

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA  
SECCION DE CHANCADO DE LA PLANTA  
CONCENTRADORA SAN ANDRES – MINERA  
AURIFERA RETAMAS S.A.**

**INFORME DE COMPETENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**PABLO ANDRÉS AYLAS PERALTA**

**PROMOCIÓN 2007-I**

**LIMA - PERÚ**

**2014**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	<b>I</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>V</b>
<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.2. OBJETIVOS .....	4
1.2.1. OBJETIVO GENERAL: .....	4
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	4
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
<b>PLANTA CONCENTRADORA MARSÁ</b> .....	<b>5</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA .....	5
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA .....	6
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN DE CHANCADO .....	10
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>11</b>
<b>MARCO TEORICO</b> .....	<b>11</b>
3.1. CONMINUCIÓN .....	11
3.1.1. <i>Introducción</i> .....	11
3.1.2. <i>Factores que Influyen en la selección de circuitos de conminución</i> .....	12
3.2. CHANCADO DE MINERALES .....	16
3.2.1. <i>Diagrama de Flujos</i> .....	17
3.2.2. <i>Mecanismos de Reducción de tamaño en conminución</i> .....	20
3.2.2.1. Etapas de Reducción de Tamaño .....	21
3.2.2.2. Etapas de Chancado .....	22
3.2.2.3. Energía y Reducción de Tamaño .....	23
3.2.2.4. Consumo Específico de Energía .....	23
3.2.2.5. Relación Energía Consumida y Tamaño de Partícula Producido .....	23
3.2.3. <i>Tipos, Descripción y Selección de Chancadora</i> .....	25
3.2.3.1. Equipos Utilizados .....	26
3.2.3.2. Chancado Primario .....	27
A. Chancador Giratorio .....	27
B. Chancadoras de Mandíbulas .....	29
3.2.3.3. Chancado Secundario y Terciario .....	31
A. Chancador de Cono .....	32
3.2.4. <i>Dimensiones de Chancadoras</i> .....	34
3.2.5. <i>Separación de tamaño en hameros</i> .....	34
3.2.5.1. Clasificación en Hameros y Circuitos de Reducción de Tamaños .....	36
A. Medios de Clasificación .....	39

B.	Eficiencia de Harneado .....	39
3.2.5.2.	Modelos de Harneros .....	40
A.	Inclinación simple .....	40
B.	Inclinación Doble .....	41
C.	Inclinación Triple .....	41
3.2.5.3.	Especificaciones de Mallas .....	43
A.	Especificación del Espesor .....	44
B.	Tipos de paneles para fijar mallas de harneros.....	44
3.2.5.4.	Capacidades de Harneros.....	44
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>.....</b>	<b>46</b>
<b>DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS</b>	<b>.....</b>	<b>46</b>
4.1.	FAJAS TRANSPORTADORAS .....	46
4.1.1.	<i>Información Técnica</i> .....	46
4.1.1.1.	Introducción.....	46
4.1.1.2.	Definición y Características de una Faja Transportadora .....	47
4.1.1.3.	Componentes y su Denominación .....	50
A.	Cabezal motriz.....	50
B.	Tambor motriz.....	51
C.	Contratambores .....	52
D.	Tambores de desviación y de inflexión .....	52
E.	Rodillos .....	52
F.	Estaciones superiores portantes y de retorno .....	52
G.	Tensores.....	53
H.	Tolvas de carga .....	54
I.	Dispositivos de limpieza .....	54
J.	Cubierta de las cintas transportadoras .....	55
4.1.2.	<i>Características y Transportabilidad de los Materiales a Granel</i> .....	55
4.1.2.1.	Comportamiento de los Materiales sobre la Faja en Movimiento.....	55
4.1.2.2.	Efecto de Pendientes y Declives .....	56
4.1.3.	<i>Capacidades, Anchos y Velocidades de Faja</i> .....	57
4.1.3.1.	Anchos de Faja .....	57
4.1.3.2.	Consideraciones del Tamaño de Trozo .....	57
4.1.3.3.	Velocidades de Faja.....	58
4.1.3.4.	Capacidades de la Faja Transportadora .....	59
4.1.3.5.	Área de Carga de Fajas Acanaladas.....	60
4.1.3.6.	Tablas de Capacidad para Fajas Transportadoras .....	60
4.1.4.	<i>Arreglos para Fajas Transportadoras</i> .....	61
4.1.4.1.	Requisitos de los rodillos .....	61
4.1.4.2.	Clasificaciones de los Polines .....	62
4.1.4.3.	Tipos Generales de Rodillos para Faja Transportadora .....	62
4.1.4.4.	Espaciamiento entre Polines .....	63
4.1.4.5.	Selección de Polines .....	65
A.	Tipo de Servicio .....	66
B.	Tipo de Material Manejado .....	66
4.1.5.	<i>Tensiones de Faja, Potencia y Sistema de Transmisión</i> .....	66
4.1.6.	<i>Selección de la Faja</i> .....	72
4.1.6.1.	Factores en la Composición de la Faja Transportadora.....	73
4.1.6.2.	Empalme de Faja Transportadora.....	73
4.1.7.	<i>Poleas y Ejes</i> .....	74

4.1.7.1.	Tipos de Poleas.....	74
4.1.7.2.	Revestimiento de Polea .....	75
4.1.7.3.	Ejes.....	76
4.1.8.	<i>Curvas Verticales</i> .....	77
4.1.8.1.	Curvas Verticales Cóncavas.....	77
4.1.8.2.	Curvas Verticales Convexas.....	78
4.2.	CONDICIONES DE DISEÑO .....	79
4.3.	DIAGRAMA DE FLUJOS.....	80
4.3.1.	<i>Actual</i> .....	80
4.3.2.	<i>Implementación de Nueva Línea de Chancado (Chancado Terciario)</i> .....	81
4.3.3.	<i>TAG de Equipos</i> .....	82
4.3.4.	<i>Balance de Masa de la Sección de Chancado</i> .....	83
4.3.5.	<i>Balance de Masa de la Nuevas Fajas Transportadoras</i> .....	84
4.4.	ARREGLO GENERAL DE LA SECCIÓN DE CHANCADO .....	84
4.4.1.	<i>Vista de Planta</i> .....	84
4.4.2.	<i>Arreglo General de Equipos (Vista de Elevación)</i> .....	85
4.4.2.1.	Faja Transportadora #1 (100-FT-001) .....	85
4.4.2.2.	Faja Transportadora #2 (100-FT-002) .....	86
4.4.2.3.	Faja Transportadora #3 (100-FT-003) .....	87
4.4.2.4.	Faja Transportadora #4 (100-FT-004) .....	88
4.4.2.5.	Faja Transportadora #5 (100-FT-005) .....	89
4.4.2.6.	Chancadora Cónica Telesmith 44-SBS.....	90
4.4.2.7.	Zaranda Horizontal Metso LH-7'x16'- SD .....	90
4.5.	DIMENSIONAMIENTO DE FAJAS TRANSPORTADORAS .....	91
4.5.1.	<i>Características del Material a Transportar</i> .....	91
4.5.2.	<i>Ancho de Faja</i> .....	91
4.5.3.	<i>Velocidad de Faja</i> .....	92
4.5.4.	<i>Selección de Polines</i> .....	95
4.5.5.	<i>Tensiones y Potencias, Verificación de Componentes</i> .....	98
4.5.5.1.	Faja Transportadora #1 (100-FT-001) .....	100
4.5.5.2.	Faja Transportadora #2 (100-FT-002) .....	129
4.5.5.3.	Faja Transportadora #3 (100-FT-003) .....	132
4.5.5.4.	Faja Transportadora #4 (100-FT-004) .....	135
4.5.5.5.	Faja Transportadora #5 (100-FT-005) .....	138
4.5.6.	<i>Cuadro Resumen de Datos de Salidas de Fajas Transportadoras</i> .....	141
4.5.7.	<i>Arreglos Mecánicos de Fajas Transportadoras</i> .....	141
<b>CAPÍTULO 5</b> .....		<b>142</b>
<b>ESTRUCTURA DE COSTOS</b> .....		<b>142</b>
5.1.	SUMINISTRO Y FABRICACIÓN DE FAJAS TRANSPORTADORAS .....	142
5.2.	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS.....	143
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>146</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>147</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>148</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>150</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sección de Chancado.....	11
Figura 2: Tipos de Chancadoras.....	13
Figura 3: Diagrama de Proceso.....	14
Figura 4: Consumo de energía en chancado y molienda.....	15
Figura 5: Zaranda.....	16
Figura 6: Circuito Abierto.....	17
Figura 7: Reducción en Chancado Cónica.....	17
Figura 8: Razón de Reducción Típico.....	18
Figura 9: Chancadoras Apropriadas para Diferentes Etapas.....	18
Figura 10: Circuito abierto de Chancado.....	19
Figura 11: Circuito cerrado de Chancado.....	19
Figura 12: Tipos de equipos de reducción de tamaño.....	21
Figura 13: Tres Etapas Clásicas de Chancado.....	24
Figura 14: Corte de un Chancador Giratorio.....	28
Figura 15: Tipos de Chancadoras de Mandíbula.....	30
Figura 16: Corte de un Chancador Cónica.....	33
Figura 17: Tamaño de Alimentación vs. Capacidad (Giratorio Primario).....	34
Figura 18: Harnero de Alta Frecuencia.....	35
Figura 19: Esquema de Separación Granulométrica.....	36
Figura 20: Medios de Clasificación.....	39
Figura 21: Parrillas Móviles Rápidas (más de 300 ciclos/min).....	43
Figura 22: Parrillas Móviles Lentos.....	43
Figura 23: Disposición de Fajas en Sección de Chancado.....	47
Figura 24: Esquema de una Faja Transportadora.....	48
Figura 25: Componentes de una Faja Transportadora.....	50
Figura 26: Anchos necesarios para tamaño de trozo dados.....	58
Figura 27: Área de Carga de Sección Transversal.....	60
Figura 28: Distancia de Transición a Media Carga.....	64
Figura 29: Distancia de Transición a Carga Completa.....	65
Figura 30: Formulas para Determinar la Tensión Efectiva.....	67
Figura 31: Esquema de Faja, Ilustrando tramos de tensión.....	68
Figura 32: Sección Transversal de Faja Multipliegues.....	72
Figura 33: Protección del Alma de la Faja Transportadora.....	73
Figura 34: Tipo de Empalmes de Faja Transportadora.....	74
Figura 35: Tipos de Poleas.....	75
Figura 36: Tipos de Revestimiento.....	76
Figura 37: Eje de Poleas.....	76
Figura 38: Faja Transportadora Cóncavas.....	78
Figura 39: Faja Transportadora Convexas.....	78
Figura 40: Esquema de Faja #1.....	100
Figura 41: Sección de Faldón de Faja Transportadora.....	115
Figura 42: Esquema de Faja #2.....	129
Figura 43: Esquema de Faja #3.....	132
Figura 44: Esquema de Faja #4.....	135
Figura 45: Esquema de Faja #5.....	138

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo de Energía .....	23
Tabla 2: Tipos de Harneros.....	40
Tabla 3: Alimentación por medio plataforma de harnero (t/h) .....	45
Tabla 4: Fluidez, Angulo de Sobrecarga y Reposo .....	56
Tabla 5: Velocidad de faja máximo recomendadas. ....	59
Tabla 6: Área y Capacidades máximas para faja abarquillada de 35° .....	61
Tabla 7: Clasificación de Polines.....	62
Tabla 8: Espaciamiento normal recomendado para polines (Si).....	64
Tabla 9: Distancia de Transición (media carga) para Diferentes Abarquillamiento .....	65
Tabla 10: Distancia de Transición (carga completa) para Diferentes Abarquillamiento .....	65
Tabla 11: Capacidad – Proceso Actual .....	80
Tabla 12: Capacidad – Chancado Terciario .....	81
Tabla 13: Tag de Equipos .....	82
Tabla 14: Balanza de Masa – General.....	83
Tabla 15: Balance de Masa – Fajas Transportadoras .....	84
Tabla 16: Niveles y Longitudes – Faja #1 .....	85
Tabla 17: Niveles y Longitudes – Faja #2 .....	86
Tabla 18: Niveles y Longitudes – Faja #3.....	87
Tabla 19: Niveles y Longitudes – Faja #4 .....	88
Tabla 20: Niveles y Longitudes – Faja #5.....	89
Tabla 21: Características del Material .....	91
Tabla 22: Ancho de Fajas .....	92
Tabla 23: Velocidades de Fajas Transportadoras.....	93
Tabla 24: Porcentaje de Carga de Fajas Transportadoras .....	94
Tabla 25: Ratios de Carga de Polines.....	95
Tabla 26: Porcentaje de Carga en Polines .....	96
Tabla 27: Dimensiones y Capacidades de Fajas Transportadoras .....	97
Tabla 28: Selección de Polines.....	97
Tabla 29: Porcentaje de Pandeo .....	98
Tabla 30: Tensiones Mínimas.....	99
Tabla 31: Factor de Distribución de Carga .....	104
Tabla 32: Constantes $K_{bIR}$ .....	104
Tabla 33: Torques Máximos de Sellos de Polines .....	105
Tabla 34: Factor de Resistencia a Rotación con Carga .....	106
Tabla 35: Factor de Perdida por Fricción de Material .....	108
Tabla 36: Tensión en los Tramos 3 - 8.....	110
Tabla 37: Diámetro Mínimo de Polea.....	112
Tabla 38: Tension en los Tramos 1 -22.....	118
Tabla 39: Cuadro de Tensiones de la Faja #1.....	123
Tabla 40: Cuadro de Tensiones de la Faja #2.....	131
Tabla 41: Cuadro de Tensiones de la Faja #3.....	134
Tabla 42: Cuadro de Tensiones de la Faja #4.....	137
Tabla 43: Cuadro de Tensiones de la Faja #5.....	140
Tabla 44: Cuadro de Características de Salida de Fajas .....	141
Tabla 45: Disgregado de Costos – Suministro y Fabricación – Faja 1-3.....	142

Tabla 46: Disgregado de Costos – Suministro y Fabricación – Faja 4 y 5.....	143
Tabla 47: Disgregado de Costos – Montaje – Faja 1 .....	143
Tabla 48: Disgregado de Costos – Montaje – Faja 2-4.....	144
Tabla 49: Disgregado de Costos – Montaje y Puesta de Marcha .....	145
Tabla 50: Disgregado de Costos - General .....	145

## **PRÓLOGO**

El presente Informe ha sido desarrollado para Diseñar y Seleccionar Equipos para la Sección de Chancado de la Planta Concentradora San Andrés – Minera Aurífera Retamas S.A. (MARSA).

Esta Planta Concentradora ubicada en la Región de la Libertad, tiene dificultades en la Sección de Chancado, entre los cuales está el poco tiempo que le queda después de la operación para hacer mantenimiento a sus equipos, además que estos equipos tiene años de antigüedad.

Para poder brindar el mejoramiento de dicha sección, se ve la necesidad de implementar y disponer de nuevos equipos e incluso adicionar una nueva Línea de Proceso, la cual sería la Sección de Chancado Terciario.

Al implementar una Nueva Sección, se ve la necesidad de Diseñar Nuevas Fajas Transportadoras, dichos equipos servirían para el transporte del mineral de un punto a otro, con el fin de mejorar la operación del proceso.

Estas Fajas Transportadoras están diseñadas bajo la última edición del CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association), para Fajas Transportadoras, es decir, Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition.

La Etapa de Implementación de los Equipos en la Sección de Chancado, va generar una inversión, lo cual estarán involucradas las Áreas Mecánicas, Civiles, Eléctricas e Instrumentación. En este Informe se va resaltar la Parte Mecánica de este Proyecto.



## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Descripción del Proyecto**

Minera Aurífera RETAMAS S.A. (MARSA), desde abril de 1981 inicia sus operaciones en la zona y actualmente opera una mina de oro a socavón en varios niveles ubicada en las vertientes del flanco Oriental de la Cuenca hidrográfica del Marañón, distrito de Parcoy, departamento y región de La Libertad. Geográficamente, la mina está ubicada en las cumbres de la Cordillera Oriental de los Andes, aproximadamente a 973 km al noreste de Lima y 411 km al oriente de Trujillo. El proyecto se ubica a una elevación de aproximadamente 3,918 metros sobre nivel del mar.

Actualmente como equipamiento la sección chancado en su circuito cuenta con una chancadora de mandíbula Denver - Fima 15" x 24", 02 chancadoras cónicas Telsmith (una de 36" FC y la otra de 48" FC) que hacen el trabajo de chancado secundario. Además se cuenta con dos zarandas vibradoras 7' x 16' y un conjunto de fajas todas ellas de 24" de ancho, dos silos o tolvas de finos con poca capacidad de almacenaje (650 TM c/u). Se viene trabajando entre 18 a 20 horas de operación diaria para cubrir la necesidad de pasar las 1,800 TM/día de mineral a

tratar, quedando muy poco tiempo para el mantenimiento que ha devenido en 100% correctivo y agravado por la antigüedad del equipamiento existente.

Por motivos de una necesidad de mejorar la trituración y capacidades de equipos en la planta de Chancado San Andrés, MARSA propuso la instalación de un circuito de chancado terciario para lo cual realizó la gestión de adquisición de equipos principales tales como Chancadora Telsmith y Zaranda LH-.7'x 16' –SD proponiendo un circuito secundario, a partir de ello contratan los servicios de BISA para poder evaluar el proceso metalúrgico en la sección de chancado.

De esta manera, se involucra en el proceso de Diseño de la etapa Secundaria y convertir los equipos existentes en etapa terciaria según las especificaciones y los requerimientos de producción del producto que será entregado al circuito de molienda por lo cual el compromiso para el cumplimiento del mismo.

De otro lado MARSA proporciona los datos ya elaborados tales como Balance de Masa, Flujos de carga e ingeniería de BISA para la faja de alivio (Faja N° 1), Estudio de suelos, y características de los equipos adquiridos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General:**

- Diseñar y Seleccionar Equipos para conseguir el Mejoramiento de la Sección de Chancado de la Planta Concentradora San Andrés – Minera Aurífera Retamas S.A. (MARSA).

### **1.2.2. Objetivos Específicos:**

- Diseñar una Faja Transportadora para Aliviar la Capacidad de Carga de la Faja Actual.
- Diseñar un Sistema de Fajas Transportadoras para cubrir los requerimientos de los nuevos equipos adquiridos.
- Mejorar el funcionamiento del Proceso Actual con la Implementación de Nuevos Equipos.

## **CAPÍTULO 2**

### **PLANTA CONCENTRADORA MARSА**

#### **2.1. Descripción de la Compañía Minera**

Minera Aurífera Retamas S.A. es una empresa de minería subterránea de capital íntegramente peruano. El yacimiento conocido como "Cerro El Gigante", que viene explorando y explotando sostenidamente hace 30 años se encuentra ubicado en el "Batolito de Pataz", que forma parte del complejo geológico del Marañón, rico en concentraciones de oro y plata. Marsa, fundada en 1981 por don Andrés Marsano Porras, está ubicada a 3900 metros sobre el nivel del mar en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad; en el flanco oeste de la Cordillera de los Andes.

En sus inicios, la empresa fue inaugurada con una planta de tratamiento de 50TMS/día; con pocos recursos y como consecuencia de un arduo trabajo minero sostenido, de la inquebrantable fe minera de su fundador y de su equipo de colaboradores, se logró el crecimiento y desarrollo de MARSА; contando la empresa hoy en día con una planta de 1800TMS/día de capacidad instalada.

MARSA es hoy en día una empresa moderna, eficiente, respetuosa de su entorno, que da trabajo a más de 3,800 personas y que tiene un alto compromiso de responsabilidad social y ambiental.

## **2.2. Descripción de la Planta Concentradora**

La Planta de Beneficio cuenta con una capacidad de procesamiento de mineral de 1800 TMS/día, procesa el mineral ininterrumpidamente 24 horas al día, 365 días al año.

El mineral antes de ser chancado es sometido a una clasificación previa para separar el producto de  $-\frac{1}{2}$ " que acompañará al mineral de tolva de gruesos proveniente de la mina, el rechazo de la clasificación, es decir el material mayor a  $\frac{1}{2}$ " se tritura en una chancadora primaria de quijadas de 15"x24" y luego se complementa el chancado en dos chancadoras cónicas de 48 FC y 36 FC hasta obtener un producto fino que pasa la malla  $-\frac{1}{2}$ ".

En el beneficio del mineral se aplican cuatro procesos metalúrgicos importantes:

- Concentración de los minerales auríferos (mayormente sulfuros).
- Cianuración de los concentrados auríferos.
- Precipitación de los valores disueltos mediante el uso del polvo de zinc (Proceso Merrill-Crowe).
- Deposición separada de los relaves de flotación y cianuración.

El mineral chancado a 100% -1/2" pasa luego al proceso de molienda, el que se realiza en dos molinos de bolas de 9'Øx8', en circuito cerrado con un ciclón de 20" Ø.

Para la concentración de los minerales valiosos, además de la operación gravimétrica, el oro tanto libre como asociado a las piritas, es recuperado aplicando el proceso físico-químico de "Flotación por Espumas". Esta etapa está orientada principalmente a la recuperación de valores finos (tamaños cercanos a 200 mallas). En la flotación se utilizan dos reactivos: el colector (Z-6) y un espumante.

Los concentrados son espesados y filtrados para separar el agua que le acompaña, de tal manera que se evita el incremento de líquido en el circuito de cianuración.

La cianuración se aplica al concentrado obtenido en la planta de concentración, cuyo volumen representará aproximadamente entre la séptima y octava parte del total de mineral alimentado. Las etapas que comprende el proceso de cianuración son: Remolienda y clasificación con presencia de cianuro (> 95 % - 37 micras), espesamiento y clarificación de la solución rica, lixiviación en tanques agitadores, lavado en contracorriente y finalmente la recuperación de los valores disueltos mediante el proceso Merrill-Crowe con polvo de zinc.

La remolienda de concentrados se realiza en dos molinos de bolas 5' x 10' con carga de bolas entre 1 ½" y 1" de diámetro, clasificados en un nido de ciclones de 10" con una alta dilución para asegurar el corte de > a 95 % - 400 mallas (37

micras). En este circuito se disuelve el 90 % del oro quedando un 5 a 6 % para ser disuelto en los agitadores.

El overflow de los ciclones (con sólidos altamente diluidos por la abundancia del líquido (< a 7 % de sólidos) es conducido a un espesador para separar la solución rica por rebose que finalmente va al Merrill-Crowe previa clarificación y conducir a los sólidos a través del underflow de este equipo hacia el circuito de agitadores para que complete la lixiviación del oro.

La pulpa final del circuito de agitadores es conducida al circuito de lavado en contracorriente para recuperar los valores disueltos y devolverlos en recirculación con el líquido que rebosa del primer espesador lavador hacia el nido de ciclones.

El Merrill-Crowe es el proceso que utiliza el polvo de zinc y se aplica para precipitar valores disueltos de oro y plata contenidos en líquidos fácilmente clarificados. Comprende cuatro etapas:

- La filtración a presión para la eliminación de los sólidos aun presentes después de la clarificación de la solución rica.
- La desaereación de la solución rica, donde la solución filtrada pasa a una torre donde interiormente se dispersa en una cámara porosa para quitarle fácilmente el oxígeno contenido en el líquido mediante una bomba de vacío.
- Precipitación de valores mediante el polvo de zinc, a la solución rica proveniente de la parte baja de la torre libre de sólidos y de oxígeno se le agrega polvo de zinc como agente químico que reacciona inmediatamente

formando un precipitado sólido que es arrastrado con el fluido y recuperado por filtración. Mientras que las partículas de zinc mayormente se disuelven.

- Filtración del precipitado valioso, los sólidos valiosos formados por la reacción con el polvo de zinc son recuperados en otros filtros a presión y quedan atrapados en las cámaras de estos equipos dejando pasar al líquido muy pobre en valores al que se le llama solución pobre o barren.

Cabe resaltar que la calidad y eficiencia de nuestros procesos se ven garantizadas por nuestra constante inversión en la modernización, la instrumentación con rumbo a la full automatización.

### ***Disposición de Relaves***

Nuestros relaves son depositados en canchas separadas e integradas por un dique principal con crecimiento de eje central y muro conformado por los gruesos del relave de flotación, rigurosamente compactado. El crecimiento del dique de contención, se lleva con una gradiente de 3 a 1.

### ***Depósito de Relaves de Flotación***

El efluente clarificado del "espejo" de la relavera de flotación es bombeado nuevamente a la Planta de Beneficio para formar la pulpa en el proceso de molienda; para lo cual se tiene instalada una bomba con su respectiva línea de conducción.



### ***Depósito de relaves de cianurización***

Para el almacenamiento de los relaves de cianuración se cuenta con dos canchas de relaves. Los depósitos para el relave de cianuración se construyen modularmente con una capacidad de un año de operación.

La pulpa del relave de cianuración es bombeada desde la Planta de Cianuración hasta sus respectivas relaveras, en donde se decantan los sólidos en suspensión y la solución clarificada es reciclada a la planta de lixiviación.

### **2.3. Descripción de la Sección de Chancado**

La Sección de Chancado está conformado por dos Líneas, las cuales son:

- Chancado Primario
- Chancado Secundario

La Sección de Chancado Primario, está conformado por 4 Fajas Transportadoras, una Zaranda de Doble Malla, una Chancadora de Quijadas de 15"x24" y una Chancadora Cónica 48 FC

La Sección de Chancado Secundario, está conformado por 4 Fajas Transportadoras, Zaranda de Simple Malla y una Chancadora Cónica 36 FC.

Esto se puede apreciar en el Anexo: Plano 23812-000-000-DP-001

## CAPÍTULO 3

### MARCO TEORICO

#### 3.1. Conminución

##### 3.1.1. Introducción

Se usa el concepto de conminución para identificar todos los procesos que tienen que ver con la acción de reducir el tamaño de los minerales que se procesan y poseen elementos de valor comercial y otros que no tienen valor (ganga).

Los Objetivos más importantes que persigue la conminución son:

- Manipulación y manejo adecuado del mineral.
- Liberar las especies valiosas contenidas en ellas.
- Preparar el mineral para los procesos posteriores.



Figura 1: Sección de Chancado

### **3.1.2. Factores que Influyen en la selección de circuitos de conminución**

Los Factores que influyen en la intensidad del proceso de conminución y por ende en la selección del circuito son:

- Ley del mineral o metal a recuperar
- Características de la ganga presente
- Tonelaje de las reservas
- Tipo de proceso posterior de recuperación o concentración: flotación, Lixiviación, concentración magnética, concentración gravimétrica, otros.
- Valor Comercial del mineral.

