
280.73	255	1,96	12,0	232.60	308	1,63	13,6	6,23	N06	3	100		271
230.82	310	1,61	11,7	191.25	375	1,34	13,3	7,58	N06	3	100		
196.12	365	1,37	11,4	162.50	441	1,14	13,0	8,92	N06	3	100		
160.87	445	1,12	11,0	133.30	537	0,93	**	10,88	N06	3	100		
152.72	469	1,45	10,7	126.54	566	1,20	12,3	11,46	N06	3	100		
125.57	570	1,26	9,8	104.04	688	1,05	**	13,94	N06	3	100		
106.69	671	1,12	9,5	88.40	810	0,93	**	16,40	N06	3	100		
87.52	818	0,98	**	72.51	988	0,81	**	20,00	N06	3	100		
221.20	324	2,81	17,0	183.28	391	2,33	17,0	7,91	N07	3	120	273	
182.23	393	2,31	17,0	150.99	474	1,92	17,0	9,60	N07	3	120		
153.88	465	1,95	17,0	127.50	562	1,62	17,0	11,37	N07	3	120		
133.36	537	1,69	17,0	110.50	648	1,40	17,0	13,12	N07	3	120		
113.44	631	1,44	17,0	93.99	762	1,19	17,0	15,43	N07	3	120		
105.33	680	2,28	17,0	87.28	821	1,89	17,0	16,61	N07	3	120		
86.77	825	1,88	17,0	71.90	996	1,56	17,0	20,17	N07	3	120		
73.28	977	1,59	17,0	60.71	1180	1,31	16,0	23,88	N07	3	120		
63.51	1128	1,37	16,4	52.62	1361	1,14	14,2	27,56	N07	3	120		
54.02	1326	1,17	14,5	44.76	1600	0,97	**	32,40	N07	3	120		
41.07	1744	0,89	**	34.03	2105	0,74	**	42,61	N07	3	120		
136.16	526	3,68	20,5	112.82	635	3,05	20,5	12,85	N08	3	157	275	
120.18	596	2,93	20,5	99.58	719	2,43	20,5	14,56	N08	3	157		
115.89	618	3,13	20,5	96.02	746	2,60	20,5	15,10	N08	3	157		
99.29	721	2,68	20,5	82.27	871	2,22	20,5	17,63	N08	3	157		
92.56	774	3,88	20,5	76.69	934	3,21	20,5	18,91	N08	3	157		
86.68	826	2,28	20,5	71.82	997	1,89	20,5	20,19	N08	3	157		
77.65	922	3,25	20,5	64.34	1113	2,69	20,5	22,54	N08	3	157		
74.50	961	1,99	20,5	61.73	1160	1,65	20,5	23,49	N08	3	157		
68.53	1045	2,87	20,5	56.78	1261	2,38	20,5	25,54	N08	3	157		
66.08	1084	2,77	20,5	54.76	1308	2,29	20,5	26,48	N08	3	157		
56.62	1265	2,37	20,5	46.91	1527	1,96	20,5	30,91	N08	3	157		
51.83	1382	2,17	20,5	42.95	1668	1,80	20,5	33,76	N08	3	157		
49.43	1449	2,07	20,5	40.95	1749	1,72	20,5	35,41	N08	3	157		
42.50	1685	1,78	20,5	35.21	2034	1,47	20,5	41,18	N08	3	157		
42.49	1686	1,78	20,5	35.20	2035	1,47	20,5	41,19	N08	3	157		
35.81	2000	1,50	20,5	29.67	2414	1,24	20,5	48,87	N08	3	157		
30.04	2384	1,26	20,5	24.89	2877	1,04	**	58,25	N08	3	157		
26.52	2701	1,11	20,5	21.97	3260	0,92	20,5	66,00	N08	3	157		
25.57	2801	1,07	20,3	21.19	3381	0,89	**	68,44	N08	3	157		
21.91	3270	0,92	**	18.15	3946	0,76	**	79,89	N08	3	157		
87.16	822	2,93	29,0	72.22	992	2,43	29,0	20,08	N09	3	205	277	
84.05	852	3,51	29,0	69.64	1029	2,91	29,0	20,82	N09	3	205		
72.71	985	3,04	29,0	60.24	1189	2,52	29,0	24,07	N09	3	205		
64.39	1112	2,51	29,0	53.35	1342	2,08	29,0	27,18	N09	3	205		
57.35	1249	3,60	29,0	47.52	1507	2,99	29,0	30,51	N09	3	205		
55.74	1285	2,18	29,0	46.19	1551	1,81	29,0	31,39	N09	3	205		
50.61	1415	2,93	29,0	41.93	1708	2,43	29,0	34,58	N09	3	205		
48.80	1468	3,07	29,0	40.43	1771	2,54	29,0	35,86	N09	3	205		
42.21	1697	2,65	29,0	34.98	2048	2,20	29,0	41,46	N09	3	205		
37.39	1916	2,35	29,0	30.98	2312	1,95	29,0	46,81	N09	3	205		
35.19	2035	2,21	29,0	29.16	2456	1,83	29,0	49,73	N09	3	205		
32.36	2213	2,03	29,0	26.82	2671	1,68	29,0	54,07	N09	3	205		
29.52	2426	1,85	29,0	24.46	2928	1,54	29,0	59,28	N09	3	205		
25.47	2812	1,60	29,0	21.10	3394	1,33	29,0	68,71	N09	3	205		
21.67	3305	1,36	29,0	17.96	3988	1,13	29,0	80,74	N09	3	205		
19.12	3745	1,20	29,0	15.85	4520	1,00	29,0	91,51	N09	3	205		
18.44	3884	1,16	29,0	15.28	4688	0,96	**	94,90	N09	3	205		
15.95	4490	1,00	**	13.22	5419	0,83	**	109,70	N09	3	205		
14.13	5069	0,89	**	11.71	6118	0,74	**	123,86	N09	3	205		