En estricto rigor la liberación de especies de valor se logra solo en forma parcial

- Para un proceso de lixiviación en pilas son necesarias de 2 a 3 etapas de chancado.
- Para un proceso de lixiviación en botaderos (sulfuros de baja ley) con actividad bacteriana es necesaria una (dos a lo mucho) etapa de chancado.
- Para el procesos de flotación son necesarias tres etapas de chancado y dos etapas de molienda. En algunos casos se requiere de remolienda para mejorar la ley del concentrado.

La Tronadura en la mina es el primer proceso de conminución en la línea de operaciones de mina y planta.

- Desde la mina hasta las distintas etapas de chancado se estará operando en seco, sin agua.
- Desde la alimentación a la molienda en adelante, siempre se estará operando con pulpas.

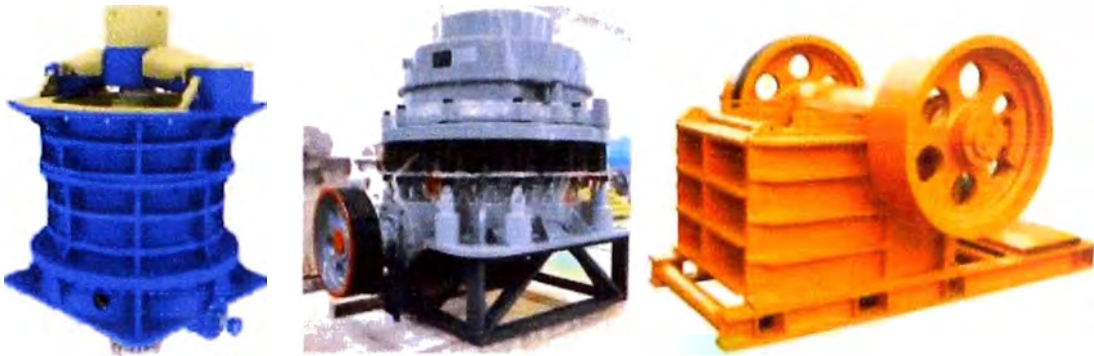


Figura 2: Tipos de Chancadoras

El mineral proveniente de la mina tiene un tamaño variado, por lo que el objetivo del chancado (primera etapa de la conminución a ejecutarse en la planta) es reducir el tamaño de los fragmentos de rocas enviados, desde la mina hasta obtener un tamaño uniforme máximo de  $\frac{1}{2}$  pulgada (aprox. 1.27 cm).

Para la reducción del tamaño se utilizan las chancadoras (equipos mecánicos – eléctricos de grandes dimensiones).

En estos equipos, los elementos trituran la roca mediante movimiento de atrición y están contruidos de aleaciones especiales y acero de alta resistencia.

Todo el manejo del mineral en la planta se realiza mediante correas transportadoras, desde la alimentación proveniente de la mina hasta la entrega del mineral como producto chancado a la etapa siguiente.

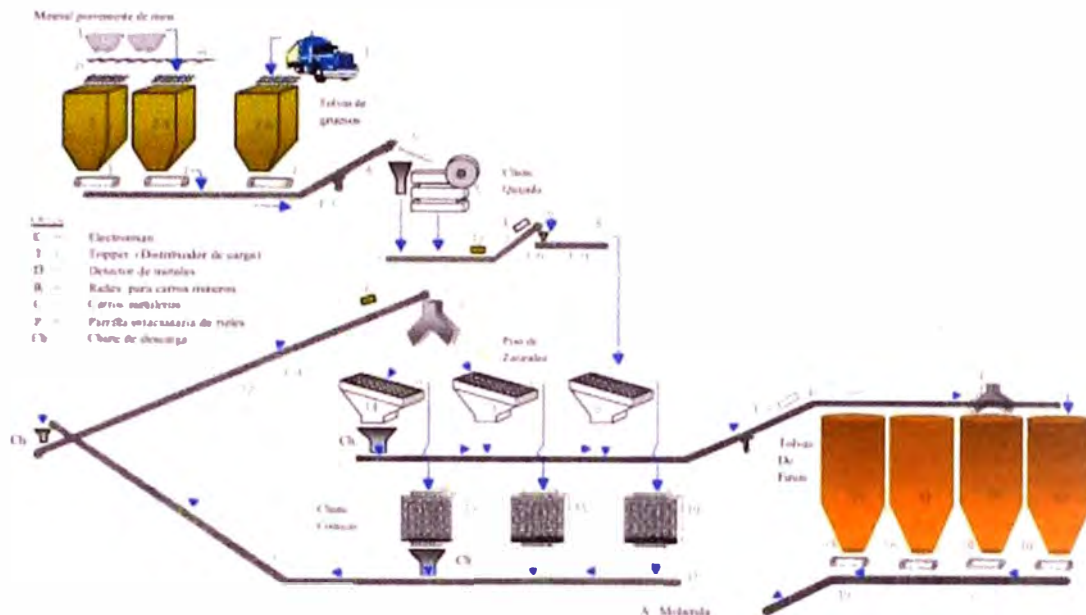


Figura 3: Diagrama de Proceso

El hecho de que exista ambos, chancado y molienda y no solo uno de ellos, responde a dos motivos muy claros: Factibilidad Técnica y Económica.

Existe un límite de tamaño de las partículas de mineral hasta donde las chancadoras son eficientes y pasado este límite realizan muy poco trabajo en comparación con la energía consumida.

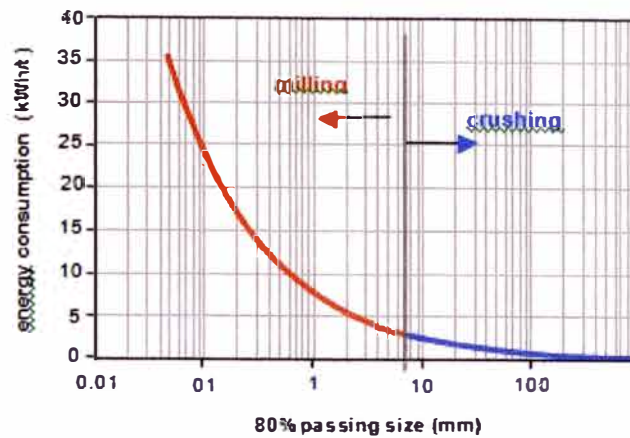


Figura 4: Consumo de energía en chancado y molienda

Es necesario saber elegir los equipos adecuados que permitan conseguir la reducción de tamaño requerido y ubicarlos en un circuito, de modo que juntos proporcionen la disminución de tamaño necesario para el proceso siguiente.

La resistencia que opone el mineral a la fragmentación es fundamental. Puesto que, es necesario conocer la razón de la reducción de tamaño y definir qué tipo de máquina se debe utilizar.

Un material con bajo índice de trabajo es más fácil de fragmentar. Por ello la razón de reducción del chancador es alta, disminuyéndose las etapas de fragmentación en la planta de chancado.

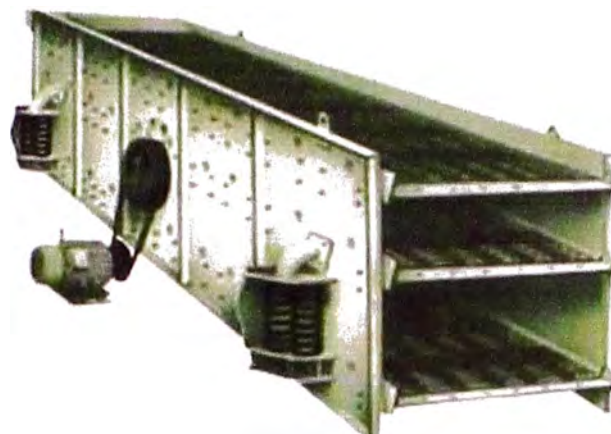


Figura 5: Zaranda

Por el contrario, si un material tiene un índice de trabajo alto, será imposible utilizar una abertura de salida muy estrecha, para no producir sobrecargas. Por eso es necesario utilizar una mayor cantidad de etapas de fragmentación y así alcanzar el tamaño deseado en el producto.

### 3.2. Chancado de Minerales

Los objetivos del chancado de los minerales son:

- Liberar minerales comerciables desde una matriz formada por minerales de alto y bajo interés económico.
- Promover reacciones químicas rápidas a través de la exposición de una gran área superficial.
- Producir un material con características de tamaño deseable para su posterior procesamiento, manejo, almacenamiento y/o comercialización.

Existe un límite de tamaño en las partículas de mineral hasta donde los chancadores son eficientes, pasado este límite realizan un trabajo muy pobre en comparación a la energía consumida.

Para los tamaños más finos, existen molinos que realizan la reducción de tamaño del mineral con un mejor rendimiento que los chancadores.

### 3.2.1. Diagrama de Flujos

Se usa el concepto de conminución para identificar los procesos que tienen que ver con la reducción de tamaño de los minerales y que permiten liberar las especies valiosas contenidas en ellos. (Circuito abierto)

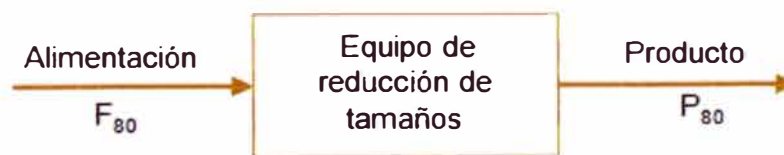


Figura 6: Circuito Abierto

A la relación entre el tamaño de alimentación y el de descarga de cualquier equipo de conminución se le llama razón de reducción.



Figura 7: Reducción en Chancado Cónica



Algunos equipos y sus valores típicos de razón de reducción.

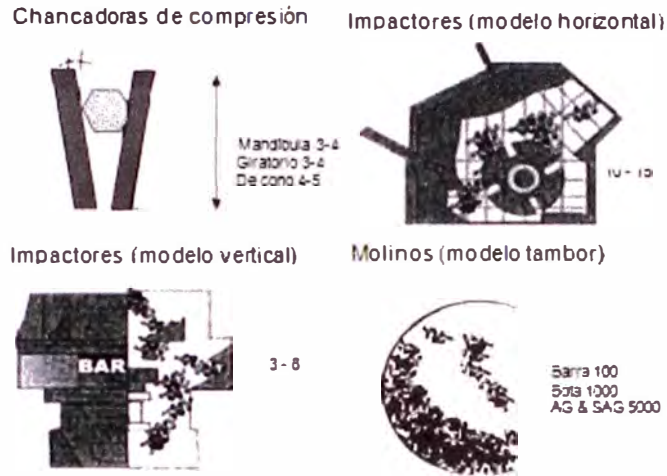


Figura 8: Razón de Reducción Típico

Todos los chancadores tienen una razón de reducción limitada; puesto que, el tamaño global del circuito se va a realizar en etapas.

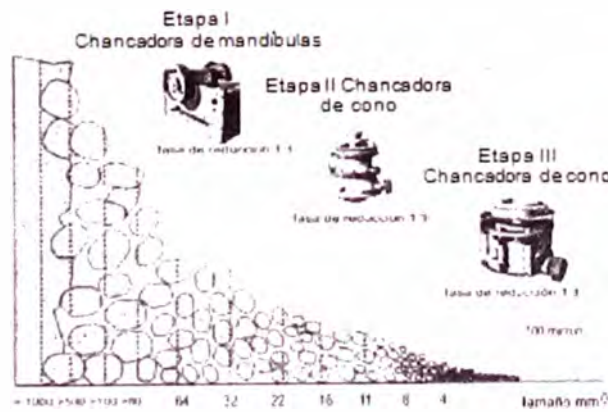


Figura 9: Chancadoras Apropriadas para Diferentes Etapas

El circuito abierto de chancado conformado por tres etapas, cada etapa de la descarga alimenta la etapa siguiente del chancador. La descarga del chancado terciario constituye el producto final.

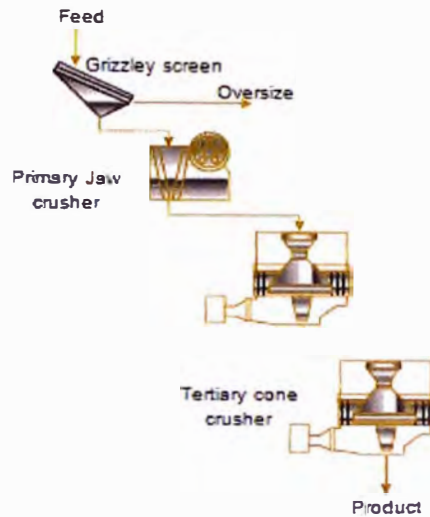


Figura 10: Circuito abierto de Chancado

El diagrama de una etapa de chancado en un circuito cerrado; es decir, la descarga del chancador alimenta a un harnero. El sobre tamaño recircula al chancador y el bajo tamaño constituye el producto que pasa a la siguiente etapa.

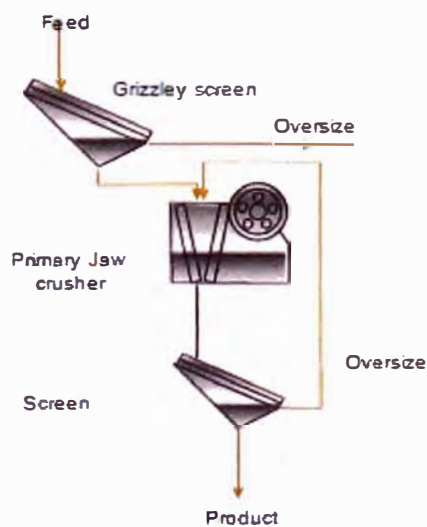


Figura 11: Circuito cerrado de Chancado

### **Carga circulante**

El cociente entre el flujo de mineral que alimenta al equipo de reducción de tamaño y el flujo de alimentación fresca al circuito, en porcentaje.

#### **3.2.2. Mecanismos de Reducción de tamaño en conminución**

**Fractura:** Es el fraccionamiento de un cuerpo sólido en varias partes.

**Compresión:** Es la aplicación de esfuerzos de compresión. Normalmente se produce en máquinas de chancado donde existe una superficie fija y otra móvil, da origen a partículas finas y gruesas. La cantidad de material fino se puede disminuir reduciendo el área de contacto, utilizando superficies corrugadas.

**Impacto:** Es la aplicación de esfuerzos compresivos a alta velocidad. De esta manera la partícula absorbe más energía que la necesaria para romperse. El producto, normalmente, es muy similar en forma y tamaño.

**Cizalle:** El cizalle ocurre como un esfuerzo secundario al aplicar esfuerzos de compresión y de impacto. Produce gran cantidad de finos y, generalmente, no es deseable.

**Astillamiento:** La ruptura de cantos de una partícula, ocurrida por la aplicación de esfuerzos fuera del centro de la partícula, genera el mecanismo de astillamiento.

**Abrasión:** Cuando el esfuerzo de cizalle se concentra en la superficie de la partícula se produce abrasión.



Figura 12: Tipos de equipos de reducción de tamaño

### 3.2.2.1. Etapas de Reducción de Tamaño

Las etapas de un proceso de reducción se identifican de acuerdo al diseño desarrollado para el procesamiento del mineral.

Si el mineral requiere una reducción fina, se identifican:

- Circuito de molienda convencional (3 etapas de chancado y dos de molienda).
- Circuito de molienda unitario (3 etapas de chancado y uno de molienda)
- Circuito de molienda semiautógena (una etapa de chancado y dos de molienda).

Si el mineral requiere una reducción gruesa, solo se trabaja con etapas de chancado.

### **3.2.2.2. Etapas de Chancado**

#### Convencional

- Trituración primaria:
  - Trata el material que viene de la mina, con trozos máximos de hasta 1.5m (60 pulg.) entrega un producto de 15 a 20 cm (6 a 8 pulg.)
- Trituración secundaria:
  - Toma el producto de la trituradora primaria y lo reduce a su vez a un producto de 5 a 8 cm (2 a 3 pulg.)
- Trituración terciaria:
  - Toma el producto de la trituración secundaria y lo reduce a su vez a un producto de 1 a 1.5 cm (3/8 a 1/2 pulg.) que puede ir a una etapa de molienda (en el caso de sulfuros de cobre) o al proceso de lixiviación (en el caso de óxidos).

Las primeras etapas se realizan para facilitar el manejo del material proveniente de la mina.

Las siguientes etapas de chancado y molienda, se realizan para separar las especies minerales de interés de la ganga.

- Las partículas están formadas por minerales individuales, se habla de partículas libres.
- Se consisten en dos o más especies minerales, se les llama partículas mixtas.

### 3.2.2.3. Energía y Reducción de Tamaño

Desde los primeros años de aplicación industrial de los procesos de conminución al campo de beneficio de minerales, se constató la relevancia del consumo de energía específica como parámetro controlante de la reducción de tamaño y granulometría final del producto, en cada etapa de conminución.

Tabla 1: Consumo de Energía

Etapa	Sub-etapa	Rango tamaño (solo referencial)	Consumo de energía KW/t
Chancado	Primario	100 a 10 cm	0,3 a 0,4
	Secundario	10 a 1 cm	0,3 a 2
	Terciario	1 a 0,5 cm	0,4 a 3
Molienda	Primario	10 a 1 mm	3 a 6
	Secundario	1 a 0,1 mm	4 a 10

### 3.2.2.4. Consumo Específico de Energía

Se define como la energía que se debe consumir para provocar la fractura de una tonelada del mineral que se procesa, se mide en kWh/t. En forma práctica se calcula como la razón entre el consumo de potencia del circuito de reducción de tamaños (normalmente la potencia consumida por el equipo de reducción de tamaños) en kW y el flujo de alimentación fresca al circuito en t/h:

### 3.2.2.5. Relación Energía Consumida y Tamaño de Partícula Producido

En cada etapa de conminución, el consumo de energía específica es un parámetro controlante de la reducción de tamaño y granulometría final del producto.

La energía consumida se encuentra estrechamente relacionada con el grado de reducción de tamaño alcanzado por las partículas (según en la etapa que corresponda).

Las operaciones industriales se realizan generalmente por equipos operados mecánicamente como: chancadoras de mandíbula, chancadoras de cono y chancadoras de rodillo.

Los mecanismos de chancado se verifican por aplicación de fuerzas de impacto, presión o una combinación de ambos.

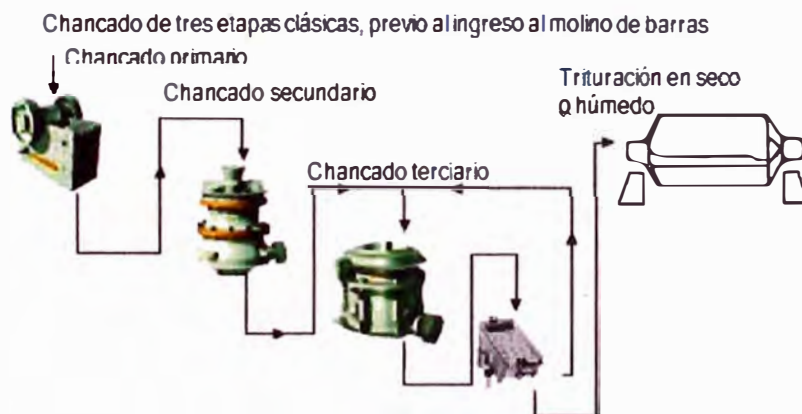


Figura 13: Tres Etapas Clásicas de Chancado

El tamaño final de partículas requerido es logrado por los requerimientos de liberación.

Normalmente, el chancado es menos importante que la molienda:

- El número de etapas de chancado puede ser minimizado.
- El número de etapas depende del tamaño de alimentación a molienda.

### **3.2.3. Tipos, Descripción y Selección de Chancadora**

Los métodos de reducción de tamaño pueden agruparse de varias maneras, pero como la reducción ocurre en etapas, el tamaño de las partículas aporta el método primario de agrupamiento.

Si el cuerpo de mineral es de carácter masivo, el minado o extracción es en realidad la primera etapa de reducción de tamaño. Generalmente se realiza con explosivos, aunque pueden usarse medios mecánicos en los minerales más blandos.

El término chancado se aplica a las reducciones subsecuentes de tamaño hasta 6 mm a 25 mm (aprox.), considerándose las reducciones a tamaños más finos como molienda.

Tanto el chancado como la molienda pueden subdividirse en etapas primaria, secundaria, terciaria y hasta cuaternaria.

Como estas etapas se relacionan con la maquinaria empleada los límites no son rígidos y en cualquier operación puede que no se requieren todos.

El chancado es aquella operación unitaria o grupo de operaciones concernientes a la reducción de trozos grandes a fragmentos de rocas, donde las partículas mas grandes ene le producto van de ¼" a 3/8".



El chancado puede dividirse en:

- Chancado grueso – Chancado primario
- Chancado fino – Chancado secundario / terciario

La decisión en cuando a qué tipo de chancador utilizar, dependerá del tipo de material y aplicación que se quiera dar al material.

Las chancadoras son clasificadas de acuerdo al tamaño del material tratado, con subdivisiones en cada tamaño y de acuerdo a la aplicación de fuerzas.

### **3.2.3.1. Equipos Utilizados**

#### Chancado Primario

- Chancadoras giratorias
- Chancadoras de mandíbulas
- Chancadoras de rodillos

#### Chancado Secundario

- Chancadoras de cono
- Chancadoras de cono cabeza corta
- Chancadoras de rodillos
- Chancadoras de martillo
- Chancadoras de impacto

Chancador primario: Fractura la mena de alimentación proveniente de la mina, desde 60" hasta 8"o 6" de producto.

Chancador secundario: Toma el producto del chancador primario y lo reduce en una pasada hasta 3" o 2" de producto.

Chancador terciario: Toma el producto del chancador secundario o chancadores intermedios reduciendo el material bajo 1/2" o 3/8".

### **3.2.3.2. Chancado Primario**

El chancado primario puede ser realizado por un chancador giratorio o un chancador de mandíbula.

#### **A. Chancador Giratorio**

El movimiento máximo de la cabeza ocurre en la descarga, evitando los problemas de hinchamiento del material. Debido a que chanca durante el ciclo completo, tiene más capacidad que un chancador de mandíbulas del mismo tamaño (boca); por ello se le prefiere en plantas que tratan altos flujos de material

Operan normalmente en circuito abierto, aunque si el material de alimentación tiene mucho fino, este debe ser preclasificado.

El tamaño de las chancadores Giratorios se especifica por la boca (ancho de la abertura de admisión) y el diámetro del manto. El casco exterior es de acero fundido, mientras que la cámara de chancado está protegido con revestimiento o "cóncavos" de acero al manganeso. La cabeza está protegida por un manto de acero al manganeso la que a su vez está recubierta por alguna resina epóxica, poliuretano, goma o algún otro recubrimiento.

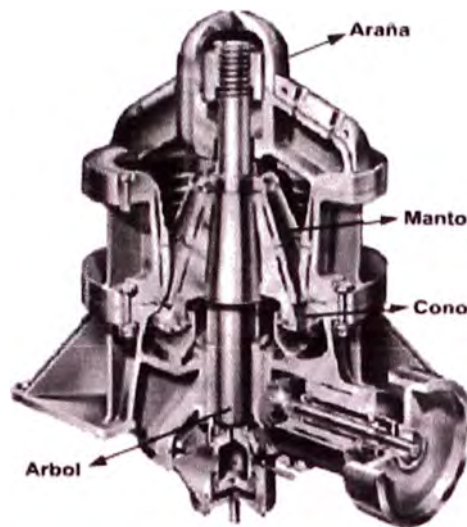


Figura 14: Corte de un Chancador Giratorio

#### Aspectos Funcionales

- El movimiento máximo de la cabeza ocurre cerca de la descarga (idem mandíbulas), evitando un atollo debido a la hinchazón. Por lo tanto la maquina es un buen chancador de detención.
- El aspa gira libremente sobre su eje en la manga excéntrica.

#### Ventajas sobre Mandíbulas

- Debido al giro, a diferencia del chancador de mandíbula, chanca sobre un ciclo completo.
- Tiene una capacidad más alta que un chancador de mandíbula del mismo boquete.
- Se usa en las plantas que manejan grandes tonelajes.
- Para tasas de chancado sobre 900 tph, siempre se seleccionan chancadores giratorios.

### Tamaños de Equipo

- Están en un rango de boquete desde 1830 mm
- Pueden chancar minerales de un tamaño superior a 1370 mm a una tasa superior 5000 tph con un set de 200 mm
- En estos chancadores el consumo de potencia es tan alto como 750 kW

### Sistema de Alimentación

- En chancadores giratorios grandes, se evitan mecanismos de alimentación costosos.
- Frecuentemente son alimentados con camiones
- Operan satisfactoriamente con la alimentación enterrada en la cabeza.
- Los finos deben removerse de la alimentación.

### **B. Chancadoras de Mandíbulas**

Las chancadoras de mandíbulas son equipos dotados de 2 placas o mandíbulas. Una de ellas es móvil y presiona fuerte y rápidamente a la otra, fracturando el material que se encuentra entre ambas.

Según el tipo de movimiento de la placa móvil, se clasifican en los siguientes tipos:

- Blake
- Dodge

- Universal



Figura 15: Tipos de Chancadoras de Mandíbula

La chancadora de mandíbula se especifica por el área de entrada; es decir, la distancia entre las mandíbulas en la alimentación (feed) que se denomina boca y el ancho de las placas (largo de la abertura de admisión).

#### Placas de Mandíbula Corrugadas

- Pueden ser lisas, pero frecuentemente son corrugadas
- Se prefiere para materiales duros y abrasivos
- Capacidad se reduce cuando se usa un perfil corrugado en vez de una superficie lisa.

#### Placas Lisas

- Las placas de chancado lisas convencionales tienden a realizar chancado solo por compresión
- Sin embargo, las partículas irregulares bajo carga por compresión pueden fracturarse, también, por tensión

### Placas Curvadas

- Se usan placas curvadas para superar problemas de atollo en la descarga del chancador.
- Ocurre cuando hay presencia de finos en la alimentación
- El extremo inferior de la mandíbula que oscila es cóncava.
- La mitad inferior de la placa fija opuesta es convexa.

### Ventajas Placas Curvadas

- Reducen de modo gradual el tamaño del material en la salida.
- Minimiza la posibilidad de empaquetamiento
- Se tiene un menor desgaste en las placas de la mandíbula; debido a que todo el material está distribuido sobre un área mayor.

### Velocidad de las Mandíbulas

- La Velocidad de las mandíbulas de los chancadores varia de modo inverso al tamaño.
- El rango es de 100 – 350 rev/min

#### **3.2.3.3. Chancado Secundario y Terciario**

Los chancadores secundarios y terciarios son más pequeños que los primarios.

Tratan el producto del chancado primario (generalmente menor a 6 pulgadas de diámetro). Al igual que los primarios, trabajan en seco y reducen el mineral a un tamaño adecuado para molienda o chancado terciario, si es que el material lo requiere.

Los chancadores usados en chancado secundario y terciario son esencialmente los mismos, excepto que para chancado terciario se usa una abertura de salida menor.

El equipo más usado es el chancador de cono, también se utilizan los chancadores de rodillo.

#### **A. Chancador de Cono**

Es un chancador giratorio modificado.

La principal diferencia es el diseño aplanado de la cámara de chancado. Tiene como objetivo, lograr una alta capacidad y una importante reducción del material.

El objetivo es retener el material por más tiempo en la cámara y así lograr una mayor reducción del material.

El eje vertical de este chancador es más corto y no está suspendido como en el giratorio, sino que es sostenido en un soporte universal bajo la cabeza giratorio o cono.

El chancador de cono se produce en dos versiones:

- Cono estándar
- Cono de Cabeza Corta

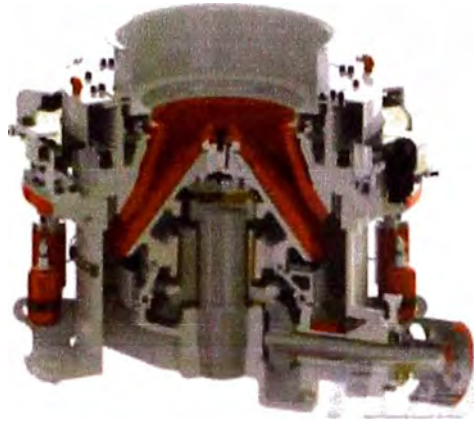


Figura 16: Corte de un Chancador Cónica

El estándar se usa para chancado secundario y el de cabeza corta para chancado terciario. Ambos tipos difieren principalmente en la forma de la cámara de chancado.

El chancador de cono estándar tiene un revestimiento escalonado, permitiendo una alimentación más gruesa que en la cabeza corta.

El tamaño del material de alimentación depende del diámetro del cono.

El chancador de cabeza corta tiene un ángulo de cabeza más aguda que el estándar



### 3.2.4. Dimensiones de Chancadoras

El dimensionamiento adecuado de cualquier chancador no es fácil.

Los gráficos sirven de guía para encontrar el tamaño adecuado de un chancador. Estos gráficos se obtienen del método de dimensionamiento de Metso Minerals y las siglas de los gráficos corresponden a los modelos de sus chancadores.

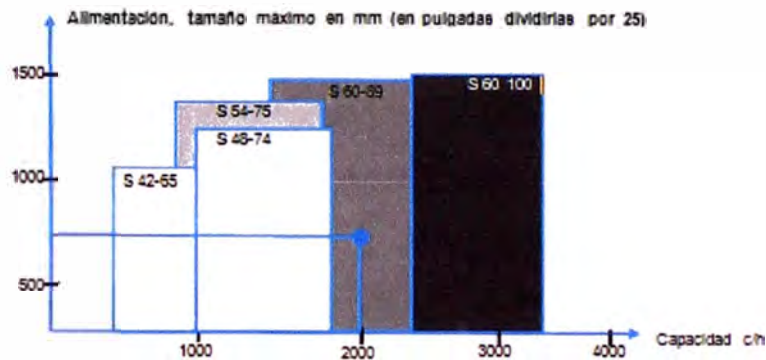


Figura 17: Tamaño de Alimentación vs. Capacidad (Giratorio Primario)

En general todos los chancadores se pueden dimensionar a partir del tamaño máximo de alimentación. Para un determinado tamaño de mineral de alimentación se puede seleccionar el equipo adecuado, sabiendo su capacidad.

### 3.2.5. Separación de tamaño en hameros

La clasificación se define como una técnica para evaluar el rendimiento (eficiencia) de un proceso. Para realizar la clasificación se debe recurrir a separadores.



Figura 18: Harnero de Alta Frecuencia

### Separadores

- Harneros: Apropriados para separa partículas de tamaño grueso: chancado
- Clasificadores: Apropiado para separa partículas de tamaño fino: molienda. Hidrociclones, conos Reichert, espirales, mesas, etc.

En general los procesos de clasificación son procesos probabilísticos, es decir, dependen de una conjugación de efectos de "n" variables para realizarse.

En el caso del harnado, se puede relacionar en términos de muchas variables, entre las que se pueden mencionar:

- Tamaño de la partícula
- Forma de la partícula
- Abertura disponible
- Enfrentar la superficie

### 3.2.5.1. Clasificación en Harneros y Circuitos de Reducción de Tamaños

La clasificación de partículas en circuitos de conminución obedece a los siguientes objetivos:

- Extraer del circuito aquellos materiales suficientemente finos con respecto al producto de cada equipo, permitiendo aumentar la capacidad de estos evitando así la sobremolienda.
- Los procesos de concentración, tiene por objeto proporcionar una serie de productos de dimensiones controladas, permitiendo que cada equipo de concentración pueda ser operado de tal manera que alcance tasas de concentración superiores a las que se podrían obtener si la alimentación no hubiera sido clasificada.
- En ciertas industrias (carbón, fluorita, baritina, arenas, etc.), los productos deben satisfacer ciertas restricciones granulométricas.

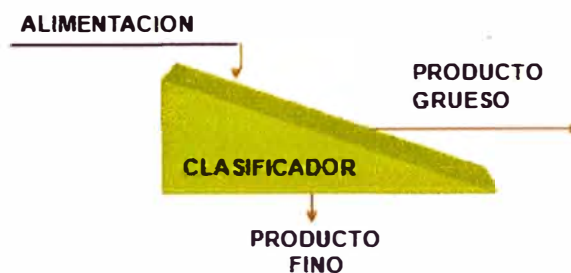


Figura 19: Esquema de Separación Granulométrica

La separación granulométrica o clasificación en seco se realiza por harneado. En el harneado las partículas se separan principalmente de acuerdo con su dimensión y forma, mientras que en la clasificación hidráulica lo hacen por

diferencias de tamaño, densidad y forma, ya que estas propiedades afectan sus velocidades relativas en el fluido.

Los objetivos de Hameado son:

- Separar los fragmentos más gruesos contenidos en una mezcla de material, ya sea para eliminarlos o para ser enviados a una nueva etapa de chancado.
- Separar los fragmentos más pequeños, como un producto final o eliminarlos como desechos.
- Extraer desde la alimentación a una chancadora aquel material que ya cumple con las especificaciones del producto de modo de aumentar la capacidad y eficiencia de la maquina.

El harneado mecánico se basa en las oportunidades de paso de la partícula a través de la superficie clasificadora. Estas oportunidades son función de la trayectoria de los granos (velocidad, dirección), la forma de las partículas, del espesor del orificio, del número sucesivo de orificios que una partícula determinada puede encontrar, etc.

Se les denomina partículas difíciles a aquellas cuya dimensión está comprendida entre 0.75 y 1.25 veces la abertura. Esta noción es muy útil para la apreciación de la capacidad de hameado.

Los factores que afectan la capacidad de harneado son:

- El porcentaje de rechazos en el material a cribar
- El porcentaje de partículas difíciles
- El contenido de humedad
- La forma de la partículas

Con respecto a la eficiencia del harneado hay que tener presente que no existe separación industrial con resultados perfectos, lo que se debe a que:

- La longitud de los harneros son limitados
- Las superficies de harneado presentan tolerancias de fabricación que no hacen más que incrementarse con el desgaste
- Su deterioro accidental puede conducir a perturbaciones si no son inmediatamente descubiertas.

El efecto de la forma de la partícula es muy importante en el tamaño crítico, ya que este corresponde a un tamaño muy cercano al tamaño de las aberturas.

La probabilidad de que estas partículas sean clasificadas como sobretamaño o bajo tamaño dependerá principalmente de que la partícula se presente a la abertura en la orientación adecuada.

El rendimiento de los hameros se caracteriza por tres parámetros:

- Movimiento
- Inclinación
- Medios de Clasificación

## A. Medios de Clasificación

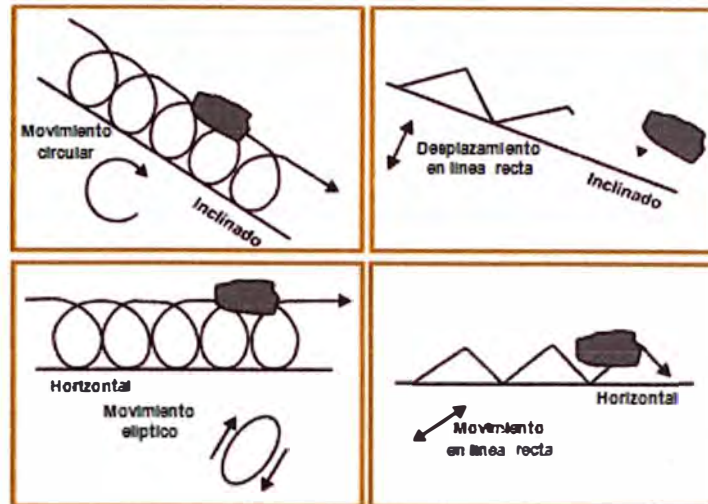


Figura 20: Medios de Clasificación

## B. Eficiencia de Harneado

La eficiencia de harneado se basa en que las partículas que pueden pasar no sean arrastradas por el sobretamaño y, por consiguiente, estas partículas finas no sean recirculadas a la chancadora.

Con respecto a la eficiencia del harneado hay que tener presente que no existe separación industrial con resultados perfectos, lo que se debe a que:

- La longitud de los harneros son limitados
- Las superficies de harneado presentan tolerancias de fabricación que no hacen más que incrementarse con el desgaste
- Su deterioro accidental puede conducir a perturbaciones si no son inmediatamente descubiertas.

### 3.2.5.2. Modelos de Harneros

Existen variados modelos de harneros que se pueden reducir a cuatro tipos, que se mostrarán a continuación.

De éstos, el 80% de los que se usan mundialmente en minería son del tipo de harneros por estratificación de inclinación simple.

Los demás son modelos de inclinación doble, triple o múltiple, en donde el colado por estratificación y caída libre se combinan para diferentes aplicaciones.

Tabla 2: Tipos de Harneros

Parrillas Fijas	Barrotes Fijos Rejilla Curva	
Parrillas Móviles	Lentas	Barrotes móviles Parrilla Ross De rodillos Trommel
	Rápidas	De sacudidas De resonancia De vibración circular o elíptica De vibración rectilínea

#### A. Inclinación simple

- Harneado de estratificación.
- Movimiento circular.
- Inclinación de 15°.
- Se mantiene como líder para el hameado selectivo.

**B. Inclinación Doble**

- Hameado por caída libre.
- Compacto: su alta capacidad se paga por selectividad menor.
- Típico en circuitos de plantas de chancado.

**C. Inclinación Triple**

- Combina capacidad y selectividad.
- Hamero de control típico para fracciones de productos diferentes.

Los hameros pueden ser de distintos tipos, formas y rangos de tamaño de operación y algunos de ellos son los siguientes:

- a) Parrilla estacionaria: antes del chancador primario
- b) Parrilla de rodillos: antes del chancador primario
- c) Superficie curvada: rango: 2000-45  $\mu\text{m}$
- d) Giratorios: tambor (Trommel): 15-20 rpm, húmedo o seco (seco: 6-1 cm)
- e) Vibratorios
  - Inclinado: 600-7000 rpm bajo 25 mm, muy utilizados hasta 200  $\mu\text{m}$
  - Horizontal: Superficie rectangular, 600-3000

Los hameros vibratorios funcionan a mayor velocidad, y tienen como objetivo levantar las partículas de la superficie del hamero.



En sí, el proceso de hameado está en función de parámetros del mineral, harnero y estratificación.

a) Mineral: En cada caso, los parámetros más importantes son los siguientes: densidad aparente, distribución de tamaños, diámetro y humedad.

b) Harnero: Superficie (porcentaje del área abierta, tamaño de la abertura, forma de la abertura, espesor), vibración (amplitud, frecuencia, dirección), ángulo de inclinación y tipo de alimentación.

c) Estratificación: Consiste en la separación del material según el tamaño. Sin la estratificación los gruesos tapan la superficie del harnero impidiendo que se clasifiquen los finos.

La estratificación está en función del espesor del lecho debido a que a nivel industrial se pueden presentar lechos demasiados delgados (que tapan las aberturas, impidiendo el paso de las partículas finas) y lechos demasiado gruesos, que obstruyen la percolación de las partículas finas hacia las aberturas.

Además de afectar la eficiencia de separación, los espesores de lechos definen la capacidad de producción del harnero, de modo que lechos demasiados delgados significan una baja capacidad de producción del harnero, mientras que lechos muy gruesos se traducen en una alta capacidad de tratamiento másico, pero una muy baja capacidad de separación efectiva.

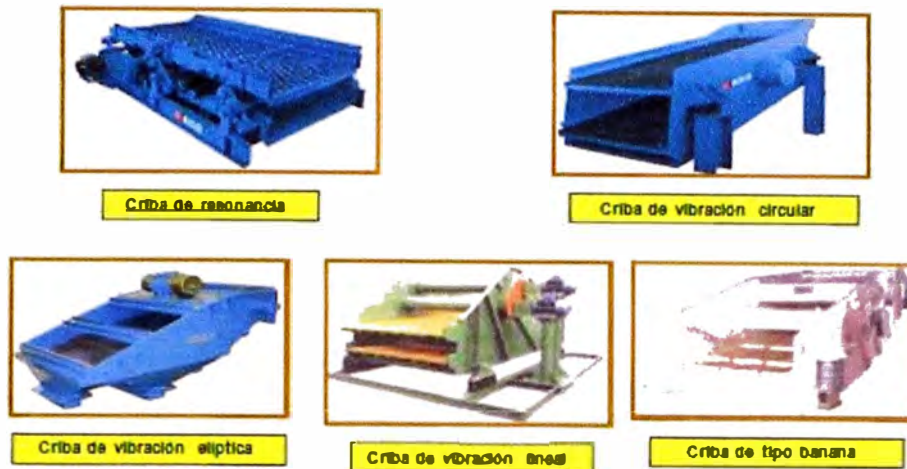


Figura 21: Parrillas Móviles Rápidas (más de 300 ciclos/min)

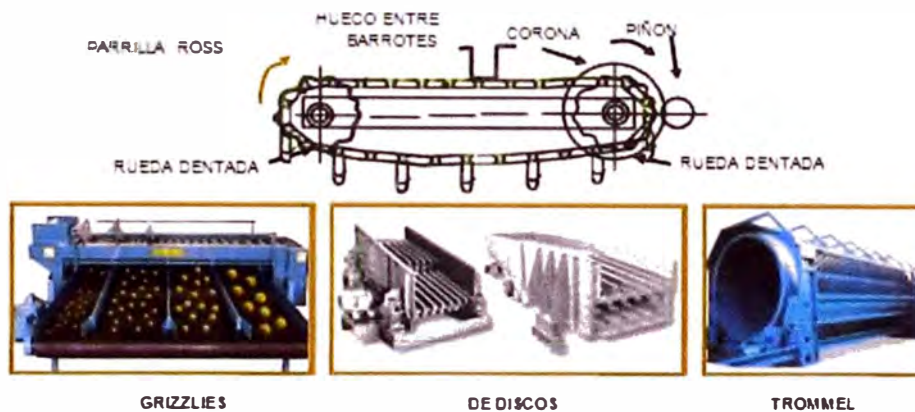


Figura 22: Parrillas Móviles Lentos

### 3.2.5.3. Especificaciones de Mallas

La selección del tipo y tamaño correcto del harnero en cualquier aplicación de clasificación es importante. De igual trascendencia, es la correcta selección del medio de hameado. Esto se relaciona no solo con las aberturas correctas respecto al tamaño de corte requerido para una mayor eficiencia de clasificación, sino también al tipo y calidad del material de construcción de las mallas y/o paneles que se necesiten para armar el harnero y prevenir el excesivo desgaste en la operación

de éste. A continuación se muestra una pequeña guía de selección para la selección del medio de harneado.

#### **A. Especificación del Espesor**

Regla general para grosos mínimo:

Tamaño máximo de alimentación = Grosor de la malla / 4

#### **B. Tipos de paneles para fijar mallas de harneros**

Paneles tensionados con ganchos: Se adecúan a cualquier harnero que esté diseñado con decks inclinados y ángulos como atiesadores.

Paneles apernados: Tensados con anterioridad para una fácil instalación y rendimiento garantizado de harnero.

Paneles autosoportantes: Para harneros de diseño de marco abierto para aplicaciones pesadas.

Sistemas modulares: Ofrecen flexibilidad en el material de desgaste con combinaciones de configuración de orificios.

Paneles de malla de alambre: Ofrecen un área abierta superior, de disponibilidad rápida.

#### **3.2.5.4. Capacidades de Harneros.**

El dimensionamiento de los harneros es un proceso que toma tiempo y experiencia para su cálculo, aun para los especialistas.

Para tener una idea sobre capacidades de instalaciones en operación o sus carencias se pueden utilizar tablas como la que se muestra a continuación:

Tabla 3: Alimentación por medio plataforma de harnero (t/h)

Separación (mm)	3.6 x 1.5 m 5.4 m <sup>2</sup>	4.2 x 1.8 m 7.6 m <sup>2</sup>	4.8 x 2.1 m 10.0 m <sup>2</sup>	6.0 x 2.4 m 14.4 m <sup>2</sup>
2	20	30	45	65
5	50	70	95	135
8	75	105	140	180
12	100	145	200	230
16	125	180	230	270
25	175	250	300	350
32	200	290	350	400
50	270	370	430	500
90	370	460	550	640

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS**

#### **4.1. Fajas Transportadoras**

##### **4.1.1. Información Técnica**

###### **4.1.1.1. Introducción**

En el diseño de instalaciones para el manejo de materias primas o de productos acabados, la elección del medio de transporte debe favorecer el medio que, a igualdad de volúmenes transportados, presente los menores costes, tanto de empleo como de mantenimiento, y a su vez posea suficiente flexibilidad para adaptarse a una amplia variedad de capacidades de transporte o a sobrecargas momentáneas.

La cinta transportadora, utilizada en medida creciente durante los últimos decenios, es un medio de transporte que satisface ampliamente estas exigencias. Comparado con otros sistemas, se ha revelado en efecto como el más económico, incluso porque se puede adaptar a las más diferentes condiciones de trabajo.



Figura 23: Disposición de Fajas en Sección de Chancado

Actualmente no se usa sólo para el transporte horizontal o en subidas, sino también en curvas, en ligeras bajadas y con velocidades relativamente elevadas.

#### **4.1.1.2. Definición y Características de una Faja Transportadora**

La función de una cinta transportadora es la de transportar de forma continua de materiales a granel homogéneos o mezclados, a distancias que pueden oscilar entre algunos metros y decenas de kilómetros.

Uno de los componentes principales del transportador es la banda de goma, que ejerce una doble función:

- Contener el material transportado
- Transmitir la fuerza necesaria para transportar la carga.

La cinta transportadora es un dispositivo capaz de trasladar de forma continua los materiales que transporta en su parte superior.

Las superficies, superior (de ida) e inferior (de retorno) de la banda, descansan sobre una serie de rodillos soportados por estructuras metálicas (estaciones).

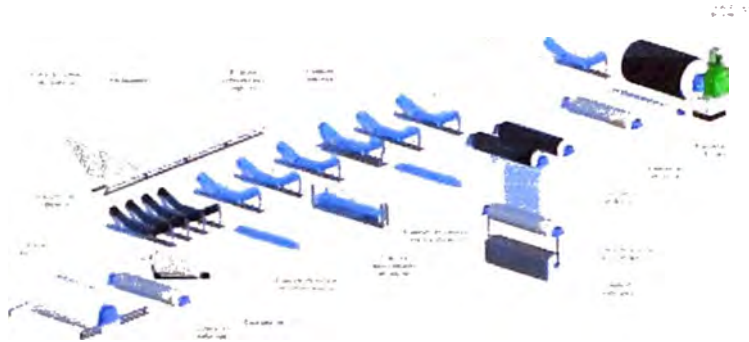


Figura 24: Esquema de una Faja Transportadora

En los dos extremos del transportador, la banda se enrolla en tambores, uno de los cuales, acoplado a un órgano motor, transmite el movimiento.

El más competitivo de los demás sistemas de transporte, es seguramente por medio de camión. Respecto a este último, la banda transportadora presente las siguientes ventajas:

- Menor número de operarios
- Consumo energético limitado
- Mantenimiento programable con largos intervalos
- Independencia de los sistemas vecinos
- Costes de funcionamiento reducidos.

A igualdad de carga, las grandes cintas transportadoras pueden presentar costes inferiores de hasta un 40 a 60% respecto al transporte por medio de camión.

Los órganos mecánicos y eléctricos de la cinta transportadora, tales como rodillos, tambores, rodamientos, motores, etc. Se fabrican según normas unificadas. Los niveles cualitativos alcanzados por los mejores fabricantes garantizan su funcionalidad y duración a lo largo del tiempo.

Los componentes principales de la cinta transportadora (banda y rodillos) requieren, que se dimensionan e instalen correctamente, un mantenimiento muy reducido. La banda de goma necesita poquísimas reparaciones superficiales y los rodillos lubricados para toda la vida permiten, si son de buena calidad y de concepción avanzada, reducir el porcentaje anual de sustituciones mediante el mantenimiento ordinario.

El revestimiento de los tambores tiene una duración mínima de dos años. El empleo de dispositivos de limpieza adecuados de la banda en el punto de alimentación y en los de descarga asegura una mayor duración de las instalaciones y un menor mantenimiento.

Todos estos factores, junto al limitado coste de las obras de soporte para salvar desniveles o el paso inferior de badenes, carreteras y otros obstáculos, así como las pendientes superables por las cintas transportadoras lisas (hasta 18°), y la posibilidad de recuperar energía en los tramos de recorrido en bajada, han hecho posible el diseño y la realización de transportadores con una longitud de hasta 100 km, realizados con tramos individuales de 15 km cada uno.



En la práctica de su uso en la práctica las características de flexibilidad, robustez y economía lo han convertido en el medio de transporte de materiales a granel más difundido y con las posibilidades más amplias de un desarrollo ulterior.

#### 4.1.1.3. Componentes y su Denominación

Los componentes básicos de una cinta transportadora tipo. En la realidad, con el variar de las exigencias de empleo, se podrán disponer de las más diferentes combinaciones de carga, descarga, elevación y de órganos accesorios.

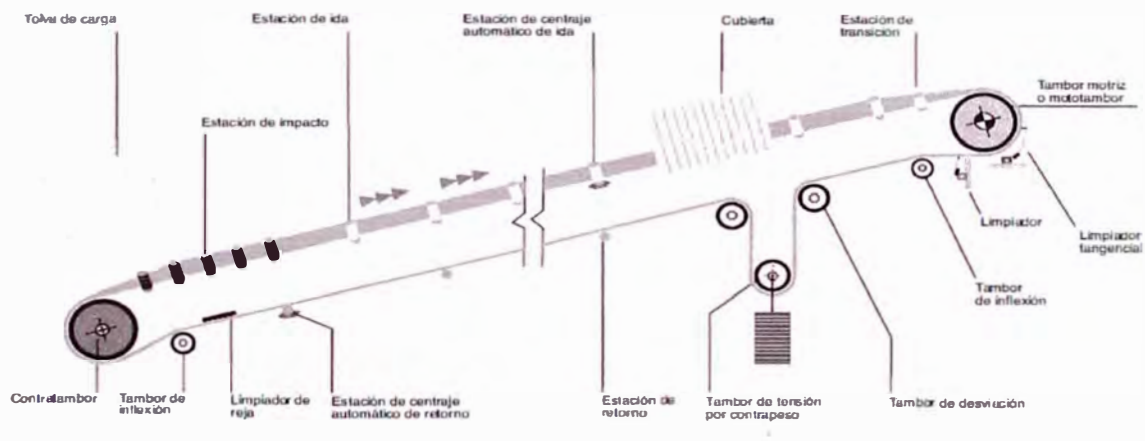


Figura 25: Componentes de una Faja Transportadora

#### A. Cabecal motriz

Puede ser de tipo tradicional o con mototambor.

- Tradicional

Está compuesto por un grupo de mando constituido sucesivamente: por un tambor motriz de diámetro apropiado a la carga en la banda y por un tambor de inflexión.

El movimiento lo proporciona un motoreductor del tipo pendular o de ejes ortogonales o paralelos, éstos últimos acoplados por medio de una junta al tambor motriz.

- **Mototambor**

En esta configuración el motor, el reductor y los cojinetes forman una unidad integrada y protegida en el interior del tambor de arrastre de la banda; se eliminan así todas las voluminosas partes exteriores de los cabezales motrices tradicionales. Actualmente se fabrican mototambores con un diámetro de hasta 800 mm y una potencia de unos 130 kW, con un rendimiento que puede alcanzar incluso el 97%.

## **B. Tambor motriz**

En el tambor motriz tradicional o en el mototambor, la envoltura se reviste normalmente de goma, de un espesor adecuado a la potencia a transmitir.

El revestimiento se presenta nervado, en forma de espiga, con el vértice situado en el sentido de la marcha o con surcos romboidales, para elevar el coeficiente de rozamiento y facilitar la descarga.

El diámetro de los tambores está dimensionado en base a la clase de resistencia de la banda y a la presión específica que actúa en la misma.

**C. Contratambores**

La envoltura no necesita revestimiento, a no ser en casos particulares; el diámetro normalmente es inferior al previsto para el tambor motriz.

**D. Tambores de desviación y de inflexión**

Se emplean para aumentar el ángulo de abrazamiento de la banda. Además, se utilizan también para todas las desviaciones necesarias en presencia de dispositivos de tensión mediante contrapeso, descargadores móviles, etc.

**E. Rodillos**

Sostienen la banda y tienen que garantizar el deslizamiento libre y regular bajo carga. Son los elementos más importantes de la banda transportadora y representan una parte considerable de su valor global.

El funcionamiento correcto de los rodillos es fundamental para garantizar la eficacia y la economía de empleo de la instalación.