# **Anexo VI – Manual de Operación y Mantenimiento**

## Manual de Operación y Mantenimiento

### 1. Especificaciones de la cinta transportadora

Ficha Técnica Cinta Transportadora		
Capacidad Nominal	15	[MTPH]
Capacidad de diseño	18.5	[MTPH]
Ancho de la cinta	500	[mm]
Velocidad de diseño	2	[m/s]
Altura	10	[m]
Inclinación	45	[°]
Especificaciones Unidad de accionamiento		
Potencia	10	[HP]
Velocidad	1450	[rpm]
Tensión nominal	380	[V]
Número de fases	3	-
Frecuencia	50	
Factor de potencia	0.85	-
Factor de servicio	1	-
Eficiencia	90	%
Especificaciones materiales		
Material	Fluorita (CaF <sub>2</sub> )	-
Densidad aparente	1.71	[g/cm <sup>3</sup> ]
Tamaño máximo de fragmento	10	[mm]
Ángulo de reposo	35	[°]
Ángulo de carga	25	[°]

### 2. Elementos Cinta transportadora

Elemento	Características		Cantidad
Polín de impacto plano	Norma	CEMA B4	5
	Ancho	600mm	
	Diámetro eje	17mm	
	Rodamiento	6203-ZZ	
Polín de carga plano	Norma	CEMA B4	13

	Ancho	600mm	
	Diámetro eje	17mm	
	Rodamiento	6203-ZZ	
Rodillo retorno	Norma	CEMA B4	9
	Ancho	100mm	
	Diámetro eje	17mm	
	Rodamiento	6203-ZZ	
Tambor motriz	Diámetro tambor	14"	1
	Ancho tambor	600mm	
	Diámetro del eje	2,75"	
	Chumaceras	SKF SY 2 ¾ UTF	
Tambor de cola	Diámetro tambor	14"	1
	Ancho tambor	600mm	
	Diámetro del eje	65mm	
	Chumaceras	SKF UCT 2013H	
Take-Up	Carrera	0.9m	1

### 3. Normativa para correcto uso

- 1) Solamente operadores de planta de la sección de molienda de crudo 2 puede realizar tareas de operación y mantenimiento de esta máquina y siempre cumpliendo las advertencias de la máquina y cumpliendo las disposiciones del manual de operación y mantenimiento. Cuando la esté usando mantenga a los niños y a otro personal (no cualificado) alejado del sistema de transporte.
- 2) Esta máquina es únicamente apta para transportar Fluorita en la sección de molienda de crudo 2, el diseñador no se recomienda el transporte de otro material ya que puede suponer un peligro para el operario o el propio sistema
- 3) Queda prohibido modificar esta máquina sin previa autorización del diseñador
- 4) Los elementos de protección eléctrica no se pueden configurar con otros ajustes que no sean los especificados en el proyecto. La palanca del disyuntor no se puede usar nunca para encender o apagar la máquina.