**F. Estaciones superiores portantes y de retorno**

Los rodillos portantes están reunidos en general en conjunto de tres y sostenidos por un bastidor. La inclinación de los rodillos laterales está comprendida entre 20° y 45°. Se puede construir, además, un sistema de guirnalda con una inclinación de hasta 60°. Las estaciones de retorno pueden ser planas, con rodillos

individuales o reunidos en una pareja, en forma de "V" con 10° de inclinación. Al variar la configuración de los rodillos en las estaciones superiores (simétricas y no) se obtienen secciones de transporte diferentes.

### **G. Tensores**

La tensión necesaria para que se adhiera la banda al tambor motriz se mantiene mediante un dispositivo de tensión, que puede ser del tipo de tornillo, de contrapeso o con cabrestante motorizado.

El contrapeso determina una tensión constante en la banda, independientemente de las condiciones de funcionamiento. Su peso se dimensiona en el límite mínimo necesario para garantizar el arrastre de la banda, a fin de evitar esfuerzos inútiles.

La carrera prevista para un tensor de contrapeso depende de la deformación elástica a la que está sometida la banda en las diferentes fases de funcionamiento.

La carrera mínima de un tensor no deberá ser inferior al 2% de la distancia entre ejes del transportador para bandas reforzadas con productos textiles, y al 0,5% para bandas reforzadas con elementos metálicos.

## H. Tolvas de carga

La tolva de recogida y el tobogán de carga están dimensionados a fin de absorber, sin causar atascos ni daños a la banda, las variaciones instantáneas de la capacidad de carga y eventuales acumulaciones.

El tobogán tendrá que responder a las exigencias de caída del material, según la trayectorias calculadas en base a la velocidad de transporte, al tamaño, al peso específico del material transportado y a sus características fisicoquímicas (humedad, corrosividad, etc.).

## I. Dispositivos de limpieza

Actualmente, los sistemas de limpieza de las bandas son considerados con una atención particular, tanto porque reducen las intervenciones de mantenimiento en las cintas transportadores que transportan materiales húmedos y particularmente pegajosos, como porque permiten obtenerla máxima productividad.

Los dispositivos adoptados son diferentes. Los más difundidos, por la sencillez de su aplicación, son los de cuchillas raspadoras, montadas en soportes elásticos de goma.

## **J. Cubierta de las cintas transportadoras**

La cubierta de las cintas transportadoras es de fundamental importancia cuando es necesario proteger el material transportado contra factores atmosféricos y garantizar la funcionalidad de la instalación.

### **4.1.2. Características y Transportabilidad de los Materiales a Granel**

El diseño exitoso de una faja transportadora debe empezar con la apreciación exacta de las características del material.

- **Angulo de Reposo:** Es el ángulo que forma la superficie de montón normal, libremente constituido con la horizontal.
- **Angulo de Sobrecarga:** Es el ángulo que la superficie del material toma estando en reposo relativo a la faja transportadora en movimiento.
- **Fluidez del Material:** Se mide por su ángulo de reposo y sobrecarga y determina la sección transversal del material cargado que puede llevarse en una faja, de forma segura.

#### **4.1.2.1. Comportamiento de los Materiales sobre la Faja en Movimiento**

Al pasar la faja consecutivamente, sobre cada rodillo, el material se agita. Esta agitación tiende a llevar los pedazos más grandes a la superficie de la carga y las partículas más pequeñas o finas al fondo.

**4.1.2.2. Efecto de Pendientes y Declives**

En una pendiente o declive de la faja transportadora, la gravedad hace necesario que la sección transversal real de la carga sea considerada en un plano vertical. Para mantener el ancho total del material cargado en la faja y mantener los ángulos de la sobrecarga inalterados, la sección transversal posible en una faja en pendiente o declive debe ser menor que para una faja horizontal.

Tabla 4: Fluidez, Angulo de Sobrecarga y Reposo

Flow				
Very free flowing 1°	Free flowing 2°	Average flowing 3°		Sluggish 4°
Angle of Surcharge				
5	10°	20	25	30
Angle of Repose				
0-19	20-25	30-34	35-39	40 - up
Material Characteristics				
<i>Uniform size, very small rounded particles, either very wet or very dry, such as dry silica sand, cement, wet concrete, etc.</i>	<i>Rounded, dry polished particles, of medium weight, such as whole grain and beans.</i>	<i>Irregular, granular or lumpy materials of medium weight, such as anthracite coal, cottonseed meal, clay, etc.</i>	<i>Typical common materials such as bituminous coal, stone, most ores, etc.</i>	<i>Irregular, stringy, fibrous, interlocking material, such as wood chips, bagasse, temperal foundry sand, etc.</i>

### **4.1.3. Capacidades, Anchos y Velocidades de Faja**

#### **4.1.3.1. Anchos de Faja**

Los anchos de la faja se expresa habitualmente en pulgadas. Los anchos disponibles por los fabricantes de fajas transportadoras son: 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 72, 84 y 96 pulg.

Generalmente, para una velocidad dada, el ancho y la capacidad de la faja transportadora se incrementan juntos. Sin embargo, el ancho de las fajas más estrechas, pueden determinarse por el tamaño de trozo manejado.

#### **4.1.3.2. Consideraciones del Tamaño de Trozo**

El tamaño del trozo influye en las especificaciones de la faja y en la elección de los rodillos de transporte.

Existe una relación empírica entre el tamaño del trozo y el ancho de la faja. El tamaño máximo recomendado del trozo para varios anchos de faja es como sigue:

- Para una sobrecarga de 20°: Con 10% de trozos y 90% de finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es 1/3 del ancho de la faja. Con todo en trozos y sin finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es de 1/5 del ancho de la faja.



- Para una sobrecarga de 30°: Con 10% de trozos y 90% de finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es 1/6 del ancho de la faja. Con todo en trozos y sin finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es de 1/10 del ancho de la faja.

Otra manera de determinar ancho de faja para un tamaño de trozo específico es mediante el siguiente grafico.

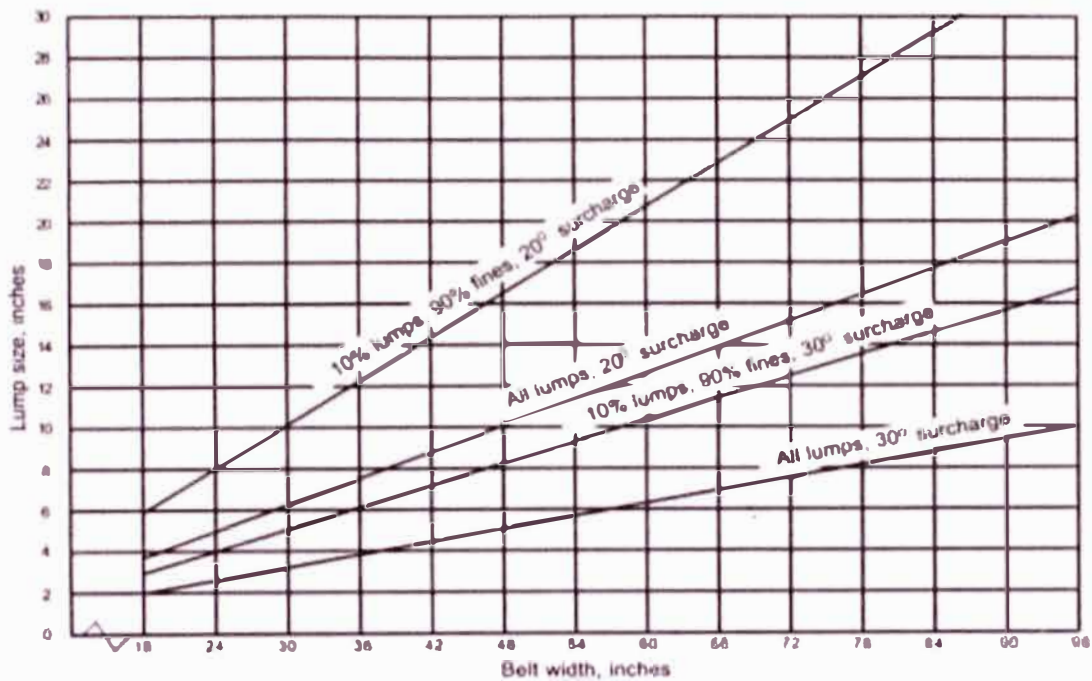


Figura 26: Anchos necesarios para tamaño de trozo dados.

#### 4.1.3.3. Velocidades de Faja

Las velocidades convenientes dependen en gran medida de las características del material a ser transportado, la capacidad deseada y las tensiones de la faja empleadas.

Recomendaciones generales para las velocidades máximas de fajas transportadoras.

Tabla 5: Velocidad de faja máximo recomendadas.

Material Being Conveyed	Belt Speeds (fpm)	Belt Width (inches)
Grain or other free-flowing, nonabrasive material	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Coal, damp clay, soft ores, overburden and earth, fine-crushed stone	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Heavy, hard, sharp-edged ore, coarse-crushed stone	350	18
	500	24-36
	600	Over 36
Foundry sand, prepared or damp; shake-out sand with small cores, with or without small castings (not hot enough to harm belting)	350	Any width
Prepared foundry sand and similar damp (or dry abrasive) materials discharged from belt by rubber-edged plows	200	Any width
Nonabrasive materials discharged from belt by means of plows	200, except for wood pulp, where 300 to 400 is preferable	Any width
Feeder belts, flat or troughed, for feeding fine, nonabrasive, or mildly abrasive materials from hoppers and bins	50 to 100	Any width

#### 4.1.3.4. Capacidades de la Faja Transportadora

Para una velocidad dada, las capacidades de la faja transportadora aumentan como el aumento del ancho de faja.

La capacidad de una faja depende del ángulo de sobrecarga y de la inclinación de los rodillos laterales del arreglo acanalado de tres rodillos.

#### 4.1.3.5. Área de Carga de Fajas Acanaladas

Con respecto a la figura, el área de la sección transversal de carga se divide en dos partes. Uno es el área trapezoidal y el otro es el área del segmento circular, que se conoce como área de sobrecarga. La suma de estas dos áreas es igual al área total de la sección transversal.

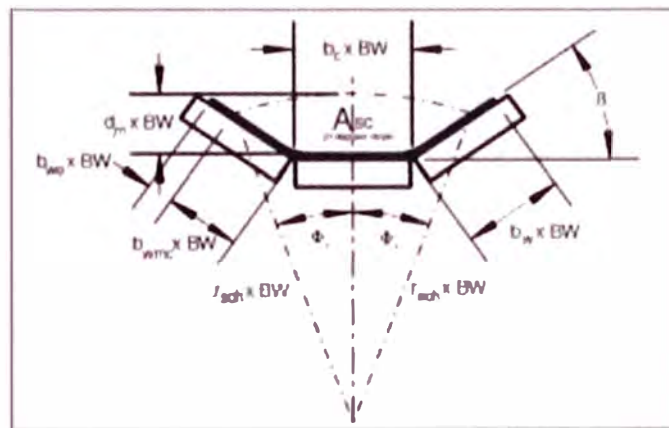


Figura 27: Área de Carga de Sección Transversal

#### 4.1.3.6. Tablas de Capacidad para Fajas Transportadoras.

Las capacidades para fajas transportadoras acanaladas.

Tabla 6: Área y Capacidades máximas para faja abarquillada de 35°

Belt Width (Inches)	$A_p$ - Cross Section of Load (ft <sup>2</sup> )							Capacity at 100 FPM (ft <sup>3</sup> /hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20	25	30
18	144	160	177	194	212	230	248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	278	309	341	373	406	440	474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	455	506	557	609	662	716	772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	676	751	826	903	980	1060	1142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	940	1044	1148	1254	1361	1471	1585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1248	1385	1523	1662	1804	1949	2099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1599	1774	1950	2128	2309	2494	2686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1994	2211	2429	2651	2878	3107	3345	11966	13269	14580	15906	17257	18642	21058
72	2913	3229	3547	3869	4197	4532	4879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4007	4440	4876	5317	5766	6226	6701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5274	5842	6415	6994	7584	8189	8812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

#### 4.1.4. Arreglos para Fajas Transportadoras

##### 4.1.4.1. Requisitos de los rodillos

El apoyo y protección adecuada para la faja y el soporte adecuado para la carga son requisitos importantes para los polines.

Los Polines de fajas transportadoras para materiales a granel son diseñados para incorporar rodillos de varios diámetros. Los rodillos son fijados con rodamientos y sellos, que están montados en ejes.

La resistencia a la fricción de los rodillos de los polines influye en la tensión de la faja y por consiguiente, en la potencia requerida. El diámetro de los rodillos,

diseño de rodamientos y requerimientos de sellos constituye los principales componentes que afectan la resistencia a la fricción.

#### 4.1.4.2. Clasificaciones de los Polines

La selección del diámetro de rodillo apropiado, el tamaño del rodamiento y del eje, se basa en el tipo de servicio, las condiciones de operación, la carga transportada y a velocidad de la faja.

Tabla 7: Clasificación de Polines

Classification	Former Series Number	Roll Diameter (inches)	Belt Width (inches)	Description
A4	STANDARD WITHDRAWN			
A5	OCTOBER 1, 1996			
B4	II	4"	18" through 48"	Light Duty
B5	II	5"	18" through 48"	*
C4	III	4"	18" through 60"	Medium Duty
C5	III	5"	18" through 60"	*
C6	IV	6"	24" through 60"	*
D5	None	5"	24" through 72"	*
D6	None	6"	24" through 72"	*
E6	V	6"	36" through 96"	Heavy Duty
E7	VI	7"	36" through 96"	*

#### 4.1.4.3. Tipos Generales de Rodillos para Faja Transportadora

Los más utilizados son:

- Polines de Alineación: Sirven para alinear la banda dentro de la propia instalación.

- Polines de Impacto: Recubiertos de discos de goma para absorber los golpes provocados por la caída de bloques en las tolvas de recepción.
- Polines de Retorno: Las cuales están formados con discos de goma.
- Polines Cilíndricos: Con la superficie exterior lisa, es el mas empleado
- Polines Cilíndrico con aros de goma: Son adecuado para soportar los fuertes impactos del material en la zona de carga, mientras que si se montan en los polines de retorno, deben ser adecuado para facilitar la limpieza del al banda

#### **4.1.4.4. Espaciamiento entre Polines**

Los factores a considerar cuando se selecciona el espaciamiento para los polines son: el peso de la faja, el peso del material, el valor de la carga del rodillo, la flecha, la vida útil de los polines, los rangos de carga de la faja y tensión de la faja.

Los espaciamientos normales recomendados en arreglos abarquillados para el uso práctico de ingeniería, en general, cuando el valor de flecha de la faja no se limita específicamente.

Tabla 8: Espaciamiento normal recomendado para polines (Si).

Belt Width (inches)	Troughing Idler Spacing						Return Idlers
	Weight of Material Handled, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	10.0
24	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
30	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
36	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	10.0
42	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
48	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
54	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	10.0
60	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	10.0
72	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	8.0
84	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	8.0
96	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	8.0

### Espaciamiento entre polines adyacentes a poleas terminales.

Pasando el último rodillo abarquillado hacia la polea terminal, los bordes de la faja se estiran y se incrementa tensión en los bordes exteriores. Si el esfuerzo del borde de la faja excede el límite elástico, el borde de la faja se estirara permanentemente y causara dificultades en su alineamiento. Por otro lado, si los rodillos abarquillados se colocan muy lejos de la polea terminal, es probable el derrame de la carga.

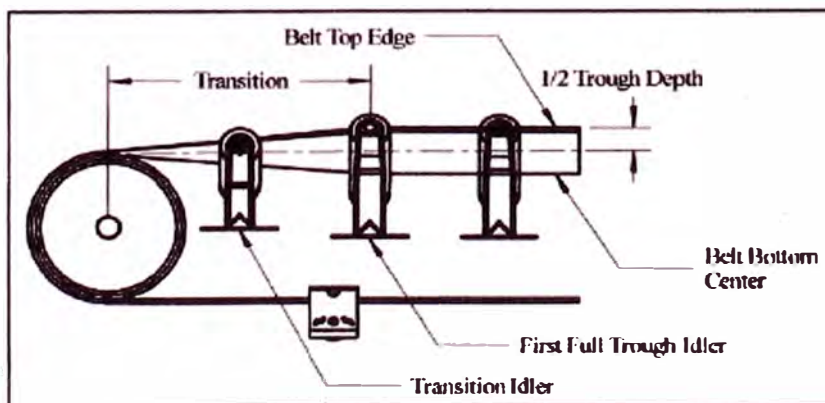


Figura 28: Distancia de Transición a Media Carga

Tabla 9: Distancia de Transición (media carga) para Diferentes Abarquillamiento

Idler Trough Angle	% Rated Belt Tension	Recommended Transition Distance = Factor x Belt Width (BW)	
		Fabric Belts	Steel Cord Belts
20°	> 90%	0.9	2.0
	60% to 90%	0.8	1.6
	< 60%	0.6	1.0
35°	> 90%	1.6	3.4
	60% to 90%	1.3	2.6
	< 60%	1.0	1.8
45°	> 90%	2.0	4.0
	60% to 90%	1.6	3.2
	< 60%	1.1	2.1

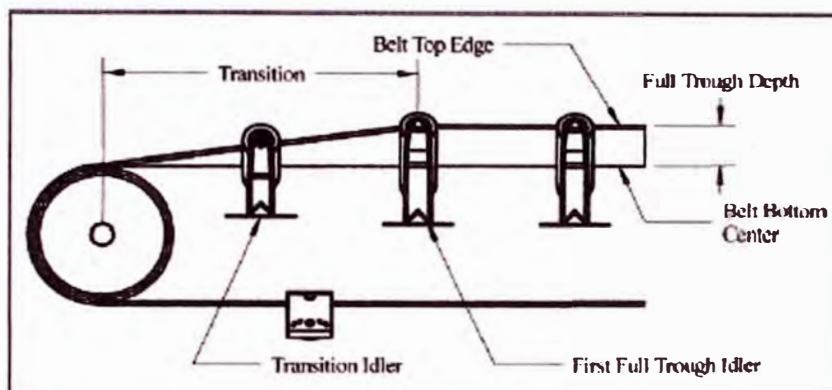


Figura 29: Distancia de Transición a Carga Completa

Tabla 10: Distancia de Transición (carga completa) para Diferentes Abarquillamiento

Idler Trough Angle	% Rated Belt Tension	Recommended Transition Distance = Factor x Belt Width (BW)	
		Fabric Belts	Steel Cord Belts
20°	> 90%	1.8	4.0
	60% to 90%	1.6	3.2
	< 60%	1.2	2.8
35°	> 90%	3.2	6.8
	60% to 90%	2.4	5.2
	< 60%	1.8	3.6
45°	> 90%	4.0	8.0
	60% to 90%	3.2	6.4
	< 60%	2.4	4.4

#### 4.1.4.5. Selección de Polines

Después de que el ancho y la velocidad de la faja han sido determinados, es necesario seleccionar el polín mas apropiado. Esta selección se determina por tres



condiciones: el tipo de servicio, las características del material a transportar y la velocidad de la faja.

#### A. Tipo de Servicio

La consideración más importante es la condición de operación, bajo lo que los polines se usaran. Esto incluye las horas de funcionamiento por día, la expectativa de vida útil global del sistema transportador y el ambiente en el que los polines operaran.

#### B. Tipo de Material Manejado

Las características del material manejado tienen una influencia directa en la selección del polín. El peso del material determina la capacidad de carga así como el espaciamiento de los polines, y el tamaño de trozo modifica el efecto del peso por medio del factor de impacto.

#### 4.1.5. Tensiones de Faja, Potencia y Sistema de Transmisión

La potencia requerida, hp, en el accionamiento de la faja transportadora, se deduce de las libras de la tensión efectiva,  $T_e$ , requerida en la polea motriz para impulsar o frenar el transportador cargado a la velocidad de diseño de la faja, V, en ppm.

$$Belt\ hp = \frac{T_e \cdot V}{33000} \dots \dots (a)$$

Para determinar la tensión efectiva,  $T_e$ , es necesario identificar y evaluar cada una de las fuerzas individuales que actúan en la faja transportadora, y que contribuyen a la tensión requerida para el accionamiento de la faja mediante la polea motriz.  $T_e$  es la sumatoria final de las tensiones de la faja producidas por fuerzas tales como:

- La carga gravitatoria para elevar o bajar el material a transportar.
- La Fuerza de fricción de los componentes del transportador, transmisión y todos los accesorios, cuando se opera a la capacidad de diseño.
- La fuerza de fricción del material cuando se transporta.
- La fuerza requerida para acelerar continuamente el material que se carga al transportador desde un chute o alimentador.

$$\Delta T_n = \sum_n \Delta T_{nEnergy} + \sum_n \Delta T_{nMain} + \sum_n \Delta T_{nPoint}$$

$\Delta T_n$ , Universal Method equation

$$\begin{aligned} \sum \Delta T_{Energy\ n} &= \Delta T_{Hn} + \Delta T_{amn} \\ \sum \Delta T_{Main\ n} &= \Delta T_{ssn} + \Delta T_{isn} + \Delta T_{iWn} + \Delta T_{bin} + \Delta T_{mn} + \Delta T_{sbn} + \Delta T_{sn} + \Delta T_{mzn} \\ \sum \Delta T_{Point\ n} &= \Delta T_{pxn} + \Delta T_{pm} + \Delta T_{bcn} \end{aligned}$$

$\sum \Delta T$ , Components of the Universal Method equation

Figura 30: Formulas para Determinar la Tensión Efectiva

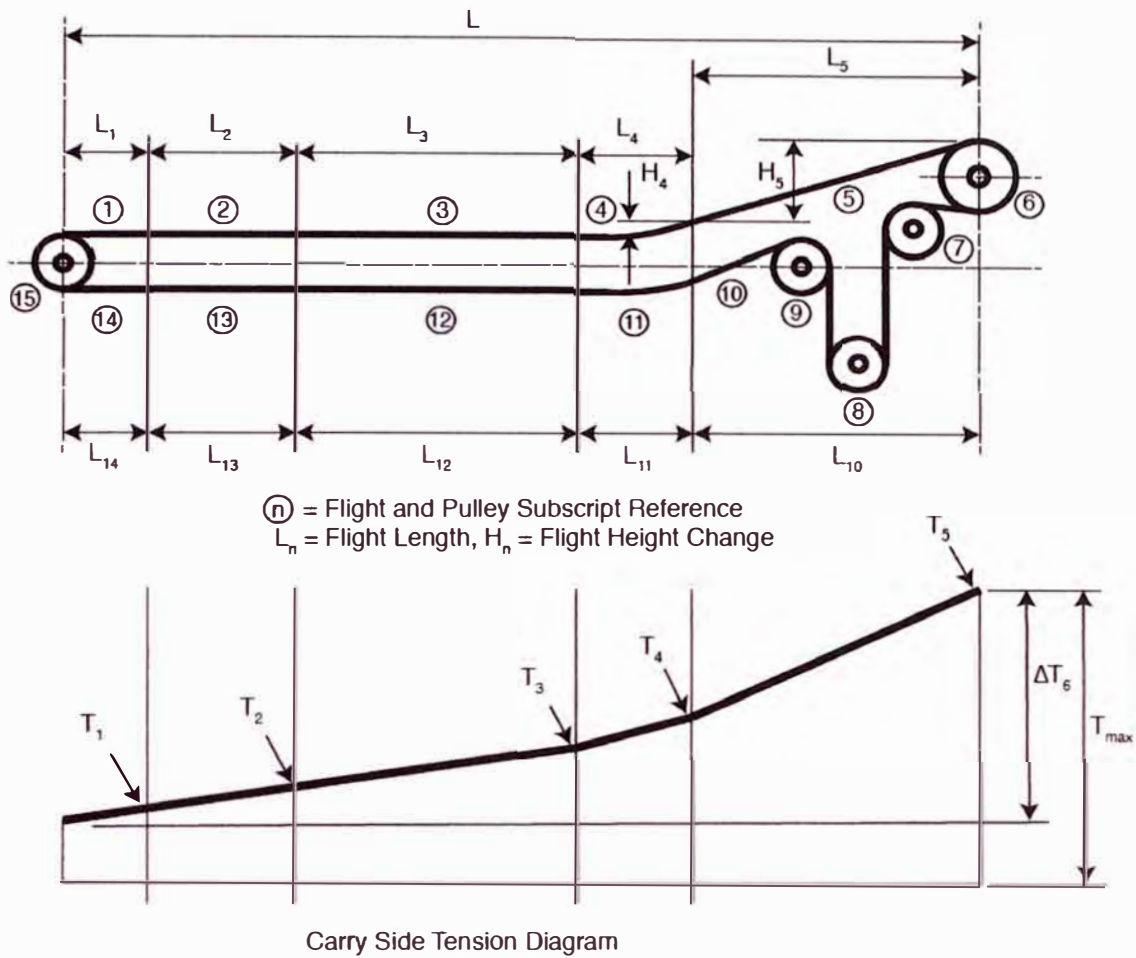


Figura 31: Esquema de Faja, Ilustrando tramos de tensión

Las Tensiones involucradas para determinar la tensión efectiva es:

- Masa y Energía
  - Cambio de Tensión en el tramo a causa de la elevación del material y faja.

$$\Delta T_{Hn} = H_n \cdot (W_b + W_m) \dots \dots (b)$$

- Tensión Adicional en la Carga en tramo para acelerar continuamente el material a velocidad de la faja.

$$\Delta T_{amn} = \frac{Q}{g \cdot 108} \cdot (V - V_o \cdot \sin \theta_i) \dots \dots (c)$$

- Resistencias Principales – Fricción Independiente de la Carga.
  - Cambio de Tensión debido a la fricción del sello del Faldón sobre la Faja en el tramo.

$$\Delta T_{ssn} = 2 \cdot \mu_{ss} \cdot F_{ss} \cdot L_n \dots \dots \dots (d)$$

- Cambio de Tensión en el tramo, debido a la Fricción de Sello de Polín.

$$\Delta T_{isn} = \left[ \left( \frac{3.82 \cdot V}{D_r} - 500 \right) \cdot K_{iv} + K_{is} \right] \cdot \frac{1}{\frac{D_r}{2}} \cdot \frac{K_{iT} \cdot n_r}{S_{in}} \cdot L_n \dots \dots \dots (e)$$

- Resistencias Principales – Fricción Dependiente de la Carga.
  - Cambio de Tensión en el Tramo, debido a la Fricción de Polín con Carga.

$$\Delta T_{iwn} = \frac{C_{iw} \cdot (W_b + W_m)}{\frac{D_r}{2}} \cdot L_n \dots \dots \dots (f)$$

- Incremento de Tensión en el Tramo, debido a la deformación viscoelástica del recubrimiento de la faja.

$$\Delta T_{bin} = K_{ibR} \cdot P_{jn} \cdot (W_b + W_m) \cdot w_i \cdot L_n \dots \dots \dots (g)$$

- Perdida de Tensión en el tramo, debido al desalineamiento del Polín.

$$\Delta T_{imn} = C_{im} \cdot L_n \cdot (W_b + W_m) \dots \dots \dots (h)$$

- Perdida de Tensión en el tramo de la cama de impacto.

$$\Delta T_{sbn} = C_{sb} \cdot L_n \cdot (W_b + W_m) \dots \dots \dots (i)$$

- Cambio de Tensión en el tramo debido a la Fricción del material sobre el sello del Faldón.

$$\Delta T_{sn} = C_s \cdot d_{ms}^2 \cdot L_n \dots \dots \dots (j)$$

- Resistencias Principales – Fricción Dependiente de la Carga y Tensión.

- Pérdida de Tensión en el tramo debido al movimiento interior del material transportado.

$$\Delta T_{mzn} = \frac{W_{mzn} \cdot L_n}{S_{in}^2} \dots \dots \dots (k)$$

- Puntos Fuentes de Tensión

- Tensión adicional de la faja debido a la Flexión de la Faja sobre la Polea.

$$\Delta T_{pfn} = 9 \cdot BW \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{T_n}{BW} \right) \cdot \frac{t_b}{D_{pn}} \dots \dots \dots (l)$$

- Resistencia de la Polea (Rodamiento, Lubricante y Sellos).

$$\Delta T_{prn} = 0.01 \cdot \frac{d_{sn}}{D_{pn}} \cdot R_{pn} \dots \dots \dots (m)$$

- Cambio de Tensión debido al Limpiador de Faja.

$$\Delta T_{bcn} = BW \cdot \mu_{bcm} \cdot F_{bcm} \dots \dots \dots (n)$$

- Cambio de Tensión debido a la Guillotina de Faja.

$$\Delta T_{dpn} = 8.0 \cdot BW \dots \dots \dots (o)$$

Donde:

$H_n$ : Altura de Faja.

$W_b$ : Peso de la Faja.

$W_m$ : Peso del Material.

$V$ : Velocidad de la Faja.

$Q$ : Capacidad de Diseño.

$g$ : Gravedad.

$V_o$ : Velocidad de Inicio.

$L_n$ : Longitud Horizontal de la Faja.

$\mu_{ss}$ : Coeficiente de Fricción de Sello de Faldón.

$F_{ss}$ : Fuerza de Sello de Faldón.

$D_r$ : Diámetro de Rodillo.

$S_{in}$ : Espaciamiento de Polines.

$n_r$ : Numero de Rodillos.

$K_{iv}$ : Efecto de Velocidad Torsional.

$K_{is}$ : Resistencia Torsional de Sello.

$K_{iT}$ : Factor de Corrección de Temperatura.

$C_{iw}$ : Efecto de Carga Torsional.

$K_{ibr}$ : Características Viscoelástica de Recubrimiento de Faja.

$P_{jn}$ : Parámetro de Identación de Cubierta.

$w_i$ : Factor de Carga Distribuida.

$C_{im}$ : Factor de diseño de Resistencia de Fricción debido al desalineamiento.

$C_{sb}$ : Factor de coeficiente de Fricción.

$C_s$ : Constante propiedad de Fricción de Sello y material.

$d_{ms}$ : Profundidad de Material sobre el Sello de Faldón.

$W_{mzn}$ : Trabajo Requerido de Faja para causar movimiento de material.

$BW$ : Ancho de Faja.

$T_n$ : Tensión de Faja.

$t_b$ : Espesor de Faja.

$D_{pn}$ : Diámetro de Tambor de Polea Motriz.

$d_{sn}$ : Diámetro de Eje de Polea Motriz.

$R_{pn}$ : Reacción en la Polea.

$\mu_{bcm}$ : Coeficiente de Fricción entre Faja y Limpiador de Faja.

$F_{bcm}$ : Fuerza Normal Efectiva entre la Faja y Limpiador.

#### 4.1.6. Selección de la Faja

El análisis completo del sistema transportador por determinar las especificaciones de la faja transportadora requiere la consideración de los detalles de diseño siguientes:

- Material Transportado
- Valor de carga máxima o capacidad máxima requerida (tph)
- Ancho de la Faja
- Velocidad de la Faja
- Perfil del Transportador
- Accionamiento
- Diámetro de Polea
- Tensores
- Polines
- Tipo de Arreglo de Carga
- Temperatura de Operación
- Tipo de empalme de faja.

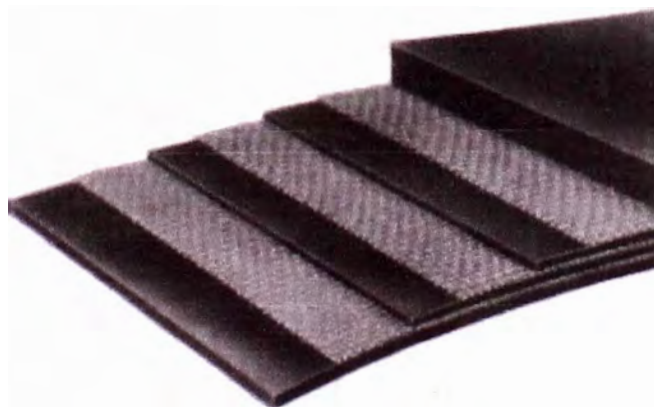


Figura 32: Sección Transversal de Faja Multipliegues

#### **4.1.6.1. Factores en la Composición de la Faja Transportadora**

Debido a que el sistema de faja transportadora está compuesto de muchas partes importantes, ninguno es más económicamente importante que la propia faja, que, en la mayoría de los casos, representara una parte sustancial del costo inicial. Por consiguiente, la selección de la faja debe hacerse con gran cuidado.

En general, una faja transportadora consiste de tres elementos, la cubierta superior, el armazón y la cubierta inferior. El propósito principal de las cubiertas es proteger el armazón de la faja contra el daño y cualquier de los factores de deterioro que puedan presentar en el ambiente donde funcionan. El armazón de la faja lleva la fuerza de tensión necesaria en el arranque y estabilidad necesaria para la alineación apropiada y soporte de carga sobre los polines bajo todas las condiciones de carga.



Figura 33: Protección del Alma de la Faja Transportadora

#### **4.1.6.2. Empalme de Faja Transportadora**

La Faja Transportadora se fabrica sin fin, normalmente en el lugar de trabajo, por el uso tanto del fijamiento mecánico o de empalme vulcanizado. El método de vulcanizar proporciona una conexión más fuerte y mayor tiempo de servicio. Sin embargo, en muchos casos, un empalme de fijamiento mecánico es aceptable, y en ciertos casos, actualmente se prefiere.



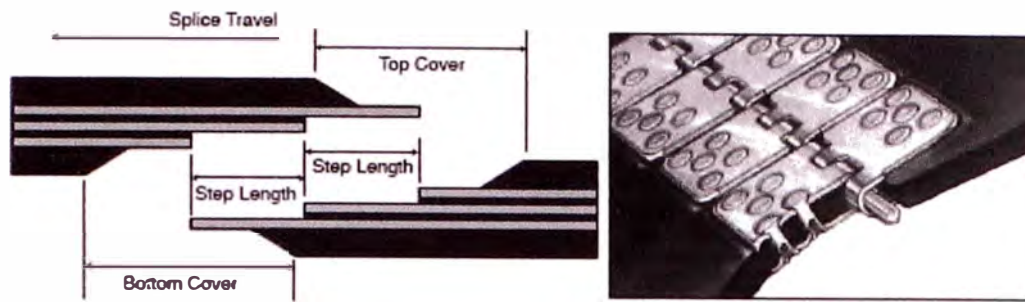


Figura 34: Tipo de Empalmes de Faja Transportadora

#### 4.1.7. Poleas y Ejes

##### 4.1.7.1. Tipos de Poleas

La polea más comúnmente usada es la polea de acero estándar. Estas se fabrican en una amplia gama de tamaños y consiste en un anillo continuo con dos discos en los extremos, fijados por cubos de compresión. En la mayoría de poleas de lado ancho, se sueldan discos intermedios de refuerzos dentro del anillo. Otras poleas disponibles son las de tipo ala autolimpiable que se usan en cola, en tensores o en reenvíos, donde el material tiende a pegarse en la superficie de la polea; y las de tipo magnética, que se usan para quitar fragmentos extraños de acero del material transportado.

Los tipos más comunes de poleas de uso actual:

- Polea Soldada de Acero Típico
- Polea Fabricada con Curva Bombeada
- Polea Bombeada con Extremos Redondeados

- Polea Soldada de Acero Con Revestimiento
- Polea Soldada de Acero Con Revestido Moldeado
- Polea de Recubrimiento Deslizante
- Polea de Aletas Revestida
- Polea Fabricada Tipo Aletas.

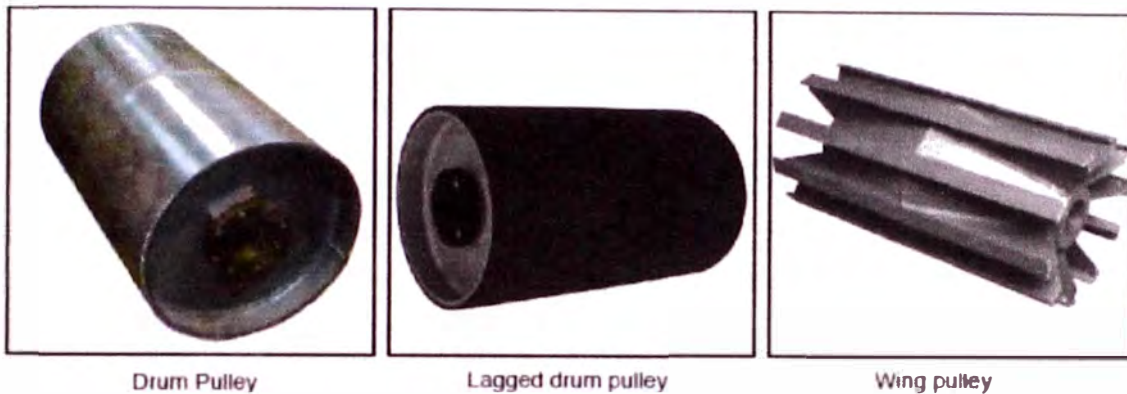


Figura 35: Tipos de Poleas

#### 4.1.7.2. Revestimiento de Polea

Las poleas de los transportadores se pueden cubrir con alguna forma de caucho, tejido, u otro material. El revestimiento se usa en las poleas motrices para aumentar el coeficiente de fricción entre la faja y la polea. También se usa para reducir el desgaste abrasivo en la superficie de la polea y efectuar una acción de autolimpieza en la superficie de la polea. El desgaste por abrasión y la acumulación del material pueden disminuir la vida de la polea substancialmente. Las poleas motrices siempre se deben revestir. Las poleas no accionadoras se debe recubrir, sobre todo en el lado de transporte de la faja, siempre que existan condiciones abrasivas o de acumulación del material.

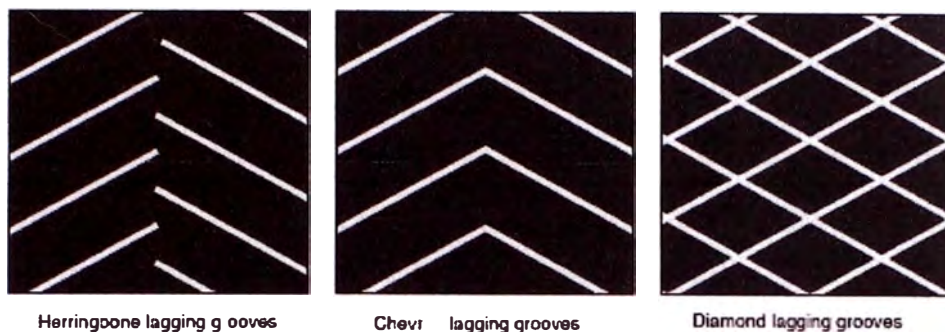


Figura 36: Tipos de Revestimiento

#### 4.1.7.3. Ejes

El eje adecuado a usarse con una polea de acero no se puede seleccionar convenientemente, de forma independiente al valor de la carga de la polea. De hecho, la capacidad de carga para una polea dada es función del eje instalado en esa polea. Se debe tratar al eje y a la polea como un ensamble estructural compuesto. Esto se debe a que la rigidez estructural del ensamble depende tanto del eje como de la polea y de su instalación.

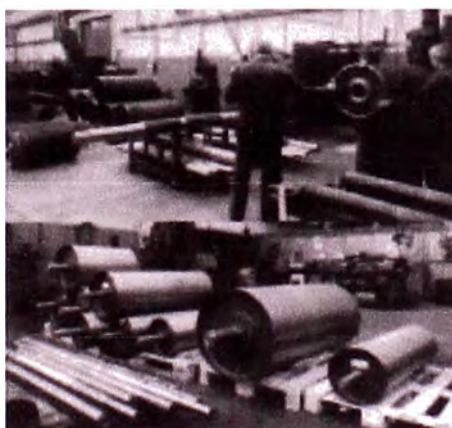


Figura 37: Eje de Poleas

El diámetro del eje requerido para un ensamble de polea es función de dos criterios, el diámetro de eje requerido por esfuerzo y el diámetro del eje requerido por deflexión. Dependiendo del ensamble de polea exacto, tanto el esfuerzo como la deflexión pueden ser el factor que determine la selección de diámetro de eje.

#### **4.1.8. Curvas Verticales**

Las curvas verticales en los transportadores de faja se usan para conectar dos porciones tangentes que tienen pendiente diferente. Básicamente son de dos tipos diferentes: Curvas verticales cóncavas donde los polines no limitan el levantamiento de la faja y las convexas donde la faja si se limita por los polines.

##### **4.1.8.1. Curvas Verticales Cóncavas**

Se dice que una faja transportadora atraviesa una curva vertical cóncava cuando el centro de curvatura este sobre la faja. En tales casos, la fuerza de gravedad de la faja y la carga (si está presente) tiende a bajar la faja sobre los polines mientras que la tensión de la faja tiende a levantarla por encima de los polines. Es necesario proporcionar la curva vertical para que la suma vectorial de estas fuerzas actuara en una dirección que permite a la faja descansar sobre los polines y asegurar que la carga no se derramara. Es preferible que la faja no se levante por encima de los polines bajo ninguna condición, incluso en el arranque de la faja vacía.



Figura 38: Faja Transportadora Cóncavas

#### 4.1.8.2. Curvas Verticales Convexas

Se dice que una faja transportadora atraviesa una curva vertical convexa cuando el centro de curvatura cae por debajo de la faja. En tales casos, las fuerzas de gravedad de la faja y de la carga (si se presentan), y la propia tensión de la faja, presiona la faja hacia los polines.



Figura 39: Faja Transportadora Convexas

#### **4.2. Condiciones de Diseño**

Para Diseñar y Seleccionar los Nuevos Equipos de la Sección de chancado, se deben tener presente las siguientes condiciones:

- 1) Disminuir la Carga que recibe la Faja B, con el objetivo de incrementar la eficiencia y mejorar las condiciones operacionales.
- 2) Incrementar la Capacidad de la Sección Chancado en un 25% con respecto a la Capacidad Actual.

### 4.3. Diagrama de Flujos

#### 4.3.1. Actual

- **Descripción:**

Diagrama de Proceso Actual

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-000-000-DP-001

Tabla 11: Capacidad – Proceso Actual

Ítem	Descripción	mtpH	tph
1	Faja Transportadora "A"	132.33	145.87
2	Faja Transportadora "I"	132.33	145.87
3	Faja Transportadora "J"	132.33	145.87
4	Alimento de Zaranda Doble Deck	132.33	145.87
5	Oversize Zaranda Primaria	18.94	20.88
6	Alimento de Chancadora Primaria		
7	Intermedios de Zaranda Primaria	74.9	82.56
8	Faja Transportadora "B"	216.95	239.15
9	Undersize de Zaranda Primaria	38.49	42.43
10	Faja Transportadora "K"		
11	Alimento de Zaranda Secundaria	216.95	239.15
12	Oversize de Zaranda Secundaria	123.11	135.71
13	Faja Transportadora "C"		
14	Undersize de Zaranda Secundaria	93.84	103.44
15	Faja Transportadora "G"	132.33	145.87
16	Alimento de Chancadora Secundaria	123.11	135.71
17	Producto Final a Tolva de Finos	132.33	145.87

#### 4.3.2. Implementación de Nueva Línea de Chancado (Chancado Terciario)

- **Descripción:**

Diagrama de Proceso: Chancado Terciario

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-000-000-DP-002

Tabla 12: Capacidad – Chancado Terciario

Ítem	Descripción	mtph	tph
1	Faja Transportadora "A"	165.73	182.69
2	Faja Transportadora "I"	165.73	182.69
3	Faja Transportadora "J"	165.73	182.69
4	Alimento de Zaranda Doble Deck	165.73	182.69
5	Oversize Zaranda Primaria	23.7	26.12
6	Alimento de Chancadora Primaria		
7	Intermedios de Zaranda Primaria	93.8	103.40
8	Faja Transportadora "Alivio"		
9	Undersize de Zaranda Primaria	48.23	53.16
10	Faja Transportadora "K"		
11	Faja Transportadora "B"	23.7	26.12
12	Alimento de Zaranda Secundaria	64.48	71.08
13	Oversize de Zaranda Secundaria	34.5	38.03
14	Faja Transportadora "2"	128.3	141.43
15	Undersize de Zaranda Secundaria	29.98	33.05
16	Faja Transportadora "G"	78.21	86.21
17	Faja Transportadora "3"	128.3	141.43
18	Alimento de Chancadora Secundaria	128.3	141.43
19	Faja Transportadora "4"	128.3	141.43
20	Alimento de Nueva Zaranda	128.3	141.43
21	Oversize de Nueva Zaranda	40.78	44.95
22	Alimento de Nueva Chancadora		
23	Undersize de Nueva Zaranda	87.52	96.47
24	Faja Transportadora "5"		
25	Producto Final a Tolva de Finos	165.73	182.69



### 4.3.3. TAG de Equipos

TAG de los Nuevos Equipos en el Diagrama de Flujo (Chancado Terciario).

Tabla 13: Tag de Equipos

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TAG</b>
1	FAJA TRANSPORTADORA #1	100 - FT - 001
2	FAJA TRANSPORTADORA #2	100 - FT - 002
3	FAJA TRANSPORTADORA #3	100 - FT - 003
4	FAJA TRANSPORTADORA #4	100 - FT - 004
5	FAJA TRANSPORTADORA #5	100 - FT - 005
6	CHANCADORA CONICA TELESMITH	100 - CR - 001
7	ZARANDA HORIZONTAL METSO	100 - SC - 001

4.3.4. **Balance de Masa de la Sección de Chancado**

Tabla 14: Balanza de Masa – General

N°	DESCRIPCION	ROM	SOLIDOS SECOS			SOLIDOS HUMEDOS		
		%	TMSPH	TPD	Sp.Gr.	% (Hum)	TMHPH MINER	TPH AGUA
	SECCION CHANCADO							
2	ALIMENTO CHANCADO ( ROM)	100.00	159.00	1908.00	2.80	4.06	165.73	6.73
3	ALIMENTO ZARANDA DOBLE DECK	100.00	154.05	1848.60	2.80	7.05	165.73	11.68
4	OVERSISE ZARANDA PRIMARIA	15.13	23.31	279.72	2.80	1.65	23.7	0.39
5	INTERMEDIOS DE ZARANDA PRIMARIA	57.84	89.11	1069.32	2.80	5.00	93.8	4.69
6	UNDERSISE ZARANDA PRIMARIA	27.03	41.63	512.16	2.80	13.68	48.23	6.60
7	ALIMENTO CHANCADORA PRIMARIA		23.23	278.76	2.80	1.96	23.7	0.47
8	ALIMENTO ZARANDA SECUNDARIA		63.19	758.28	2.80	2.00	64.48	1.29
9	OVERSISE ZARANDA SECUNDARIA		33.06	396.72	2.80	4.18	34.5	1.44
14	UNDERSISE ZARANDA SECUNDARIA		27.63	331.56	2.80	7.84	29.98	2.35
	ALIMENTO CHANCADORA SECUNDARIA		121.88	1462.56	2.80	5.00	128.3	6.42
10	ALIMENTO ZARANDA TERCIARIA		121.88	1462.56	2.80	5.00	128.3	6.42
11	OVERSISE ZARANDA TERCIARIA		38.82	465.84	2.80	4.80	40.78	1.96
12	UNDERSISE ZARANDA TERCIARIA		81.39	976.68	2.80	7.00	87.52	6.13
13	ALIMENTO CHANCADORA TERCIARIA		37.92	455.04	2.80	7.00	40.78	2.86
	PRODUCTO FINAL A TOLVAS DE FINOS		162.42	1949.04	2.80	2.00	165.73	3.31

#### 4.3.5. Balance de Masa de la Nuevas Fajas Transportadoras

Tabla 15: Balance de Masa – Fajas Transportadoras

N°	TAG FAJAS	SOLIDOS SECOS			SOLIDOS HUMEDOS		Q <sub>Nom</sub>	Q <sub>Dis</sub>
		TMSPH	TPD	Sp.Gr.	% (Hum)	TMHPH MINERAL	TPH	TPH
1	100-FT-001	89.11	1069.32	2.80	5.00	93.8	103.40	124.08
2	100-FT-002	121.89	1462.68	2.80	5.00	128.3	141.43	169.72
3	100-FT-003	121.89	1462.68	2.80	5.00	128.3	141.43	169.72
4	100-FT-004	121.89	1462.68	2.80	5.00	128.3	141.43	169.72
5	100-FT-005	81.39	976.68	2.80	7.00	87.52	96.47	115.76

#### 4.4. Arreglo General de la Sección de Chancado

##### 4.4.1. Vista de Planta

Disposición e Implementación de los Nuevos Equipos en la Actual Planta Concentradora – Sección de Chancado.

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-001

En dicho plano se podrán observar 6 Secciones las cuales son:

- Sección A: Zona de la Faja Transportadora #1 (100-FT-001)
- Sección B: Zona de la Faja Transportadora #2 (100-FT-002)
- Sección C: Zona de la Faja Transportadora #3 (100-FT-003)
- Sección D: Zona de la Faja Transportadora #4 y #5 (100-FT-004 / 005)
- Sección E: Zona de la Chancadora Cónica Telesmith
- Sección G: Zona de la Zaranda Horizontal Metso

#### 4.4.2. Arreglo General de Equipos (Vista de Elevación)

##### 4.4.2.1. Faja Transportadora #1 (100-FT-001)

Vista de Elevación de Faja Transportadora

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-002

Cuadro de Niveles y Longitud de Faja Transportadora #1

Tabla 16: Niveles y Longitudes – Faja #1

Tramo (n)	Descripción	Length		Height		Slope (deg)
		(mm)	(ft)	(mm)	(ft)	
1	Carry	912.00	2.99	144.00	0.47	8.97
2	Carry	2540.00	8.33	402.00	1.32	8.99
3	Carry	5574.00	18.29	883.00	2.90	9.00
4	Carry	5574.00	18.29	883.00	2.90	9.00
5	Carry	5771.00	18.93	2100.00	6.89	20.00
6	Carry	914.00	3.00	333.00	1.09	20.02
7	Carry	6282.00	20.61	2287.00	7.50	20.00
8	Carry	6282.00	20.61	2287.00	7.50	20.00
9	Active Head Pulley					
10	Return	-6439.00	-21.13	-2344.00	-7.69	20.00
11	Return	-6282.00	-20.61	-2287.00	-7.50	20.00
12	Bend					
13	Return	0.00	0.00	-2850.00	-9.35	90.00
14	Take Up					
15	Return	0.00	0.00	2517.00	8.26	90.00
16	Bend					
17	Return	-5656.00	-18.56	-2059.00	-6.76	20.00
18	Return	-5689.00	-18.66	-901.00	-2.96	9.00
19	Return	-5574.00	-18.29	-883.00	-2.90	9.00
20	Return	-2540.00	-8.33	-402.00	-1.32	8.99
21	Return	-841.00	-2.76	-133.00	-0.44	8.99
22	Tail Pulley					

#### 4.4.2.2. Faja Transportadora #2 (100-FT-002)

Vista de Elevación de Faja Transportadora

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-003

Cuadro de Niveles y Longitud de Faja Transportadora #2

Tabla 17: Niveles y Longitudes – Faja #2

Tramo (n)	Descripción	Length		Height		Slope (deg)
		(mm)	(ft)	(mm)	(ft)	
1	Carry	1889.00	6.20	542.00	1.78	16.01
2	Carry	3053.00	10.02	876.00	2.87	16.01
3	Carry	2665.00	8.74	764.00	2.51	16.00
4	Carry	2665.00	8.74	764.00	2.51	16.00
5	Active Head Pulley					
6	Return	-2791.00	-9.16	-800.00	-2.62	15.99
7	Return	-2665.00	-8.74	-764.00	-2.51	16.00
8	Return	-3053.00	-10.02	-876.00	-2.87	16.01
9	Return	-1763.00	-5.78	-506.00	-1.66	16.01
10	Tail Pulley					

#### 4.4.2.3. Faja Transportadora #3 (100-FT-003)

Vista de Elevación de Faja Transportadora

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-003

Cuadro de Niveles y Longitud de Faja Transportadora #3

Tabla 18: Niveles y Longitudes – Faja #3

Tramo (n)	Descripción	Length		Height		Slope
		(mm)	(ft)	(mm)	(ft)	(deg)
1	Carry	974.00	3.20	316.00	1.04	17.97
2	Carry	2450.00	8.04	796.00	2.61	18.00
3	Carry	4039.00	13.25	1312.00	4.30	18.00
4	Carry	4039.00	13.25	1312.00	4.30	18.00
5	Active Head Pulley					
6	Return	-4172.00	-13.69	-1356.00	-4.45	18.01
7	Return	-4039.00	-13.25	-1312.00	-4.30	18.00
8	Return	-2450.00	-8.04	-796.00	-2.61	18.00
9	Return	-832.00	-2.73	-270.00	-0.89	17.98
10	Tail Pulley					