- 5) Esta máquina se debe instalar de tal forma que haya suficiente espacio de servicio para poder dar instrucciones de forma segura y/o realizar tareas de mantenimiento y/o inspección.
- 6) Mantenga el entorno de trabajo despejado y bien iluminado.
- 7) Mantenga las manos, el pelo, ropa y joyas sueltas alejadas de las piezas móviles de la máquina. Lleve ropa apropiada que no tenga partes sueltas, Lleve zapatos de trabajo.
- 8) Siempre que la máquina esté en funcionamiento, no se puede retirar ninguna conexión o sistema de seguridad. Utilice la máquina exclusivamente si todas las medidas de protección y sistemas de seguridad están instalados y activados.
- 9) No se suba sobre la máquina cuando esté en funcionamiento.
- 10) No desplace nunca la máquina si el cable de corriente y/o entrada del sistema neumático están todavía conectados.
- 11) Hay que cumplir con los plazos de controles y mantenimiento periódicos estipulados o indicados en el manual de instrucciones.
- 12) Únicamente personal cualificado y profesional puede realizar tareas de mantenimiento y reparación siempre utilizando piezas de repuesto originales.
- 13) Como complemento del manual de instrucciones se tienen que cumplir con la normativa y legislación general vigente sobre prevención de accidentes y protección del medio ambiente. Aquí se incluyen, por ejemplo, la normativa sobre el uso de equipos de protección personal.
- 14) Informe al respecto a los operarios antes de empezar con la realización de las tareas de mantenimiento. Antes de inspeccionar o realizar tareas de mantenimiento en la máquina, desenchúfela de la red, apagando y bloqueando el interruptor principal y retirando el enchufe de la pared. a. Si hay que realizar tareas con la máquina encendida, cuente siempre con una persona que pueda accionar la parada de emergencia.
- 15) Si una pieza de la máquina estuviera dañada o no funcionara de la forma indicada, hay que interrumpir inmediatamente el trabajo. Se puede volver a trabajar, cuando se haya reparado la pieza o se haya sustituido y controlado. Consulte con su proveedor, si la máquina no funciona como debería.

16) La máquina y/o las partes se tienen que transportar de acuerdo con la legislación y normativa locales.

#### **4. Descripción del sistema de transporte**

##### **4.1 Tolva de carga**

La tolva de carga tiene una capacidad volumétrica de 7.2 m<sup>3</sup> y capacidad másica de 12.3 Ton, está diseñado para contener y direccionar el material Fluorita hacia la cinta transportadora, la parte inferior de la tolva está equipada con una compuerta de pines para regular el flujo de material que pasa de la tolva a la cinta transportadora.

##### **4.2 Cinta transportadora**

La cinta transportadora inclinada (Sidewall belt) tiene una capacidad de 15 MTPH y está diseñada específicamente para el transportar fluorita desde el área de carga, hasta la parte superior del reservorio de fluorita. Es alimentada por la tolva de carga descrita en el punto 4.1 y el material es depositado en el chute de descarga que direcciona el material hacia el reservorio.

##### **4.3 Variador de frecuencia - Motorreductor**

El variador de frecuencia (WEG CFW900B26P0T4) tiene una potencia y corriente eléctrica nominal de 11 kW y 21 A respectivamente, puede soportar una corriente de 42 A hasta por 5 segundos, este dato es importante para programar y parametrizar el variador de frecuencia.

Este equipo debe ser protegido con fusibles ultrarrápidos FNH0040K-A y con un disyuntor ACW100H-FMU100-3, los conductores deben ser llevados desde la sala de equipos hasta la parte superior del reservorio de fluorita, este trayecto de 50 metros aproximadamente, se debe emplear cables calibre AWG 12, también se debe proteger a los 3 P y 1 PE por tuberías ¾ de pulgada.

El motorreductor WEG WCG20 de una potencia de 7.5 kW, tiene las siguientes características Voltaje 380 V, Corriente nominal 14.8 A, Factor de servicio 1, Eficiencia 0.9, Factor de potencia 0.85, RPM 1450, Torque de salida 562 Nm, Ratio 11.37. Tomar en cuenta las anteriores características para parametrizar el Variador de frecuencia.

##### **4.4 Estructura**

La estructura metálica que servirá de soporte a la cinta transportadora deberá tener una inclinación de 45° y en su primer tramo se deberá verificar las

siguientes dimensiones 2.5 m (área de carga), 10m (altura), 10 m (tramo inclinado), 1.5 m (descarga).

## **5. Montaje y mantenimiento**

### **5.1 Estructuras**

La estructura que soporta la tolva de carga y la cinta transportadora deberán ser montadas sobre zapatas de concreto, se debe ubicar ambas estructuras de modo que sea posible la realización de tareas de mantenimiento e inspección.

De acuerdo con los planos realice las perforaciones necesarias para montar las estaciones de los tambores y las estaciones de carga de los diferentes polines y rodillos de retorno.