**4.4.2.4. Faja Transportadora #4 (100-FT-004)**

Vista de Elevación de Faja Transportadora

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-004

Cuadro de Niveles y Longitud de Faja Transportadora #4

Tabla 19: Niveles y Longitudes – Faja #4

Tramo (n)	Descripción	Length		Height		Slope
		(mm)	(ft)	(mm)	(ft)	(deg)
1	Carry	2370.00	7.78	725.00	2.38	17.01
2	Carry	2466.00	8.09	754.00	2.47	17.00
3	Carry	7832.00	25.70	2394.00	7.85	17.00
4	Carry	7832.00	25.70	2394.00	7.85	17.00
5	Carry	7832.00	25.70	2394.00	7.85	17.00
6	Carry	914.00	3.00	280.00	0.92	17.03
7	Carry	4393.00	14.41	1343.00	4.41	17.00
8	Active Head Pulley					
9	Return	-4526.00	-14.85	-1384.00	-4.54	17.00
10	Bend					
11	Return	0.00	0.00	-2814.00	-9.23	90.00
12	Take Up					
13	Return	0.00	0.00	2535.00	8.32	90.00
14	Bend					
15	Return	-7832.00	-25.70	-2394.00	-7.85	17.00
16	Return	-7832.00	-25.70	-2394.00	-7.85	17.00
17	Return	-7832.00	-25.70	-2394.00	-7.85	17.00
18	Return	-2466.00	-8.09	-754.00	-2.47	17.00
19	Return	-2236.00	-7.34	-684.00	-2.24	17.01
20	Tail Pulley					

**4.4.2.5. Faja Transportadora #5 (100-FT-005)**

Vista de Elevación de Faja Transportadora

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-004

Cuadro de Niveles y Longitud de Faja Transportadora #5

Tabla 20: Niveles y Longitudes – Faja #5

Tramo (n)	Descripción	Length		Height		Slope
		(mm)	(ft)	(mm)	(ft)	(deg)
1	Carry	1573.00	5.16	511.00	1.68	18.00
2	Carry	3021.00	9.91	982.00	3.22	18.01
3	Carry	6932.00	22.74	2252.00	7.39	18.00
4	Carry	6932.00	22.74	2252.00	7.39	18.00
5	Carry	914.00	3.00	297.00	0.97	18.00
6	Carry	8370.00	27.46	2719.00	8.92	18.00
7	Carry	8370.00	27.46	2719.00	8.92	18.00
8	Carry	9495.00	31.15	332.00	1.09	2.00
9	Carry	9495.00	31.15	332.00	1.09	2.00
10	Active Head Pulley					
11	Return	-9511.00	-31.20	-332.00	-1.09	2.00
12	Return	-9415.00	-30.89	-329.00	-1.08	2.00
13	Return	-8450.00	-27.72	-2745.00	-9.01	18.00
14	Return	-8370.00	-27.46	-2719.00	-8.92	18.00
15	Bend					
16	Return	0.00	0.00	-2826.00	-9.27	90.00
17	Take Up					
18	Return	0.00	0.00	2529.00	8.30	90.00
19	Bend					
20	Return	-6932.00	-22.74	-2252.00	-7.39	18.00
21	Return	-6932.00	-22.74	-2252.00	-7.39	18.00
22	Return	-3021.00	-9.91	-982.00	-3.22	18.01
23	Return	-1432.00	-4.70	-465.00	-1.53	17.99
24	Tail Pulley					



**4.4.2.6. Chancadora Cónica Telesmith 44-SBS**

Vista de Elevación de Chancadora Cónica Telesmith

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-005

**4.4.2.7. Zaranda Horizontal Metso LH-7'x16'- SD**

Vista de Elevación de Zaranda Horizontal Metso LH-7'x16'- SD

Ver Anexo – Número de Plano: 23812-005-000-AG-006

#### 4.5. Dimensionamiento de Fajas Transportadoras

##### 4.5.1. Características del Material a Transportar

Las características del material se resumen en el siguiente cuadro, donde el ángulo de sobrecarga es determinado de la Tabla 4

Tabla 21: Características del Material

Ítem	Codificación	Características del Material			
		Angulo de Reposo	Angulo de Sobrecarga	Densidad Aparente	Tamaño de Material
		(Deg.)	(Deg.)	(Lb/ft <sup>3</sup> )	(in)
01	0100-FT-001	33.91	20	105	0.5 – 2.5
02	0100-FT-002	38.16	25	105	0.5 – 2.5
03	0100-FT-003	38.16	25	105	0.5 – 2.5
04	0100-FT-004	38.16	25	105	0.5 – 1.3
05	0100-FT-005	22.62	10	105	0.5 – 0.75

##### 4.5.2. Ancho de Faja

El ancho de la Faja depende del tamaño del trozo tal como se detallo en el ítem 3.4.3.2. Como calculo preliminar, se considera que la característica del material para todas las fajas, tiene un ángulo de sobrecarga de 30° y que en su transporte de material no existen finos.

Por tal razón el ancho de la faja se considera 10 veces el tamaño del trozo. En el cuadro siguiente se tiene los rangos de ancho de faja para cada una de las fajas transportadoras.

Ancho de Faja - Preliminar:

Tabla 22: Ancho de Fajas

Ítem	Codificación	Ancho de Faja
		(in)
01	0100-FT-001	18 – 24
02	0100-FT-002	18 – 24
03	0100-FT-003	18 - 24
04	0100-FT-004	18 – 24
05	0100-FT-005	18 – 24

#### 4.5.3. Velocidad de Faja

Para la determinación preliminar de la Velocidad de la Faja, se considera para todas las fajas transportadoras están compuestas por polines abarquillados a 20°.

Determinación de la Faja con designación 0100-FT-001:

Datos:

$\gamma_m$ : 105 lbf/ft<sup>3</sup>

Q: 124.08 tph

$$\frac{Q}{\gamma_m} = \frac{124.08 \text{ tph} * (2000 \text{ lbf}/1 \text{ ton})}{105 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3}} = 2363.43 \frac{\text{ft}^3}{\text{hr}}$$

De la Tabla 23, la capacidad máxima de ancho de faja (18 – 24 in) para polines abarquillados de 20°.

$$Q_{max}(\text{Ancho de Faja: 18 in, Angulo de Sobrecarga } 20^\circ, \text{Angulo de Abraquillado } 20^\circ)$$

$$= 1005 \frac{ft^3}{hr}$$

$$Q_{max}(\text{Ancho de Faja: 24 in, Angulo de Sobrecarga } 20^\circ, \text{Angulo de Abraquillado } 20^\circ)$$

$$= 1924 \frac{ft^3}{hr}$$

Para Faja de 18 in.

$$\frac{Q}{\gamma_m} * \frac{100 \text{ fpm}}{Q_{max}} = \frac{2363.43 \frac{ft^3}{hr} * 100 \text{ fpm}}{1005 \frac{ft^3}{hr}} = 235.17 \text{ fpm}$$

Para Faja de 24 in.

$$\frac{Q}{\gamma_m} * \frac{100 \text{ fpm}}{Q_{max}} = \frac{2363.43 \frac{ft^3}{hr} * 100 \text{ fpm}}{1924 \frac{ft^3}{hr}} = 122.84 \text{ fpm}$$

Del rango de Velocidades de Faja, se considera la velocidad de 200 fpm

Tabla 23: Velocidades de Fajas Transportadoras

Ítem	Codificación	Capacidad de Material (tph)	Cap. de Mat (100fpm)		Velocidad de Faja		Velocidad de Faja (fpm)
			Opc. I	Opc. II	Opc. I	Opc. II	
			(tph)	(tph)	(fpm)	(fpm)	
01	0100-FT-001	2363.43	1005	1924	235.17	122.84	200
02	0100-FT-002	3232.69	1128	2155	286.59	150.01	250
03	0100-FT-003	3232.69	1128	2155	286.59	150.01	250
04	0100-FT-004	3232.69	1128	2155	286.59	150.01	250
05	0100-FT-005	2205.03	769	1477	286.74	149.29	250

Determinación del porcentaje de Carga del polín abarquillado.

$$A_{Transv} = \frac{Q}{V * \gamma_m} = \frac{124.08 \text{ tph} * (2000 \text{ lbf} / 1 \text{ ton})}{200 \text{ fpm} * 105 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3} * (60 \text{ min} / 1 \text{ hr})} = 0.197 \text{ ft}^2$$

$$A_{SC} (\text{Ancho de Faja: 18 in, Angulo de Sobrecarga } 20^\circ, \text{ Angulo de Abraquillado } 20^\circ) \\ = 0.167 \text{ ft}^2$$

$$A_{SC} (\text{Ancho de Faja: 24 in, Angulo de Sobrecarga } 20^\circ, \text{ Angulo de Abraquillado } 20^\circ) \\ = 0.320 \text{ ft}^2$$

Porcentaje de Carga para Faja de 18 in.

$$\% = \frac{A_{Transv}}{A_{SC}} = \frac{0.197 \text{ ft}^2}{0.167 \text{ ft}^2} * 100\% = 117.94 \%$$

Porcentaje de Carga para Faja de 24 in.

$$\% = \frac{A_{Transv}}{A_{SC}} = \frac{0.197 \text{ ft}^2}{0.320 \text{ ft}^2} * 100\% = 61.55 \%$$

Tabla 24: Porcentaje de Carga de Fajas Transportadoras

Ítem	Codificación	Velocidad de Faja	A <sub>Transv</sub> Transporte	A <sub>Transv</sub> Max. (A <sub>SC</sub> )		Porcentaje de Carga	
				Opc. I	Opc. II	Opc. I	Opc. II
		(fpm)	(ft <sup>2</sup> )	(fpm)	(fpm)	(%)	(%)
01	0100-FT-001	200	0.197	0.167	0.320	117.94	61.55
02	0100-FT-002	250	0.216	0.188	0.359	114.63	60.03
03	0100-FT-003	250	0.216	0.188	0.359	114.63	60.03
04	0100-FT-004	250	0.216	0.188	0.359	114.63	60.03
05	0100-FT-005	250	0.147	0.128	0.246	114.85	59.76

#### 4.5.4. Selección de Polines

Ignorando el Peso de la Faja para la selección inicial de los polines.

Para la Faja Transportadora con designación 0100-FT-001.

V: 200 fpm

Q: 124.08 tph

$$W_m = \frac{Q}{V} = \frac{124.08 \text{ tph} * (2000 \text{ lbf}/1 \text{ ton})}{200 \text{ fpm} * (60 \text{ min}/1 \text{ hr})} = 20.70 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}}$$

De la Tabla 22, con ancho de faja de 24 in y densidad del material de 105 lbf/ft<sup>3</sup>, se considerando Espaciamiento entre Polines: S<sub>i</sub> = 4 ft

Carga sobre Polín:

$$Carga_{polin} = W_m * S_i = 20.70 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}} * 4 \text{ ft} = 82.8 \text{ lbf}$$

Cuadro de Ratios de Carga de Polines

Tabla 25: Ratios de Carga de Polines

Belt Width (in)	Trough Angle			Single Roll Return
	20°	35°	45°	
18	410	410	410	220
24	410	410	410	190
30	410	410	410	165
36	410	410	396	155
42	390	361	351	140
48	380	353	342	130

*Ratings based on minimum L<sub>10</sub> of 30,000 hours at 500 rpm.*

### Polín de Carga

$$\text{Ratio Carga}_{CEMA B} (\text{Ancho de Faja: 24 in, Angulo de Abraquillado } 20^\circ) = 410 \text{ lbf}$$

### Polín de Retomo

$$\text{Ratio Carga}_{CEMA B} (\text{Ancho de Faja: 24 in, Rodillo Simple}) = 190 \text{ lbf}$$

### Porcentaje de Capacidad de Polín de la Serie CEMA B

$$\% = \frac{\text{Carga}_{Polin}}{\text{Ratio Carga}_{CEMA B}} = \frac{82.8 \text{ lbf}}{410 \text{ lbf}} * 100\% = 20.18 \%$$

Tabla 26: Porcentaje de Carga en Polines

Ítem	TAG	Capacidad de Diseño	Velocidad de Faja	Carga Lineal Material ( $W_m$ )	Espac. de Rodillo (S)	Carga sobre Rodillo	Cap. de Carga Rod.	Porcentaje de Carga
		(tph)	(fpm)	(Lbf / ft)	(ft)	(Lbf)	(Lbf)	(%)
01	0100-FT-001	124.08	200	20.70	4	82.80	410	20.18
02	0100-FT-002	169.72	250	22.63	4	90.52	410	22.08
03	0100-FT-003	169.72	250	22.63	4	90.52	410	22.08
04	0100-FT-004	169.72	250	22.63	4	90.52	410	22.08
05	0100-FT-005	115.76	250	15.44	4	61.74	410	15.06

Por tal razón se considera para todas las fajas transportadoras que los polines de carga y de retorno son de clasificación B4, además de espaciados entre polines 4ft y 10 ft respectivamente. El espaciamiento de los polines en la zona de carga es de 2 ft.

## Cuadro General de Fajas Transportadoras – Dimensiones y Capacidades.

Tabla 27: Dimensiones y Capacidades de Fajas Transportadoras

Ítem	TAG	Length		Height		Inclín. (deg)	T <sub>F</sub> (F)	BW (in)	V (fpm)	Q <sub>Nom</sub> (tph)	Q <sub>Dis</sub> (tph)
		(mm)	(ft)	(mm)	(ft)						
1	0100-FT-001	14599	47.90	2312	7.59	9	28.4	24	200	103.40	124.08
		19250	63.16	7006	23.00	20	68				
2	0100-FT-002	10273	33.70	2946	9.67	16	28.4	24	250	141.43	169.72
							68				
3	0100-FT-003	11502	37.74	3737	12.27	18	28.4	24	250	141.43	169.72
							68				
4	0100-FT-004	33638	110.36	10284	33.76	17	28.4	24	250	141.43	169.72
							68				
5	0100-FT-005	36110	118.47	11733	38.52	18	28.4	24	250	96.47	115.76
		18989	62.30	663	2.18	2	68				

## Selección de Polines

Tabla 28: Selección de Polines

Ítem	TAG	Zona	Serie	n <sub>r</sub>	β	D <sub>r</sub>	S <sub>i</sub>
					(deg)	(in)	(ft)
1	0100-FT-001	Carga	B4	3.00	20	4.00	4
		Retorno	B4	1.00	20	4.00	10
2	0100-FT-002	Carga	B4	3.00	20	4.00	4
		Retorno	B4	1.00	20	4.00	10
3	0100-FT-003	Carga	B4	3.00	20	4.00	4
		Retorno	B4	1.00	20	4.00	10
4	0100-FT-004	Carga	B4	3.00	20	4.00	4
		Retorno	B4	1.00	20	4.00	10
5	0100-FT-005	Carga	B4	3.00	20	4.00	4
		Retorno	B4	1.00	20	4.00	10



#### 4.5.5. Tensiones y Potencias, Verificación de Componentes

Consideraciones preliminares.

Peso Lineal de la Faja

$$W_b = 7.50 \frac{lbf}{ft}$$

Pandeo de la faja entre polines

$$T_{min} = \frac{(W_m + W_b) * S_i}{8 * \Delta Y_s}$$

Cuadro de Porcentaje de Pandeo Recomendado para Faja

Tabla 29: Porcentaje de Pandeo

Material Lump Size	Idler Trough Angle (deg)		
	20	35	45
All Fines	3.0%	3.0%	3.0%
50% of Maximum per Fig 4.1	3.0%	3.0%	2.0%
100% of Maximum per Fig 4.1	3.0%	3.0%	1.5%

Para la Faja Transportadora con designación 0100-FT-001.

Peso Lineal del Material.

$$W_m = 20.70 \frac{lbf}{ft}$$

Del cuadro el pandeo es de 3%, para el diseño de la faja transportadora #1 se considera el pandeo de faja de 1.661 %. Es decir,  $\Delta Y_s = 1.661 \%$

De la formula:

$$T_{min} = \frac{(W_m + W_b) * S_i}{8 * \Delta Y_s} = \frac{\left(20.70 \frac{lb}{ft} + 7.50 \frac{lb}{ft}\right) * 4 ft}{8 * 0.01661} = 849 lb$$

Cuadro resumen de los Tensiones Mínimas

Tabla 30: Tensiones Mínimas

Ítem	Descripción	$W_m$	$W_b$	$S_i$	$\Delta Y_s$	$T_{min}$
		(lb/ft)	(lb/ft)	(ft)	(%)	(lb)
1	0100-FT-001	20.70	7.50	4.00	1.661	849
2	0100-FT-002	22.60	7.50	4.00	1.663	905
3	0100-FT-003	22.60	7.50	4.00	1.663	905
4	0100-FT-004	22.60	7.50	4.00	1.661	906
5	0100-FT-005	15.40	7.50	4.00	1.662	689

#### 4.5.5.1. Faja Transportadora #1 (100-FT-001)

##### Esquema de Faja Transportadora #1

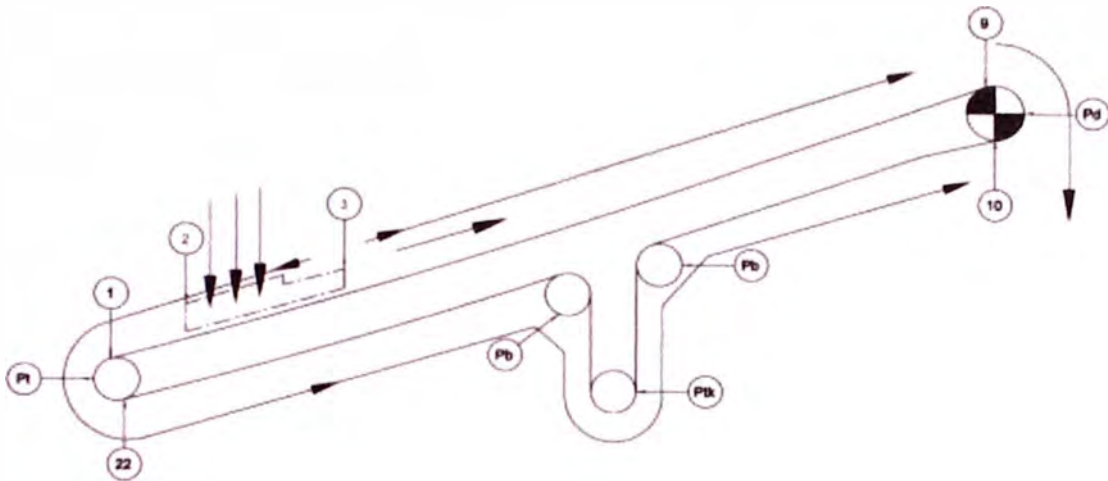


Figura 40: Esquema de Faja #1

Del grafico, se tiene las siguientes consideraciones:

1. La tensión en el Punto "3", es decir  $T_3$ , es la Tensión Mínima Permisible en la faja transportadora para permitir una deflexión de 0.01661.
2. Partiendo desde el Punto "3", en sentido del transporte, hacia el Punto "9", es decir de  $T_3$  hacia  $T_9$ , se tiene la Tensión Máxima en Operación de la Faja Transportadora.
3. Partiendo desde el Punto "3", en sentido contrario del transporte, hacia el Punto "10", se tiene la Tensión del lado Flojo de la Polea Motriz.

Ítem 1: Del cuadro 31, se tiene:

$$T_3 = T_{min} = 849 \text{ Lbf.}$$

Ítem 2:

Siguiendo la secuencia de tramos según el cuadro 17, y aplicando la siguiente función:

$$T_x + \Delta T_x = T_{x+1}.$$

Para determinar la Tensión en el Punto "4", se tiene lo siguiente ecuación:

$$T_3 + \Delta T_3 = T_4$$

La Tensión Máxima se consigue haciendo las sumas de Tensiones y Cambios de Tensiones en cada tramo.

Por tal razón, Tensión Máxima en este caso particular, se determina por la siguiente ecuación:

$$T_8 + \Delta T_8 = T_9$$

Ítem 3:

Siguiendo la secuencia de tramos según el cuadro 17, pero en sentido contrario al transporte y aplicando la siguiente función:

$$T_{x-1} = T_x - \Delta T_{x-1}$$

Para determinar la Tensión en el Punto "2", se tiene lo siguiente ecuación:

$$T_2 = T_3 - \Delta T_2$$

Todo Cambio de Tensión, en cada tramo de la Faja Transportadora, depende de la Tensión en ese tramo, es decir:

$$\Delta T_x = f(T_x)$$

Por tal razón la Tensión en el punto "2", se convierte en la siguiente ecuación:

$$T_2 = T_3 - \Delta T_2$$

$$T_2 = T_3 - f(T_2)$$

La Tensión en el lado Flojo de la Polea Motriz se consigue haciendo las sumas de Tensiones y Cambios de Tensiones en cada tramo.

Por tal razón, Tensión en el lado Flojo de la Polea Motriz, en este caso particular, se determina por la siguiente ecuación:

$$T_{10} = T_{11} - \Delta T_{10}$$

### Determinación de Cambio de Tensión en el Punto “3”, ( $\Delta T_3$ ):

La Ecuación General en el Punto “3”:

$$\Delta T_3 = \sum \Delta T_{Energy(3)} + \sum \Delta T_{Main(3)} + \sum \Delta T_{Point(3)}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_3 = & (\Delta T_{H3} + \boxed{\Delta T_{am3}}) \\ & + (\boxed{\Delta T_{ss3}} + \Delta T_{is3} + \Delta T_{iw3} + \Delta T_{bi3} + \Delta T_{im3} + \boxed{\Delta T_{sb3}} + \boxed{\Delta T_{s3}} + \Delta T_{mz3}) \\ & + (\boxed{\Delta T_{px3}} + \boxed{\Delta T_{pr3}} + \boxed{\Delta T_{bc3}}) \end{aligned}$$

: No Aplica

- **Cambio de Tensión en el Tramo “3” a causa de la elevación del material y Faja ( $\Delta T_{H3}$ ).**

$$\Delta T_{Hn} = H_n \cdot (W_b + W_m)$$

$$\Delta T_{H3} = H_3 \cdot (7.50 + 20.70) = 28.20 \cdot H_3$$

- **Incremento de Tensión en el Tramo “3” debido a la deformación visco elástica del recubrimiento de la Faja ( $\Delta T_{bi3}$ ).**

Características de la Faja:

$$h_b = 0.250 \text{ in}$$

$$E_o = 1644 \text{ psi}$$

Factor de Distribución de Carga ( $w_i$ )

Tabla 31: Factor de Distribución de Carga

BELT AND MATERIAL					
Troughing Angle	20 deg.	35 deg.	45 deg.	flat	30 deg. V Return
$w_i$	1.28	1.36	1.39	1.14	NA
BELT ONLY					
$w_i$	1.265	1.406	1.465	1.00	1.45

$$w_i = 1.28$$

$$\Delta T_{bin} = K_{ibR} \cdot P_{jn} \cdot (W_b + W_m) \cdot w_i \cdot L_n$$

Parámetro de Identación de Recubrimiento ( $P_{j3}$ )

$$P_{jn} = \left[ \frac{(W_b + W_m) \cdot S_{in} \cdot h_b}{E_o \cdot \left(\frac{D_r}{2}\right)^2 \cdot BW} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$P_{j3} = \left[ \frac{(7.50 + 20.70) \cdot 4 \cdot 0.250}{1644 \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^2 \cdot 24} \right]^{\frac{1}{3}} = 0.056$$

Características Visco elásticas de Recubrimiento de Faja ( $K_{biR}$ )

$$K_{biR} = b_0 + b_1 \cdot [1 + \tanh[b_2 + b_3 \cdot (\log(V) + aT_{exp})]]$$

$$aT_{exp} = a_0 + a_1 \cdot T_F + a_2 \cdot T_F^2 + a_3 \cdot T_F^3 + a_4 \cdot T_F^4 + a_5 \cdot T_F^5$$

Tabla 32: Constantes  $K_{biR}$ 

n	FABRIC BELTS		STEEL CABLE BELTS	
	$a_n$	$b_n$	$a_n$	$b_n$
0	-2.56E-02	0.072	-2.56E-02	0.140
1	-5.74E-02	0.029	-5.74E-02	0.029
2	1.06E-04	1.750	1.06E-04	1.750
3	-2.61E-06	1.000	2.61E-06	1.000
4	3.20E-08		3.20E-08	
5	-1.03E-10		-1.03E-10	

$$aT_{exp} = a_0 + a_1 \cdot (68) + a_2 \cdot (68)^2 + a_3 \cdot (68)^3 + a_4 \cdot (68)^4 + a_5 \cdot (68)^3$$

$$aT_{exp} = -3.725$$

$$K_{biR} = b_0 + b_1 \cdot [1 + \tanh[b_2 + b_3 \cdot (\log(V) + aT_{exp})]]$$

$$K_{biR} = b_0 + b_1 \cdot [1 + \tanh[b_2 + b_3 \cdot (\log(200) + (-3.725))]]$$

$$K_{biR} = 0.072$$

$$\Delta T_{bi3} = 0.072 \cdot 0.056 \cdot (7.50 + 20.70) \cdot 1.28 \cdot L_3 = 0.146 \cdot L_3$$

- **Cambio de Tensión en el Tramo "3" debido a la Fricción de Sello de Polín**  
( $\Delta T_{is3}$ ).

Factor de Corrección de Temperatura ( $K_{iT}$ )

$$K_{iT} = 1.114 \cdot 10^{-8} \cdot T_F^4 - 3.763 \cdot 10^{-6} \cdot T_F^3 + 4.458 \cdot 10^{-4} \cdot T_F^2 - 2.136 \cdot 10^{-2} \cdot T_F + 1.333$$

$$K_{iT} = 1.114 \cdot 10^{-8} \cdot (68)^4 - 3.763 \cdot 10^{-6} \cdot (68)^3 + 4.458 \cdot 10^{-4} \cdot (68)^2 - 2.136 \cdot 10^{-2} \cdot (68) + 1.333$$

$$K_{iT} = 1.00$$

Tabla 33: Torques Máximos de Sellos de Polines

Idier Series	K <sub>is</sub> (in x lbf)	K <sub>iv</sub> (in x lbf/rpm)
B	3.00	0.004
C	3.25	0.004
D	4.00	0.004
E	7.25	0.003

$$K_{is} = 3.00$$

$$K_{iv} = 0.004$$



$$\Delta T_{isn} = \left[ \left( \frac{3.82 \cdot V}{D_r} - 500 \right) \cdot K_{iv} + K_{is} \right] \cdot \frac{1}{\frac{D_r}{2}} \cdot \frac{K_{iT} \cdot n_r}{S_{in}} \cdot L_n$$

$$\Delta T_{is3} = \left[ \left( \frac{3.82 \cdot 200}{4} - 500 \right) \cdot 0.004 + 3 \right] \cdot \frac{1}{\frac{4}{2}} \cdot \frac{1.00 \cdot 3}{4} \cdot L_3 = 0.659 \cdot L_3$$

- **Cambio de Tensión en el Tramo “3” debido a la Fricción de Polín con Carga**

( $\Delta T_{IW3}$ ).

Tabla 34: Factor de Resistencia a Rotación con Carga

Idler Series	Taper Roller	Deep Groove Ball
B	0.00155	0.00125
C	0.0017	0.00145
D	0.0017	0.00185
E	0.0029	0.00255

$$C_{iw} = 0.00125$$

$$\Delta T_{iwn} = \frac{C_{iw} \cdot (W_b + W_m)}{\frac{D_r}{2}} \cdot L_n$$

$$\Delta T_{iw3} = \frac{0.00125 \cdot (7.50 + 20.70)}{\frac{4}{2}} \cdot L_3 = 0.018 \cdot L_3$$

- **Perdida de Tensión en el Tramo “3” debido al desalineamiento del Polín**

( $\Delta T_{im3}$ ).

Factores de Fricción para Rodillo de Acero:

$$C_{bi} = 0.5$$

Factor de Alineamiento de Instalación:

$$\Delta A_{ei} = 0.5$$

Factor de Variación de Paralelas de Rodillos respecto a su Eje:

$$\Delta A_{em} = 0.1$$

Distancia entre soporte de Polines:

$$A_s = BW + 9.0$$

$$A_s = 24 + 9.0 = 33 \text{ in}$$

Inclinación de Polín respecto a la Faja

$$\delta_{it} = 0$$

$$\Delta A_{et} = \frac{1}{3} \cdot \delta_{it} \cdot \tan(\beta) \cdot A_s$$

$$\Delta A_{et} = \frac{1}{3} \cdot 0 \cdot \tan(20) \cdot 33 = 0$$

$$\Delta A_e = \Delta A_{ei} + \Delta A_{em} + \Delta A_{et}$$

$$\Delta A_e = 0.5 + 0.1 + 0 = 0.6$$

$$e_{im} = \frac{\Delta A_e}{A_s}$$

$$e_{im} = \frac{0.6}{33} = 0.0182$$

$$C_{im} = C_{bi} \cdot e_{im}$$

$$C_{im} = 0.5 \cdot 0.0182 = 0.0091$$

$$\Delta T_{imn} = C_{im} \cdot L_n \cdot (W_b + W_m)$$

$$\Delta T_{im3} = 0.0091 \cdot L_3 \cdot (7.50 + 20.70) = 0.256 \cdot L_3$$

- **Perdida de Tensión en el Tramo "3" debido al movimiento interior del material transportado  $\Delta T_{mz3}$  .**

Tabla 35: Factor de Perdida por Fricción de Material

Flowability (Ref. Table 3.3)	Angle of Repose (deg)	$C_{mz}$
Very Free Flowing	0 to 19	1.5
Average Flowing	20 to 25	2.1
Average Flowing	26 to 29	2.5
Average Flowing	30 to 34	3.3
Average Flowing	35 to 39	4.2
Sluggish	40 to 45	5.7

$$C_{mz} = 3.3$$

Profundidad Máxima del Material en el Centro de la Faja  $d_m$  .

$$d_m = 2.50 \text{ in}$$

$$\gamma_m = 105 \text{ lbf/ft}^3$$

Pandeo de Faja en el Tramo "3"  $\Delta y_{s3}$  .

$$\Delta y_{s3} = 0.01661$$

Corrección entre Pandeo Actual y Pandeo Teórico  $R_{mz}$  .

$$R_{mz} = \frac{1}{12} \cdot e^{4.181 - 1.572 \cdot \frac{BW}{5 \cdot 12}^{1.5} - 1.0827 \cdot \Delta y_{sn}^{0.5}}$$

$$R_{mz} = \frac{1}{12} \cdot e^{4.181 - 1.572 \cdot \frac{24}{4 \cdot 12}^{1.5} - 1.0827 \cdot 0.01661^{0.5}}$$

$$R_{mz} = 2.7204$$

Trabajo Requerido de Faja a causa del movimiento del material desde un Polín a siguiente ( $W_{mz3}$ ).

$$W_{mzn} = \frac{1}{12^4} \cdot d_m^3 \cdot \gamma_m \cdot C_{mz} \cdot BW \cdot \left[ e^{\left[ (w_b + w_m) \cdot \frac{S_{in}}{T_n} \right]} - 1 \right] \cdot \left[ e^{\left[ \frac{-1}{2} \cdot (w_b + w_m) \cdot \frac{S_{in}}{T_n} \right]} \right] \cdot R_{mz}$$

$$W_{mz3} = \frac{1}{12^4} \cdot d_m^3 \cdot \gamma_m \cdot C_{mz} \cdot BW \cdot \left[ e^{\left[ (w_b + w_m) \cdot \frac{S_{i3}}{T_3} \right]} - 1 \right] \cdot \left[ e^{\left[ \frac{-1}{2} \cdot (w_b + w_m) \cdot \frac{S_{i3}}{T_3} \right]} \right] \cdot R_{mz}$$

$$W_{mz3} = \frac{1}{12^4} \cdot (2.50)^3 \cdot 105 \cdot 3.3 \cdot 24 \cdot \left[ e^{\left[ (7.50 + 20.70) \cdot \frac{4}{849} \right]} - 1 \right] \cdot \left[ e^{\left[ \frac{-1}{2} \cdot (7.50 + 20.70) \cdot \frac{4}{849} \right]} \right] \\ \cdot 2.7204$$

$$W_{mz3} = 2.29$$

$$\Delta T_{mzn} = \frac{W_{mzn} \cdot L_n}{S_{in}^2}$$

$$\Delta T_{mz3} = \frac{W_{mz3} \cdot L_3}{S_{i3}^2}$$

$$\Delta T_{mz3} = \frac{2.29 \cdot L_3}{4^2}$$

$$\Delta T_{mz3} = 0.143 \cdot L_3$$

En Resumen:

$$\Delta T_{H3} = 28.20 \cdot H_3$$

$$\Delta T_{bi3} = 0.146 \cdot L_3$$

$$\Delta T_{is3} = 0.659 \cdot L_3$$

$$\Delta T_{iw3} = 0.018 \cdot L_3$$

$$\Delta T_{im3} = 0.256 \cdot L_3$$

$$\Delta T_{mz3} = 0.143 \cdot L_3$$

- **Cambio Total de Tensión de la Faja a causa de la velocidad del Faja Continuo ( $\Delta T_3$ ).**

$$\Delta T_3 = \Delta T_{H3} + \Delta T_{bi3} + \Delta T_{is3} + \Delta T_{iw3} + \Delta T_{im3} + \Delta T_{mz3}$$

$$\Delta T_3 = 28.20 \cdot H_3 + 1.221 \cdot L_3$$

Reemplazando los datos del cuadro 17, se tiene:

$$\Delta T_3 = 104.07 \text{ Lbf.}$$

- **Tensión en la Faja, en los tramos del 3 al 8,  $T_3$  al  $T_8$ .**

Aplicando el mismo criterio en los tramos del 4 al 8, según el cuadro, se obtiene lo siguiente.

Tabla 36: Tensión en los Tramos 3 - 8

Descripción	Tramo	$T_n$	$\Delta T_n$	$\Delta T_H$	$\Delta T_{bi}$	$\Delta T_{is}$	$\Delta T_{iw}$	$\Delta T_{im}$	$\Delta T_{mz}$
		(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)
Carga	3	849	104.07	81.69	2.68	12.06	0.32	4.69	2.62
Carga	4	953.07	103.80	81.69	2.68	12.06	0.32	4.69	2.35
Carga	5	1056.86	216.95	194.29	2.78	12.49	0.33	4.85	2.21
Carga	6	1273.81	34.34	30.81	0.44	1.98	0.05	0.77	0.29
Carga	7	1308.16	235.82	211.59	3.02	13.59	0.36	5.28	1.97
Carga	8	1543.98	235.53	211.59	3.02	13.59	0.36	5.28	1.67

- **Tensión Máxima en la Faja, en el punto “9”,  $T_9$  .**

Tensión Máxima en este caso particular (Operación), se determina por la siguiente ecuación:

$$T_8 + \Delta T_8 = T_9$$

$$1543.98 + 235.53 = T_9$$

$$T_9 = 1779.51 \text{ Lbf}$$

Determinación preliminar de los diámetros y los ejes de las poleas, partiendo de la Tensión Máxima en Operación.

Partiendo de la tensión de la faja, es decir:

$$\text{Tension de Faja} = \frac{T_9}{BW}$$

$$\text{Tension de Faja} = \frac{1779.51}{24} = 74.15 \text{ Lbf por Pulgada de Ancho de Faja}$$

$$\text{Tension de Faja} = 74.15 \text{ PIW}$$

Por tanto se selecciona la faja del tipo:

Fabric – US: 2 – 160

Rating: 149 PIW

Del cuadro 17 de las características de la Faja, se tiene:

Tabla 37: Diámetro Mínimo de Polea

<b>Diámetro Mínimo de Polea (in)</b>	
>80 % Tensión de Faja	16
60 % - 80% Tensión de Faja	14
40 % - 60% Tensión de Faja	12
0 % - 40% Tensión de Faja	10

En el Punto "9", es decir  $T_9$ :

$$\frac{74.15 \text{ PIW}}{149 \text{ PIW}} = 0.4977 = 49.77 \%$$

En el Punto "3", es decir  $T_3$ :

$$\frac{35.38 \text{ PIW}}{149 \text{ PIW}} = 0.2375 = 23.75 \%$$

Por lo tanto los diámetros son los siguientes:

- Polea Motriz: 12 in. [Diámetro de Eje: 2.3750 in; Peso: 166 Lbs.]
- Polea de Cola: 10 in. [Diámetro de Eje: 1.9375 in; Peso: 117 Lbs.]
- Polea Bend: 10 in. [Diámetro de Eje: 1.8750 in; Peso: 113 Lbs.]
- Polea Takeup: 10 in. [Diámetro de Eje: 1.8750 in; Peso: 113 Lbs.]

- **Tensión en la Faja, en los tramos del 2 al 10 (  $T_2$  al  $T_{10}$ ), En sentido Contrario al material transportado:**

Cambio de Tensión en el punto "2", ( $\Delta T_2$ ):

$$\begin{aligned} \Delta T_2 = & (\Delta T_{H2} + \Delta T_{am2}) \\ & + (\Delta T_{ss2} + \Delta T_{is2} + \Delta T_{iw2} + \Delta T_{bi2} + \Delta T_{im2} + \boxed{\Delta T_{sb2}} + \Delta T_{s2} + \Delta T_{mz2}) \\ & + (\boxed{\Delta T_{px2}} + \boxed{\Delta T_{pr2}} + \boxed{\Delta T_{bc2}}) \end{aligned}$$

: No Aplica

- **Tensión Adicional en la Carga para acelerar continuamente el material a velocidad de la faja en el Tramo "2", ( $\Delta T_{am2}$ ).**

$$\Delta T_{amn} = \frac{Q}{g \cdot 108} \cdot (V - V_o \cdot \sin \theta_i)$$

Calculando la velocidad inicial del material en el punto de impacto con la faja.

$h_d$ : Altura desde el punto es la alimentación de la faja

$$h_d = 8 \text{ ft}$$

$$V_o = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h_d)}$$

$$V_o = \sqrt{\left(2 \cdot 32.2 \frac{\text{ft}}{\text{sec}^2} \cdot 8 \text{ ft}\right)} = 22.69 \frac{\text{ft}}{\text{sec}} = 1361.88 \text{ fpm}$$



Calculando Tensión Adicional, en el punto "2":

En este caso, el chute de alimentación, no existe deflexión en la descarga, por tal razón,  $\theta_i = 0$ :

$$\Delta T_{am2} = \frac{Q}{g \cdot 108} \cdot (V - V_o \cdot \sin \theta_i)$$

$$\Delta T_{am2} = \frac{124.08}{32.2 \cdot 108} \cdot (200 - 1361.88 \cdot \sin 0) = 7.14 \text{ Lbf.}$$

- **Cambio de Tensión debido a la fricción del sello del Faldón sobre la Faja, en el Tramo "2", ( $\Delta T_{ss2}$ ).**

$$\Delta T_{ssn} = 2 \cdot \mu_{ss} \cdot F_{ss} \cdot L_n$$

Considerando:

Coeficiente de Fricción del Sello:  $\mu_{ss} = 1.0$

Fuerza Normal Efectiva entre la Faja y el Sello:  $F_{ss} = 3.0 \frac{\text{Lbf}}{\text{ft}}$

Según el Cuadro 17, la longitud del Faldón es:  $L_2 = 8.33 \text{ ft}$

$$\Delta T_{ss2} = 2 \cdot \mu_{ss} \cdot F_{ss} \cdot L_2$$

$$\Delta T_{ss2} = 2 \cdot 1.0 \cdot 3.0 \cdot 8.33 = 50 \text{ Lbf.}$$

- Cambio de Tensión debido a la fricción del material sobre el sello del Faldón, en el Tramo "2",  $\Delta T_{s2}$  .

$$\Delta T_{sn} = C_s \cdot d_{ms}^2 \cdot L_n$$

Considerando:

Coeficiente de Fricción del Material en Sello:  $C_s = 0.024$

Como se puede apreciar en el grafico:  $d_{ms} = 0$

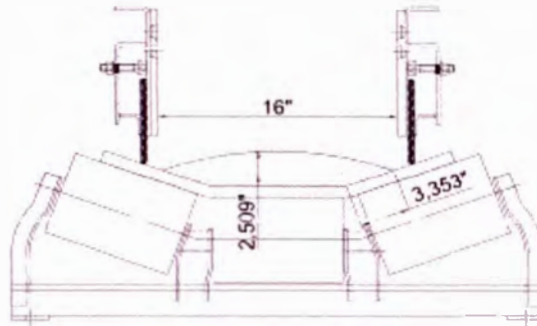


Figura 41: Sección de Faldón de Faja Transportadora.

Por lo tanto:

$$\Delta T_{s2} = C_s \cdot d_{ms}^2 \cdot L_2$$

$$\Delta T_{s2} = 0.024 \frac{\text{Lbf}}{\text{in}^2 \cdot \text{ft}} \cdot (0 \text{ in})^2 \cdot 8.33 \text{ ft} = 0 \text{ Lbf}.$$

Cambio de Tensión en el punto "22", ( $\Delta T_{22}$ ):

$$\begin{aligned} \Delta T_{22} = & \left( \boxed{\Delta T_{H22}} + \boxed{\Delta T_{am22}} \right) \\ & + \left( \boxed{\Delta T_{ss22}} + \boxed{\Delta T_{is22}} + \boxed{\Delta T_{iW22}} + \boxed{\Delta T_{bi22}} + \boxed{\Delta T_{im22}} + \boxed{\Delta T_{sb22}} + \boxed{\Delta T_{s22}} \right) \\ & + \boxed{\Delta T_{mz22}} + (\Delta T_{px22} + \Delta T_{pr22} + \boxed{\Delta T_{bc22}}) \end{aligned}$$

: No Aplica

- **Tensión adicional de la Faja debido a la Flexión de la Faja sobre la Polea, en el Tramo "22", ( $\Delta T_{pf22}$ ).**

$$\Delta T_{pfn} = 9 \cdot BW \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{T_n}{BW} \right) \cdot \frac{t_b}{D_{pn}}$$

Considerando:

Espesor de la Faja:  $t_b = 0.8 \text{ in}$

Diámetro de la Polea:  $D_p = 10 \text{ in}$

Por lo tanto:

$$\Delta T_{pf22} = 9 \cdot BW \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{T_{22}}{BW} \right) \cdot \frac{t_b}{D_{p22}}$$

$$\Delta T_{pf22} = 9 \cdot 24 \text{ in} \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{T_{22}}{24 \text{ in}} \right) \cdot \frac{0.8 \text{ in}}{10 \text{ in}}$$

$$\Delta T_{pf22} = 9 \cdot 24 \text{ in} \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{T_{22}}{24 \text{ in}} \right) \cdot \frac{0.8 \text{ in}}{10 \text{ in}}$$

- **Resistencia de la polea (Rodamiento, Lubricante y Sellos), en el Tramo “22”, ( $\Delta T_{pr22}$ ).**

$$\Delta T_{prn} = 0.01 \cdot \frac{d_{sn}}{D_{pn}} \cdot R_{pn}$$

$$\Delta T_{pr22} = 0.01 \cdot \frac{d_{s22}}{D_{p22}} \cdot R_{p22}$$

Considerando:

Diámetro de Eje de polea:  $d_s = 1.9375 \text{ in}$

Diámetro de Polea:  $D_p = 10 \text{ in}$

Determinando Reacción en la Polea:

Las fuerzas que actúan son las siguientes:

- Peso de la Polea:  $W_p = 117 \text{ Lbs}$
- Tensión en el Punto “1”:  $T_1$ , (Angulo con la Horizontal:  $9^\circ$ )
- Tensión en el Punto “22”:  $T_{22}$ , (Angulo con la Horizontal:  $9^\circ$ )

Por lo tanto:

$$R_{p22} = \sqrt{(W_p - T_1 \cdot \sin(9^\circ) - T_{22} \cdot \sin(9^\circ))^2 + (T_1 \cdot \cos(9^\circ) + T_{22} \cdot \cos(9^\circ))^2}$$

- **Tensión en la Faja, en los tramos del 3 al 10,  $T_3$  al  $T_{10}$  (Sentido Contrario al Material Transportado).**

Aplicando el mismo criterio en los tramos del 3 al 10 (Sentido Contrario), según el cuadro 17, además de iterar entre los tramos, donde sea necesario, se obtiene lo siguiente.

Descrip.	Tramo	Tn	Rn	$\Delta Tn$	$\Delta TH$	$\Delta Tbi$	$\Delta Tis$	$\Delta TiW$	$\Delta Tim$	$\Delta Tmz$	$\Delta Tpx$	$\Delta Tpr$	$\Delta Tpn$	$\Delta Tam$	$\Delta Tss$	$\Delta Ts$	$\Delta Tbc$
		(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)
Carga	1	733.60		5.81	3.54	0.07	1.97	0.01	0.20								
Alimen.	2	739.41		109.59	37.19	0.97	10.99	0.15	2.14	1.02				7.14	50.00	0.00	
Retorno	10	780.09		-61.64	-57.68	-0.56	-1.86	-0.10	-1.44								
Retorno	11	718.46		-60.14	-56.27	-0.55	-1.81	-0.10	-1.41								
Bend	12	658.32	838.70	20.23							18.66	1.57	20.23				
Retorno	13	678.55		-70.13	-70.13	0.00	0.00	0.00	0.00								
Takeup	14	608.42	1124.25	20.40							18.30	2.11	20.40				
Retorno	15	628.83		61.93	61.93	0.00	0.00	0.00	0.00								
Bend	16	690.76	1242.77	21.22							18.89	2.33	21.22				
Retorno	17	711.99		-54.14	-50.66	-0.49	-1.63	-0.09	-1.27								
Retorno	18	657.84		-25.67	-22.17	-0.50	-1.64	-0.09	-1.27								
Retorno	19	632.18		-25.15	-21.73	-0.49	-1.61	-0.09	-1.25								
Retorno	20	607.02		-11.45	-9.89	-0.22	-0.73	-0.04	-0.57								
Retorno	21	595.57		116.21	-3.27	-0.07	-0.24	-0.01	-0.19								120.00
Cola	22	711.78	1431.78	21.82							19.04	2.77	21.82				

Tabla 38: Tension en los Tramos 1 -22

• **Determinación de la Tensión Equivalente.**

Las Fuerzas que Actúan en la Polea Motriz, son las siguientes:

- Peso de la Polea:  $W_p = 166 \text{ Lbs}$
- Tensión en el Punto "9":  $T_9 = 1779.51 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $20^\circ$ )
- Tensión en el Punto "10":  $T_{10} = 780.09 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $20^\circ$ )

Determinación de Factor de Envolvimiento ( $C_w$ ):

$$C_w = \frac{1}{e^{f\theta} - 1}$$

Considerando:

Coeficiente de Fricción ente polea y superficie de faja:  $f = 0.35$

Angulo de Envolvimiento:  $\theta = 180^\circ$

$$C_w = \frac{1}{e^{(0.35) \cdot (\pi)} - 1} = 0.5$$

Determinando del Ratio de Deslizamiento.

$$\frac{T_9}{T_{10}} \leq \frac{(1 + C_w)}{C_w} = \frac{(1 + 0.5)}{0.5} = 3$$

$$\frac{T_9}{T_{10}} = \frac{1779.51}{780.09} = 2.28 \leq 3 \text{ (Ok)}$$

Cambio de Tensión en el punto "9", ( $\Delta T_9$ ):

$$\begin{aligned} \Delta T_9 = & \left( \boxed{\Delta T_{H9}} + \boxed{\Delta T_{am9}} \right) \\ & + \left( \boxed{\Delta T_{ss9}} + \boxed{\Delta T_{is9}} + \boxed{\Delta T_{iw9}} + \boxed{\Delta T_{bi9}} + \boxed{\Delta T_{im9}} + \boxed{\Delta T_{sb9}} + \boxed{\Delta T_{s9}} \right) \\ & + \boxed{\Delta T_{mz9}} + (\Delta T_{px9} + \Delta T_{pr9} + \Delta T_{bc9}) \end{aligned}$$

: No Aplica

- **Tensión adicional de la Faja debido a la Flexión de la Faja sobre la Polea, en el Tramo "9", ( $\Delta T_{pf9}$ ).**

$$\Delta T_{pf9} = 9 \cdot BW \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{T_n}{BW} \right) \cdot \frac{t_b}{D_{pn}}$$

Considerando:

Espesor de la Faja:  $t_b = 0.8 \text{ in}$

Diámetro de la Polea:  $D_p = 12 \text{ in}$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \Delta T_{pf9} &= 9 \cdot BW \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{T_9}{BW} \right) \cdot \frac{t_b}{D_{p9}} \\ \Delta T_{pf9} &= 9 \cdot 24 \text{ in} \cdot \left( 0.8 + 0.01 \cdot \frac{1779.51 \text{ Lbf}}{24 \text{ in}} \right) \cdot \frac{0.8 \text{ in}}{12 \text{ in}} \end{aligned}$$

$$\Delta T_{pf9} = 22.31 \text{ Lbf}$$

- **Resistencia de la polea (Rodamiento, Lubricante y sellos), en el Tramo "9",**  
( $\Delta T_{pr9}$ ).

$$\Delta T_{prn} = 0.01 \cdot \frac{d_{sn}}{D_{pn}} \cdot R_{pn}$$

$$\Delta T_{pr9} = 0.01 \cdot \frac{d_{s9}}{D_{p9}} \cdot R_{p9}$$

Considerando:

Diámetro de Eje de polea:  $d_s = 2.3750 \text{ in}$

Diámetro de Polea:  $D_p = 12 \text{ in}$

Determinando Reacción en la Polea:

Las fuerzas que actúan son las siguientes:

- Peso de la Polea:  $W_p = 166 \text{ Lbs}$
- Tensión en el Punto "9":  $T_9$ , (Angulo con la Horizontal:  $20^\circ$ )
- Tensión en el Punto "10":  $T_{10}$ , (Angulo con la Horizontal:  $20^\circ$ )

$$R_{p9} = \sqrt{(W_p + T_9 \cdot \sin(20^\circ) - T_{10} \cdot \sin(20^\circ)) + (T_9 \cdot \cos(20^\circ) + T_{10} \cdot \cos(20^\circ))}$$

$$R_{p9} = 2621.03 \text{ Lbf}$$

Por lo tanto:

$$\Delta T_{pr9} = 0.01 \cdot \frac{2.3750 \text{ in}}{12 \text{ in}} \cdot 2621.03 \text{ Lbf}$$

$$\Delta T_{pr9} = 5.19 \text{ Lbf}$$



- **Cambio de Tensión debido al limpiador de Faja , en el Tramo “9”, ( $\Delta T_{bc9}$ ).**

$$\Delta T_{bcn} = BW \cdot \sum C_{bcn}$$

Considerando:

Resistencia de Fricción debido al movimiento de la faja bajo la presión del

limpiador,  $C_{bc} = 6 \frac{Lbf}{in}$

Por lo tanto:

$$\Delta T_{bcn} = 24 \text{ in} \cdot 2 \cdot 6 \frac{Lbf}{in} = 288 \text{ Lbf}$$

Cambio de Tensión en el punto “9”:

$$\Delta T_9 = \Delta T_{px9} + \Delta T_{pr9} + \Delta T_{bc9}$$

$$\Delta T_9 = 22.31 \text{ Lbf} + 5.19 \text{ Lbf} + 288 \text{ Lbf}$$

$$\Delta T_9 = 315.5 \text{ Lbf}$$

Por lo tanto:

Tensión Efectiva:

$$T_e = T_9 - T_{10} + \Delta T_9$$

$$T_e = 1779.51 \text{ Lbf} - 780.09 \text{ Lbf} + 315.5 \text{ Lbf}$$

$$T_e = 1314.92 \text{ Lbf (Operacion)}$$

- **Velocidad de Polea Motriz, en el Tramo “9”, ( $N_9$ ) :**

$$N_9 = \frac{V \cdot 12}{\pi \cdot D_{p9}} = \frac{200 \cdot 12}{\pi \cdot 12} = 63.66 \text{ rpm}$$

Tramo (n)	Descripcion	T <sub>n</sub>	ΔT <sub>n</sub>	ΔT <sub>H</sub>	ΔT <sub>bl</sub>	ΔT <sub>ls</sub>	ΔT <sub>iw</sub>	ΔT <sub>im</sub>	ΔT <sub>mz</sub>	ΔT <sub>px</sub>	ΔT <sub>pr</sub>	ΔT <sub>pn</sub>	ΔT <sub>am</sub>	ΔT <sub>as</sub>	ΔT <sub>sb</sub>	ΔT <sub>s</sub>	ΔT <sub>bc</sub>
		(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)
1	Carry	733.60	5.81	3.54	0.07	1.97	0.01	0.20									
2	Carry	739.41	109.59	37.19	0.97	10.99	0.15	2.14	1.02				7.14	50.00		0.00	
3	Carry	849.00	104.07	81.69	2.68	12.06	0.32	4.69	2.62								
4	Carry	953.07	103.80	81.69	2.68	12.06	0.32	4.69	2.35								
5	Carry	1056.86	216.95	194.29	2.78	12.49	0.33	4.85	2.21								
6	Carry	1273.81	34.34	30.81	0.44	1.98	0.05	0.77	0.29								
7	Carry	1308.16	235.82	211.59	3.02	13.59	0.36	5.28	1.97								
8	Carry	1543.98	235.53	211.59	3.02	13.59	0.36	5.28	1.68								
9	Active Head Pulley	1779.51	315.50							22.31	5.19	27.50					288.00
10	Return	780.09	-61.64	-57.68	-0.56	-1.86	-0.10	-1.44									
11	Return	718.46	-60.14	-56.27	-0.55	-1.81	-0.10	-1.41									
12	Bend	658.32	20.23							18.66	1.57	20.23					
13	Return	678.55	-70.13	-70.13	0.00	0.00	0.00	0.00									
14	Take Up	608.42	20.40							18.30	2.11	20.40					
15	Return	628.83	61.93	61.93	0.00	0.00	0.00	0.00									
16	Bend	690.76	21.22							18.89	2.33	21.22					
17	Return	711.99	-54.14	-50.66	-0.49	-1.63	-0.09	-1.27									
18	Return	657.84	-25.67	-22.17	-0.50	-1.64	-0.09	-1.27									
19	Return	632.18	-25.15	-21.73	-0.49	-1.61	-0.09	-1.25									
20	Return	607.02	-11.45	-9.89	-0.22	-0.73	-0.04	-0.57									
21	Return	595.57	116.21	-3.27	-0.07	-0.24	-0.01	-0.19									120.00
22	Tail Pulley	711.78	21.82							19.04	2.77	21.82					

Tabla 39: Cuadro de Tensiones de la Faja #1

- **Determinación de la Potencia de la Faja:**

Por lo tanto:

$$Belt\ hp = \frac{T_e \cdot V}{33000}$$

$$Belt\ hp = \frac{1314.92\ Lbf \cdot 200\ fpm}{33000} = 7.97\ hp$$

Considerando:

Eficiencia de Motriz ( $\eta$ ):  $\eta=0.79$  (3900 msnm)

$$\frac{Belt\ hp}{\eta} = \frac{7.97\ hp}{0.79} = 10.09\ hp$$

Por lo tanto el Motor seleccionado es: 15hp / 1800 rpm

- **Determinación en caso de Aceleración:**

Para determinar la Tensión en el caso que la faja se encuentra en Aceleración, se determina el momento de inercia motriz, es decir  $WK^2$  motriz.

$$WK_{Motriz}^2 = WK_{Motor}^2 + WK_{Reductor}^2 + WK_{Coupling}^2 + WK_{Drive\ Pulley}^2$$

$$WK_{Motor}^2 = 2.14\ Lbs - ft^2$$

$$WK_{Reductor}^2 = 0.43\ Lbs - ft^2 \quad (20\% WK_{Motor}^2)$$

$$WK_{Coupling}^2 = 0.02\ Lbs - ft^2$$

$$WK_{\text{Drive Pulley}}^2 = 0.02 \text{ Lbs} - ft^2$$

$$WK_{\text{Motriz}}^2 = 2.61 \text{ Lbs} - ft^2$$

Peso Equivalente de Motriz (Lbs.):

$$(WK^2) \cdot \left( \frac{2\pi \text{ rpm}}{V} \right)^2$$

$$(2.61 \text{ Lbs} - ft^2) \cdot \left( \frac{2\pi 1800}{200} \right)^2 = 8346.13 \text{ Lbs}$$

Determinación de Peso Equivalente de Transportador:

Polea No Motrices: 04 Poleas de 10" ( $\phi$ : 1.9375 in) – 4 x 70 Lbs. = 280 Lbs.