- La estructura del sistema de transporte debe estar centrada con la estructura de la tolva de carga

### **5.2 Tolva de carga**

Con una grúa autopropulsada de brazo telescópico elevar las paredes de la tolva hasta la posición indicada en los planos, posterior a eso soldar las uniones de 10 mm de espesor entre las paredes de la tolva y la estructura, luego soldar los perfiles angulares como se muestra en los planos.

### **5.3 Cinta transportadora**

Todos los elementos rotatorios (polines de carga e impacto, rodillos de retorno, ruedas deflectoras, tambor motriz y cola) deben ser montados de acuerdo con los planos proporcionados por el diseñador, al finalizar el montaje debe verificarse que el desalineamiento debe ser de máximo 0.25”.

Prepare el montaje de las unidades SY2.3/4 UTF considerando los siguientes puntos:

- Monte las unidades en un entorno de trabajo limpio y utilice los métodos y las herramientas apropiados.
- Las unidades deben permanecer en sus embalajes originales hasta el momento del montaje para evitar que se ensucien.
- Verifique que el eje y las superficies de apoyo o los rieles de la máquina estén limpios y libres de rebabas.
- Asegúrese de que el asiento del eje esté dentro de la tolerancia h6 (min 69.831 mm).

- Asegúrese de que la planitud de las superficies de apoyo esté dentro del grado de tolerancia IT7 y la rugosidad sea  $Ra \leq 12,5 \mu\text{m}$  o que los rieles de la maquina tengan las dimensiones apropiadas para ajustarse a las ranuras guía del soporte.
- Para fijar las unidades a su superficie de apoyo, utilice tornillos o pernos de clase 8.8 y una arandela según ISO 7089 o 7090 y una arandela de muelle. Los tornillos con cabeza hexagonal según la normativa ISO 4014 son apropiados. Como alternativa, se pueden utilizar tornillos de cabeza hueca hexagonal según ISO 4762.

El procedimiento de montaje es el siguiente:

- 1) Monte todos los componentes que estén sobre el eje entre las dos unidades de rodamientos de bolas.
- 2) Asegúrese de que la base del soporte y que las superficies de contacto estén limpias y libres de suciedad o rebabas. Si el soporte requiere chapas calibradas o ajuste, las chapas calibradas deben abarcar toda la longitud y todo el ancho de la base.
- 3) Deslice la unidad de rodamientos de bolas en el eje con el dispositivo de fijación hacia afuera.
- 4) Monte la segunda unidad de rodamientos de bolas en el otro extremo del eje.
- 5) Posicione las unidades de rodamientos de bolas sobre su superficie de apoyo. Instale los tornillos o las tuercas de fijación, pero no los apriete.
- 6) Monte la segunda unidad de rodamientos de bolas en el otro extremo del eje.
- 7) Alinee cuidadosamente ambas unidades de rodamientos de bolas usando el eje. Apriete totalmente los tornillos o las tuercas de fijación en la base del soporte.
- 8) Alinee el eje en la disposición de rodamientos axialmente y, si es posible, gire un par de veces.
- 9) Ajuste los prisioneros en el aro interior de ambas unidades hasta alcanzar el par de apriete 28.5 N·m.

Para el mantenimiento y cambio de los rodamientos considere la siguiente tabla.

	Propiedades del rodamiento	YAR 215-2F
	Viscosidad	$\kappa$ : 0.53
	Cargas en el rodamiento	C/P: 10.2
	Vida útil de la grasa e intervalo de relubricación	$L_{10}$ : 49500 h $t_f$ : 18300 h
	Vida nominal del rodamiento	$L_{10h}$ : 162000 h $L_{10mh}$ : 196000 h

El procedimiento para el montaje de los polines de impacto carga y los rodillos de retorno es el que se describe a continuación:

- 1) Usar equipo adecuado y aprobado para levantar, colocar la estación de polines en la estructura de la banda transportadora.
- 2) Alinear las ranuras de la base del polín con los agujeros de la estructura del transportador.
- 3) Instale los pernos, pero no los apriete.
- 4) Deslice ambos lados del polín hacia la polea de cabeza.
- 5) Apriete los pernos, haga una verificación final para la alineación y el centro de la altura del polín.

Para el mantenimiento y cambio de los rodamientos de los polines considere la tabla que se muestra a continuación.

	Propiedades del rodamiento	6203-2Z
	Viscosidad	LC2: $\kappa$ : 0.34
	Cargas en el rodamiento	LC2: C/P: 15.31
	Vida útil de la grasa e intervalo de relubricación	LC2: $L_{10}$ : 76100 h
	Vida nominal del rodamiento	LC2: $L_{10h}$ : 156000 h $L_{10mh}$ : 48700 h

Para la verificación final de alineamiento, siga los siguientes pasos.

- 1) Una vez que el transportador es ensamblado, incluyendo la banda/correa, todas las herramientas y equipos de instalación deben ser trasladados fuera del transportador.
- 2) El transportador debe iniciarse en vacío para verificar la alineación

- 3) El desalineamiento causara que la correa/banda viaje de forma desigual en las estaciones de polines.
- 4) El alineamiento puede ser corregido mediante el ajuste de los rodillos en contracorriente de la desalineación.
- 5) Para ajustar, pare el transportador.
- 6) Siga todos los procedimientos de seguridad.
- 7) Afloje los pernos de las estaciones de polines desalineadas.
- 8) Ajuste la base de la estación de polines moviendo la hacia la polea
- 9) motriz/cabeza del lado del polín donde hace más contacto con la banda/correa que del otro lado.

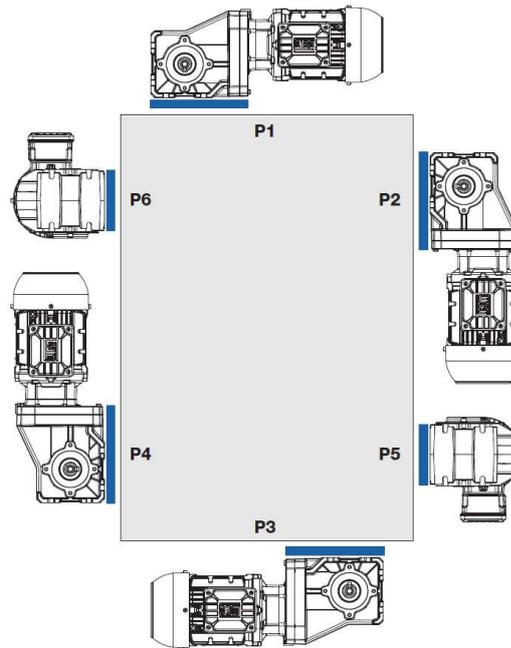
#### **5.4 Motorreductor**

Un técnico mecánico capacitado debe estar a cargo de la instalación y acoplamiento entre el tambor motriz y el motorreductor.

Antes de empezar con el montaje debe realizarse las siguientes acciones:

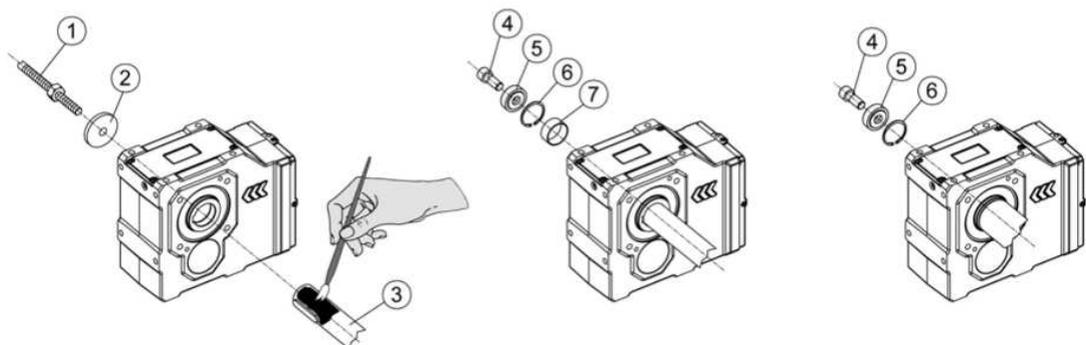
- Una inspección visual y verificar el buen estado del motorreductor, en particular de los retenes, los capuchones y las cubiertas protectoras.
- Inspeccionar que no exista fuga de aceite y comprobar la estanqueidad.
- Inspeccionar que no exista corrosión o indicio de mal almacenamiento o transporte.
- Verificar que en la caja de bornas del motor no existan objetos extraños, suciedad ni humedad, todas las entradas deben cerrarse de manera impermeable al agua y al polvo usando una junta tórica o plana.
- Verificar que los datos de la placa descriptiva coincidan con los proporcionados en la Ficha Técnica.

El motorreductor fue seleccionado para que se monte en una posición P1, es decir con el eje del motor-reductor en posición horizontal, bajo ninguna circunstancia el motorreductor puede ser montado en otra posición.



Los componentes fueron seleccionados de manera que se facilite el montaje tipo “Montaje al Eje” (shaft mounted), Al momento del montaje realice las siguientes acciones:

- Inspeccione que el eje del tambor motriz no presente daños.
- Limpie cuidadosamente dicho eje.
- Aplique pasta antiadherente (pasta lubricante Klüber 46MR401) a las áreas de contacto entre el eje y el reductor.
- Inserte el eje hueco al reductor y fije axialmente el eje por medio del tornillo de fijación M16X45 grado 10.9 con un torque 270 Mpa.



- (1) Varilla roscada + tuerca hexagonal
- (2) Disco de presión
- (3) Eje de la máquina de la parte del cliente
- (4) Tornillo de retención DIN6912
- (5) Arandela de resorte

- (6) Circlip DIN472
- (7) Distanciadador (no incluido en el suministro)

Las piezas (4), (5) y (6) están incluidas en el juego de fijación WATT opcional GMBSBSD...

- Fijar el motor por medio del brazo de reacción.
- Los resortes Urelast deben tener un pretensado de 3mm.

- La instalación se debe llevar a cabo de tal modo que nada impida la entrada de aire del exterior ni la evacuación del aire caliente. Se prohíbe retirar las paletas y la caperuza del ventilador, así como encerrar el motor en una carcasa, ya que la afluencia de aire de refrigeración se ve notablemente mermada en ambos casos. En consecuencia, el motor se sobrecalentaría.
- Antes de la puesta en marcha debe retirarse la brida de goma que rodea a la válvula de ventilación.

Durante el funcionamiento del reductor a carga máxima se debe estar atento a la posible aparición de:

- Ruidos extraños
- Vibraciones y oscilaciones anómalas
- Formación de humo
- Falta de estanqueidad
- Temperatura superficial máxima de la carcasa 90 °C.

Posibles averías del reductor:

Avería	Causa posible	Solución
Ruidos de funcionamiento extraños, pero uniformes.	Daños en los rodamientos o en los dientes	Ponerse en contacto con Watt Drive.
Ruidos de funcionamiento extraños y no uniformes.	Presencia de cuerpos extraños en el aceite.	Cambiar el aceite.
Movimientos del reductor al efectuar la conexión.	La fijación del reductor ha acumulado holguras.	Apretar los tornillos y tuercas de retención con el par prescrito. Sustituir los tornillos y tuercas de retención que estén dañados.
	El juego de topes de goma del brazo de par no está pretensado o está dañado.	Pretensar correctamente el juego de topes de goma o sustituirlo si está dañado.
El reductor se calienta demasiado (temperatura superficial del reductor > 90 °C).	Demasiado aceite.	Corregir el volumen de llenado de aceite.
	Daños en el reductor (dentado, rodamientos)	Ponerse en contacto con Watt Drive.
	Válvula de ventilación defectuosa.	Sustituir la válvula de ventilación.

Pérdida de aceite en el reductor o el motor.	Junta defectuosa.	Comprobar las juntas y sustituirlas si es necesario.
	El reductor no se ventila.	Retirar el seguro de transporte de la válvula de ventilación.
Pérdida de aceite en la válvula de ventilación.	Demasiado aceite.	Corregir el volumen de llenado de aceite.
	Funcionamiento del reductor en una posición de montaje errónea.	Montar la válvula de ventilación en la posición correcta. Adaptar el volumen de llenado de aceite según la posición de montaje.
	Válvula de ventilación defectuosa.	Sustituir la válvula de ventilación.
El eje de salida del reductor no gira pese a que el motor está en funcionamiento y hace girar el árbol de accionamiento.	Rotura en el reductor o conexión eje/cubo interrumpida.	Ponerse en contacto con Watt Drive.
	La conexión del disco de contracción patina.	Comprobar la conexión del disco de contracción.

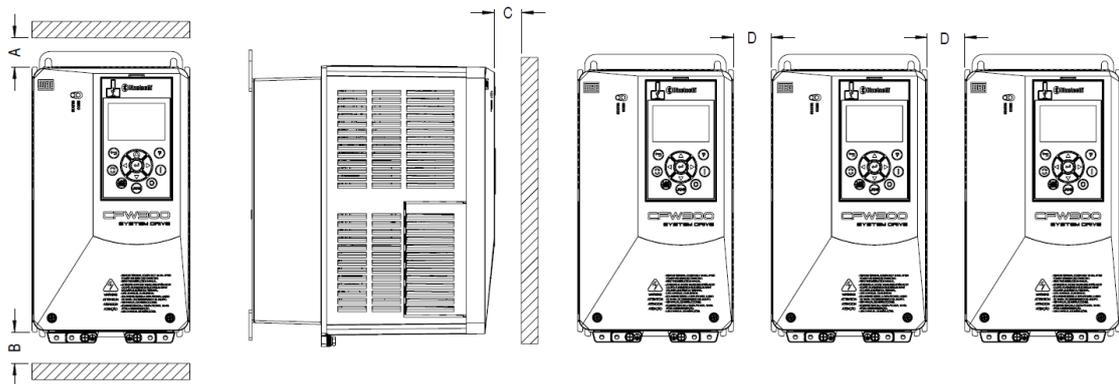
## 5.5 Montaje Sistema eléctrico

Un técnico electricista debe estar a cargo de la instalación del variador de frecuencia, las protecciones eléctricas y el montaje de los conductores eléctricos.

Al momento de realizar la instalación mecánica del variador de frecuencia evitar las siguientes condiciones ambientales:

- Exposición a luz solar directa, lluvia, humedad y ambientes salinos.
- Gases o líquidos explosivos o corrosivos.
- Vibración excesiva.
- Polvo, partículas metálicas o aceite suspendidos en el aire.

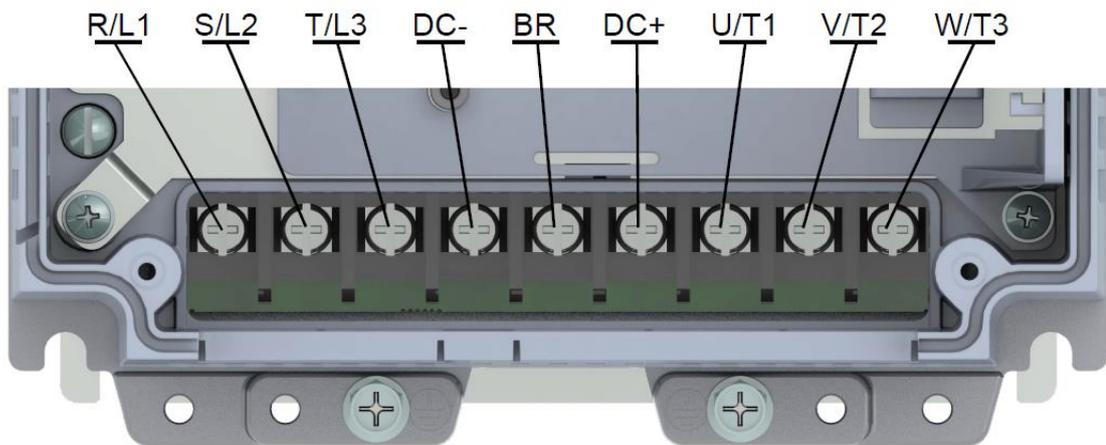
El convertidor pesa CW900A pesa 4.5 kg y se debe instalar en una posición vertical, primeramente, se debe marcar los puntos de fijación y hacer los orificios de instalación, posteriormente posicione el convertidor y fije con los 4 tornillos y fije firmemente al variador. Considere las siguientes dimensiones mínimas para una correcta ventilación A=B=25 mm, C=10 mm, D=0.



Considere una temperatura ambiente máxima de operación sin reducción de la corriente de salida, 50°C parte trasera y 60°C parte delantera.

Para acceder a las borneras de control y potencia necesariamente se debe retirar el HMI y la tapa frontal, antes de realizar cualquier conexión primero se debe identificar todos los bornes de conexión, descripción de los bornes de potencia:

- R/L1, S/L2, T/L3: conexión de los cables de la red de alimentación CA.
- DC-/-UD: polo negativo de la tensión para alimentación CC.
- BR: conexión del resistor de frenado.
- DC+ /+UD: polo positivo de la tensión para alimentación CC.
- U, V y W: conexión de los cables del motor.



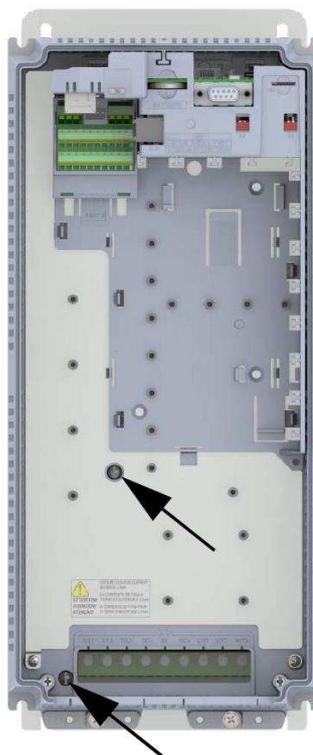
**Nota:** El convertidor será dañado en caso de que la alimentación sea conectada en los terminales de salida (U/T1, V/T2, o W/T3).

Siempre verifique las conexiones antes de energizar el variador.

Las conexiones se deben realizar con los siguientes componentes.

CFW900B26P0T2	Potencia <sup>(1)</sup>	M4 (phillips/ hendidura)	1,2 (10,6)	6,0	8	Ojal	
	Puesta a Tierra <sup>(2)</sup>	M4 (phillips)				Ojal	

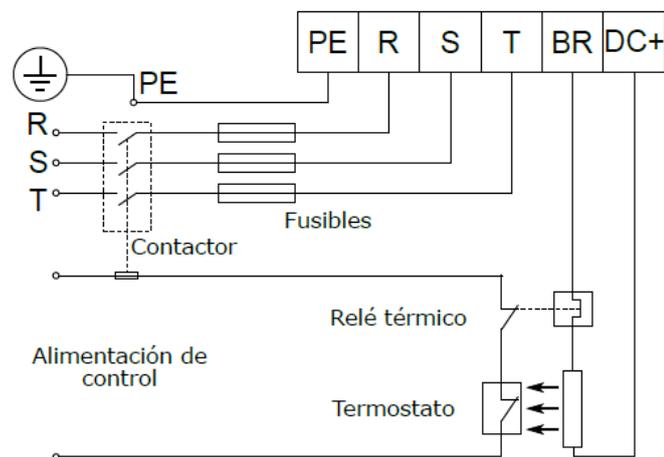
Para la conexión de la puesta a tierra retire los tornillos y con el ojal M4 realice la conexión a tierra.



El resistor de frenado IGBT será de 32 ohm con una potencia de disipación de 5 kW. Para su instalación:

- Conecte la resistencia de frenado entre los bornes DC+ y BR.
- Utilice cable trenzado para la conexión. Separar estos cables del cableado de señal de control.
- Dimensionar los cables de acuerdo con la aplicación, respetando las corrientes máxima y eficaz.
- Si el resistor de frenado es montado internamente al tablero del convertidor, considerar la energía de éste en el dimensionamiento de la ventilación de tablero.

Conecte todos los componentes según el siguiente diagrama.





**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS  
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2382/2024  
La Paz, 30 de julio de 2024**

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **23 de julio de 2024**, por **VICTOR FILEMON QUISPE BAPTISTA** con **C.I. N° 9872031 LP**, con número de trámite **DA 1362/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA EL CARGUÍO DE FLUORITA EN LA SECCIÓN DE MOLIENDA DE CRUDO 2 DE LA PLANTA DE CEMENTO VIACHA SOBOCE S.A."**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO:**

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los



Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, N° 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Teléfono: 2115700  
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
N° 29, Edif. Bicentenario.  
Teléfono: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, N° 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Teléfono: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 5B,  
Zona 16 de Julio.  
Teléfono: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, N° 366  
casí esq. Urriolagoitia,  
Zona Parque Bolívar.  
Teléfono: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, N° 243.  
Teléfono: 72015286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre, N° 5837,  
entre Ayacucho  
y Junín, Galería Central,  
Of. 14.  
Teléfono: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM. Salinas N° 242,  
Primer Piso, Of. 17.  
Teléfono: 72018160

ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

**POR TANTO:**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA EL CARGUÍO DE FLUORITA EN LA SECCIÓN DE MOLIENDA DE CRUDO 2 DE LA PLANTA DE CEMENTO VIACHA SOBOCE S.A.**" a favor del autor y titular: **VICTOR FILEMON QUISPE BAPTISTA** con **C.I. N° 9872031 LP** bajo el seudónimo **VICTOR**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/Im

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI

**CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO**

**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS**

LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



85qRj9Pj8Hj17K

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB [www.senapi.gob.bo/verificacion](http://www.senapi.gob.bo/verificacion) Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, N° 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Telfs.: 2115700  
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
N° 29, Edif. Bicentenario.  
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, N° 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 5B,  
Zona 16 de Julio.  
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, N° 366  
casi esq. Urriolagoitia,  
Zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, N° 243.  
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre, N° 5837,  
entre Ayacucho  
y Junín, Galería Central,  
Of. 14.  
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM. Salinas N° 242,  
Primer Piso, Of. 17.  
Telf.: 72018160



**Autor: Victor Filemon Quispe Baptista**  
**Correos electrónico: victor.mecelm@gmail.com**  
**Celular: 73217585**