Faja, Tramo de Carga: 7.5 Lbs. /ft x 120.43 ft = 903.23 Lbs.

Faja, Tramo de Retorno: 7.5 Lbs. /ft x (120.43 ft + 21.57 ft) = 1065 Lbs.

Polines, Tramo de Carga: 18.3 (8.43 ft / 2 ft) + 18.3 (112 ft / 4 ft) = 589.53 Lbs.

Polines, Tramo de Retorno: 16.3 (120.43 ft / 10 ft) = 196.30 Lbs.

Peso Total Equivalente de Transportador: 3034.06 Lbs.

Carga de Material: 20.70 Lbs. / ft x (120.43 ft) = 2492.90 Lbs.

Peso Equivalente Total del Sistema: 8346.13 Lbs. + 3034.06 Lbs. + 2492.90 Lbs.

Peso Equivalente Total del Sistema: 13873.09 Lbs.

Seleccionado la Faja para la Tensión  $T_1=1779.51$  Lbs. El Ratio Promedio de 50 Lbs./in./ply, 2 ply, por lo tanto el ratio de tensión requerido es: 2400 Lbs.

Si la tensión de arranque es limitada a 150 % del ratio de tensión, por lo tanto la tensión extra promedio es:

$$(1.5) \cdot (2400) - (1779.51) = 1820.49 \text{ Lbs.}$$

El tiempo para aceleración es determinado por la siguiente ecuación:

$$F_a \cdot t = M \cdot \frac{V_1 - V_0}{60}$$

$$t = \frac{M}{F_a} \cdot \frac{V_1 - V_0}{60} = \frac{\left(\frac{5526.96}{32.2}\right) \cdot (200 - 0)}{1820.49 \cdot 60} = 0.31 \text{ sec}$$

- **Determinación en caso de Desaceleración:**

Energía Cinética del Sistema es:

$$\frac{MV^2}{2} = \frac{\frac{13873.09}{32.2} \cdot 3.335}{2} = 718.43 \text{ ft} - \text{Lbs}$$

Fuerza de Fricción Gravitacional es:

$$\frac{10.09 \cdot 33000}{200} = 1664.85 \text{ Lbs.}$$

Porque el Rendimiento del trabajo total tiene que ser equivalente a la energía cinética total de la masa:

$$(t) \cdot (100) \cdot (1664.85) = 718.43$$

$$t = 0.004315 \text{ min} = 0.26 \text{ sec}$$

Faja en movimiento:

$$(0.004315) \cdot (100) = 0.43 \text{ ft}$$

Descarga:

$$\left(\frac{124.08 \text{ tph}}{60}\right) \cdot \left(\frac{0.43}{200}\right) = 0.00444 \text{ ton}$$

- **Perfil de la Curva Cóncava Vertical:**

Tensión en la Curva, es decir  $T_5 = 1053.65 \text{ Lbs}$

Por lo tanto:

$$r_1 = \frac{1.11 \cdot T_5}{W_b} = \frac{(1.11) \cdot (1053.65)}{7.5} = 155.94 \text{ ft}$$

Ahora se va verificar la elevación de la faja durante la aceleración

$$W_c = L \cdot W_b + W_{ri} \cdot N_{ri} + L_c \cdot \left(\frac{W_{ti}}{S_i}\right) + L_c \cdot (W_b + W_m) + \text{Pulley Weight Equivalents}$$

$$W_c = (120.43) \cdot (7.5) + (16.3) \cdot \left(\frac{120.43}{10}\right) + (48.49) \cdot \left(\frac{18.3}{4}\right) + (48.49) \cdot (7.5 + 20.7)$$

$$+ 280$$

$$W_c = 2968.79 \text{ Lbs}$$

$$W_t = W_c + L_2 \cdot W_b + L_2 \cdot \left(\frac{W_{ti}}{S_i}\right)$$

$$W_t = (2968.79) + (71.94) \cdot (7.5) + (71.94) \cdot \left(\frac{18.3}{4}\right) = 3837.47 \text{ Lbs}$$

La Fuerza de aceleración, debe determinarse asumiendo que el motor y control tiene un torque de 180% de la Carga Total.

$$\frac{(1.8) \cdot (15) \cdot (0.79) \cdot (33000)}{200} = 3519.45 \text{ Lbs}$$

La Tensión efectiva en el tramo con una inclinación de 9°:  $T_e = 773.80 \text{ Lbs}$

La Fuerza Equivalente para la activación de la faja para la aceleración:

$$3519.45 - 773.80 = 2745.65 \text{ Lbs}$$

Por la tanto la fuerza de aceleración es:

$$F_a = 2745.65 \cdot \left( \frac{3837.47}{3837.47 + 8346.13} \right) = 864.80 \text{ Lbs}$$

$$T_a = F_a \cdot \left( \frac{W_c}{W_t} \right) = 864.80 \cdot \left( \frac{2968.79}{3837.47} \right) = 669.05$$

$$T_{ac} = T_c + T_a = 1053.65 + 669.05 = 1722.70 \text{ Lbs}$$

$$r_1 = \frac{1.11 \cdot T_{ac}}{W_b} = \frac{(1.11) \cdot (1722.70)}{7.5} = 254.96 \text{ ft}$$

Determinación de la Tensión en la curca, con la faja en vacio: 794.45 Lbs

$$r_1 = \frac{(\text{Factor A}) \cdot b^2 \cdot B_m \cdot p}{T_c - 30 \cdot b} = \frac{(0.0063)(24^2)(1000)(2)}{794.45 - 30 \cdot 24} = 97.48 \text{ ft}$$

Para el sobreesfuerzo en el centro de la faja:

$$r_1 = \frac{(\text{Factor B}) \cdot b^2 \cdot B_m \cdot p}{T_r - T_c} = \frac{(0.0032)(24^2)(1000)(2)}{1.8 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 50 - 1722.70} = 1.42 \text{ ft}$$

Por lo tanto el Radio mínimo de concavidad requerido es: 254.96 ft

#### 4.5.5.2. Faja Transportadora #2 (100-FT-002)

##### Esquema de Faja Transportadora #2

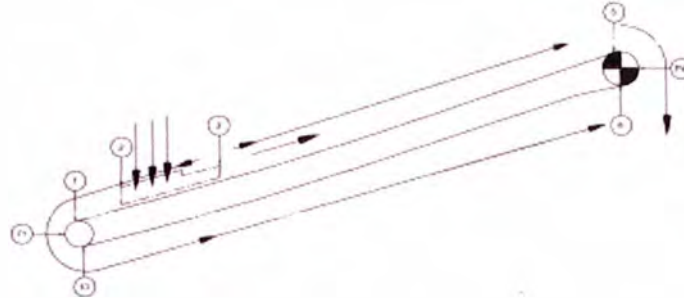


Figura 42: Esquema de Faja #2

- **Cuadro de Tensiones:** Ver Cuadro 40
- **Determinación de la Potencia de la Faja:**

Por lo tanto:

$$\text{Belt hp} = \frac{T_e \cdot V}{33000}$$

$$\text{Belt hp} = \frac{(1080.89 - 644.19 + 309.61) \text{ Lbf} \cdot 250 \text{ fpm}}{33000} = 5.65 \text{ hp}$$

Considerando:

Eficiencia de Motriz ( $\eta$ ):  $\eta=0.79$  (3900 msnm)

$$\frac{\text{Belt hp}}{\eta} = \frac{5.65 \text{ hp}}{0.79} = 7.15 \text{ hp}$$

Por lo tanto el Motor seleccionado es: 10 hp / 1800 rpm



- **Verificación de deslizamiento**

Las Fuerzas que Actúan en la Polea Motriz, son las siguientes:

- Peso de la Polea:  $W_p = 166 \text{ Lbs}$
- Tensión en el Punto "5":  $T_5 = 1080.89 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $16^\circ$ )
- Tensión en el Punto "6":  $T_6 = 644.19 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $16^\circ$ )

Determinación de Factor de Envolvimiento ( $C_w$ ):

$$C_w = \frac{1}{e^{f\theta} - 1}$$

Considerando:

Coeficiente de Fricción ente polea y superficie de faja:  $f = 0.35$

Angulo de Envolvimiento:  $\theta = 180^\circ$

$$C_w = \frac{1}{e^{(0.35) \cdot (\pi)} - 1} = 0.5$$

Determinando del Ratio de Deslizamiento.

$$\frac{T_5}{T_6} \leq \frac{(1 + C_w)}{C_w} = \frac{(1 + 0.5)}{0.5} = 3$$

$$\frac{T_5}{T_6} = \frac{1080.89}{644.19} = 1.68 \leq 3 \text{ (Ok)}$$

Tramo (n)	Descripcion	T <sub>n</sub>	ΔT <sub>n</sub>	ΔT <sub>H</sub>	ΔT <sub>bl</sub>	ΔT <sub>is</sub>	ΔT <sub>iw</sub>	ΔT <sub>lm</sub>	ΔT <sub>mz</sub>	ΔT <sub>px</sub>	ΔT <sub>pr</sub>	ΔT <sub>pn</sub>	ΔT <sub>am</sub>	ΔT <sub>ss</sub>	ΔT <sub>sb</sub>	ΔT <sub>s</sub>	ΔT <sub>bc</sub>
		(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)
1	Carry	706.55	18.47	13.34	0.15	4.53	0.03	0.42									
2	Carry	725.02	179.98	86.51	1.27	14.64	0.19	2.74	2.33				12.20	60.10		0.00	
3	Carry	905.00	88.04	75.45	1.40	6.39	0.16	2.39	2.25								
4	Carry	993.04	87.85	75.45	1.40	6.39	0.16	2.39	2.06								
5	Active Head Pulley	1080.89	309.61							18.10	3.52	21.61					288.00
6	Return	644.19	-21.49	-19.69	-0.24	-0.89	-0.04	-0.62									
7	Return	622.70	-20.52	-18.80	-0.23	-0.85	-0.04	-0.60									
8	Return	602.18	-23.53	-21.56	-0.27	-0.98	-0.05	-0.68									
9	Return	578.65	106.41	-12.45	-0.15	-0.56	-0.03	-0.39									120.00
10	Tail Pulley	685.06	21.49							18.85	2.64	21.49					

Tabla 40: Cuadro de Tensiones de la Faja #2

#### 4.5.5.3. Faja Transportadora #3 (100-FT-003)

##### Esquema de Faja Transportadora #3

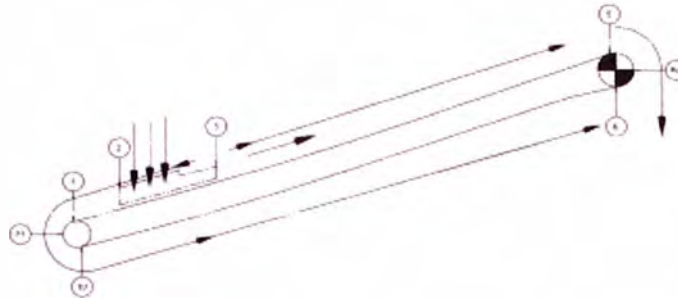


Figura 43: Esquema de Faja #3

- **Cuadro de Tensiones:** Ver Cuadro 41
- **Determinación de la Potencia de la Faja:**

Por lo tanto:

$$\text{Belt hp} = \frac{T_e \cdot V}{33000}$$

$$\text{Belt hp} = \frac{(1201.85 - 696.07 + 310.70) \text{ Lbf} \cdot 250 \text{ fpm}}{33000} = 6.18 \text{ hp}$$

Considerando:

Eficiencia de Motriz ( $\eta$ ):  $\eta=0.79$  (3900 msnm)

$$\frac{\text{Belt hp}}{\eta} = \frac{6.18 \text{ hp}}{0.79} = 7.83 \text{ hp}$$

Por lo tanto el Motor seleccionado es: 10 hp / 1800 rpm

- **Verificación de deslizamiento**

Las Fuerzas que Actúan en la Polea Motriz, son las siguientes:

- Peso de la Polea:  $W_p = 166 \text{ Lbs}$
- Tensión en el Punto "5":  $T_5 = 1201.85 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $18^\circ$ )
- Tensión en el Punto "6":  $T_6 = 696.07 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $18^\circ$ )

Determinación de Factor de Envolvimiento ( $C_w$ ):

$$C_w = \frac{1}{e^{f\theta} - 1}$$

Considerando:

Coeficiente de Fricción ente polea y superficie de faja:  $f = 0.35$

Angulo de Envolvimiento:  $\theta = 180^\circ$

$$C_w = \frac{1}{e^{(0.35) \cdot (\pi)} - 1} = 0.5$$

Determinando del Ratio de Deslizamiento.

$$\frac{T_5}{T_6} \leq \frac{(1 + C_w)}{C_w} = \frac{(1 + 0.5)}{0.5} = 3$$

$$\frac{T_5}{T_6} = \frac{1201.85}{696.07} = 1.73 \leq 3 \text{ (Ok)}$$

Tramo (n)	Descripción	T <sub>n</sub>	ΔT <sub>n</sub>	ΔT <sub>H</sub>	ΔT <sub>bl</sub>	ΔT <sub>ls</sub>	ΔT <sub>iw</sub>	ΔT <sub>lm</sub>	ΔT <sub>mz</sub>	ΔT <sub>px</sub>	ΔT <sub>pr</sub>	ΔT <sub>pn</sub>	ΔT <sub>am</sub>	ΔT <sub>ss</sub>	ΔT <sub>sb</sub>	ΔT <sub>s</sub>	ΔT <sub>bc</sub>
		(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)
1	Carry	738.61	10.42	7.78	0.08	2.34	0.01	0.22									
2	Carry	749.03	155.97	78.61	1.02	11.75	0.15	2.20	1.81				12.20	48.23		0.00	
3	Carry	905.00	148.65	129.56	2.12	9.68	0.25	3.63	3.40								
4	Carry	1053.65	148.20	129.56	2.12	9.68	0.25	3.63	2.95								
5	Active Head Pulley	1201.85	310.70							18.83	3.87	22.70					288.00
6	Return	696.07	-36.06	-33.37	-0.36	-1.33	-0.06	-0.93									
7	Return	660.01	-34.89	-32.28	-0.35	-1.29	-0.06	-0.90									
8	Return	625.12	-21.17	-19.59	-0.21	-0.78	-0.04	-0.55									
9	Return	603.95	112.82	-6.64	-0.07	-0.27	-0.01	-0.19									120.00
10	Tail Pulley	716.77	21.84							19.08	2.76	21.84					

Tabla 41: Cuadro de Tensiones de la Faja #3

#### 4.5.5.4. Faja Transportadora #4 (100-FT-004)

##### Esquema de Faja Transportadora #4

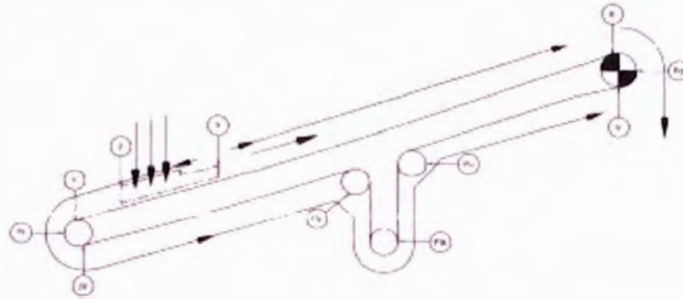


Figura 44: Esquema de Faja #4

- **Cuadro de Tensiones:** Ver Cuadro 42
- **Determinación de la Potencia de la Faja:**

Por lo tanto:

$$\text{Belt hp} = \frac{T_e \cdot V}{33000}$$

$$\text{Belt hp} = \frac{(1905.73 - 796.86 + 316.52) \text{ Lbf} \cdot 250 \text{ fpm}}{33000} = 10.80 \text{ hp}$$

Considerando:

Eficiencia de Motriz ( $\eta$ ):  $\eta=0.79$  (3900 msnm)

$$\frac{\text{Belt hp}}{\eta} = \frac{10.80 \text{ hp}}{0.79} = 13.67 \text{ hp}$$

Por lo tanto el Motor seleccionado es: 15 hp / 1800 rpm

- **Verificación de deslizamiento**

Las Fuerzas que Actúan en la Polea Motriz, son las siguientes:

- Peso de la Polea:  $W_p = 166 \text{ Lbs}$
- Tensión en el Punto "8":  $T_8 = 1905.73 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $17^\circ$ )
- Tensión en el Punto "9":  $T_9 = 796.86 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $17^\circ$ )

Determinación de Factor de Envolvimiento ( $C_w$ ):

$$C_w = \frac{1}{e^{f\theta} - 1}$$

Considerando:

Coeficiente de Fricción ente polea y superficie de faja:  $f = 0.35$

Angulo de Envolvimiento:  $\theta = 180^\circ$

$$C_w = \frac{1}{e^{(0.35) \cdot (\pi)} - 1} = 0.5$$

Determinando del Ratio de Deslizamiento.

$$\frac{T_8}{T_9} \leq \frac{(1 + C_w)}{C_w} = \frac{(1 + 0.5)}{0.5} = 3$$

$$\frac{T_8}{T_9} = \frac{1905.73}{796.86} = 2.39 \leq 3 \text{ (Ok)}$$

Tramo (n)	Descripcion	T <sub>n</sub>	ΔT <sub>n</sub>	ΔT <sub>H</sub>	ΔT <sub>bl</sub>	ΔT <sub>ls</sub>	ΔT <sub>iw</sub>	ΔT <sub>im</sub>	ΔT <sub>mz</sub>	ΔT <sub>px</sub>	ΔT <sub>pr</sub>	ΔT <sub>pn</sub>	ΔT <sub>am</sub>	ΔT <sub>ss</sub>	ΔT <sub>sb</sub>	ΔT <sub>s</sub>	ΔT <sub>bc</sub>
		(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)
1	Carry	729.48	24.28	17.84	0.19	5.68	0.04	0.53									
2	Carry	753.76	152.24	74.46	1.03	11.83	0.15	2.21	1.81				12.20	48.54		0.00	
3	Carry	906.00	273.41	236.42	4.11	18.78	0.48	7.03	6.59								
4	Carry	1179.41	271.97	236.42	4.11	18.78	0.48	7.03	5.15								
5	Carry	1451.39	271.06	236.42	4.11	18.78	0.48	7.03	4.24								
6	Carry	1722.44	31.62	27.65	0.48	2.19	0.06	0.82	0.42								
7	Carry	1754.06	151.67	132.63	2.31	10.53	0.27	3.94	1.99								
8	Active Head Pulley	1905.73	316.52							23.07	5.45	28.52					288.00
9	Return	796.86	-36.98	-34.06	-0.39	-1.45	-0.07	-1.01									
10	Bend	759.88	21.25							19.39	1.86	21.25					
11	Return	781.13	-69.24	-69.24	0.00	0.00	0.00	0.00									
12	Take Up	711.89	21.54							19.04	2.50	21.54					
13	Return	733.43	62.38	62.38	0.00	0.00	0.00	0.00									
14	Bend	795.81	22.26							19.65	2.60	22.26					
15	Return	818.06	-63.97	-58.91	-0.68	-2.50	-0.12	-1.75									
16	Return	754.10	-63.97	-58.91	-0.68	-2.50	-0.12	-1.75									
17	Return	690.13	-63.97	-58.91	-0.68	-2.50	-0.12	-1.75									
18	Return	626.16	-20.15	-18.55	-0.22	-0.79	-0.04	-0.55									
19	Return	606.02	101.72	-16.83	-0.20	-0.71	-0.03	-0.50									120.00
20	Tail Pulley	707.74	21.74							19.01	2.73	21.74					

Tabla 42: Cuadro de Tensiones de la Faja #4



#### 4.5.5.5. Faja Transportadora #5 (100-FT-005)

##### Esquema de Faja Transportadora #5

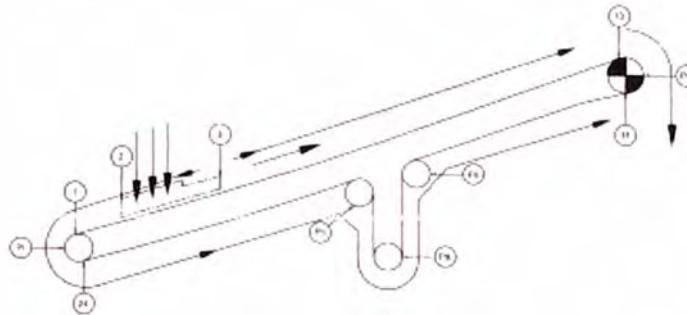


Figura 45: Esquema de Faja #5

- **Cuadro de Tensiones:** Ver Cuadro 43
- **Determinación de la Potencia de la Faja:**

Por lo tanto:

$$Belt\ hp = \frac{T_e \cdot V}{33000}$$

$$Belt\ hp = \frac{(1688.15 - 569.10 + 314.25)\ Lbf \cdot 250\ fpm}{33000} = 10.86\ hp$$

Considerando:

Eficiencia de Motriz ( $\eta$ ):  $\eta=0.79$  (3900 msnm)

$$\frac{Belt\ hp}{\eta} = \frac{10.86\ hp}{0.79} = 13.75\ hp$$

Por lo tanto el Motor seleccionado es: 15 hp / 1800 rpm

- **Verificación de deslizamiento**

Las Fuerzas que Actúan en la Polea Motriz, son las siguientes:

- Peso de la Polea:  $W_p = 166 \text{ Lbs}$
- Tensión en el Punto "10":  $T_{10} = 1688.15 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $2^\circ$ )
- Tensión en el Punto "11":  $T_{11} = 569.10 \text{ Lbf}$ , (Angulo con la Horizontal:  $2^\circ$ )

Determinación de Factor de Envolvimiento ( $C_w$ ):

$$C_w = \frac{1}{e^{f\theta} - 1}$$

Considerando:

Coeficiente de Fricción ente polea y superficie de faja:  $f = 0.35$

Angulo de Envolvimiento:  $\theta = 180^\circ$

$$C_w = \frac{1}{e^{(0.35) \cdot (\pi)} - 1} = 0.5$$

Determinando del Ratio de Deslizamiento.

$$\frac{T_{10}}{T_{11}} \leq \frac{(1 + C_w)}{C_w} = \frac{(1 + 0.5)}{0.5} = 3$$

$$\frac{T_{10}}{T_{11}} = \frac{1688.15}{569.10} = 2.97 \leq 3 \text{ (Ok)}$$

Tramo (n)	Descripción	T <sub>n</sub>	ΔT <sub>n</sub>	ΔT <sub>H</sub>	ΔT <sub>bl</sub>	ΔT <sub>ls</sub>	ΔT <sub>lw</sub>	ΔT <sub>lm</sub>	ΔT <sub>mz</sub>	ΔT <sub>px</sub>	ΔT <sub>pr</sub>	ΔT <sub>pn</sub>	ΔT <sub>am</sub>	ΔT <sub>ss</sub>	ΔT <sub>sb</sub>	ΔT <sub>s</sub>	ΔT <sub>bc</sub>
		(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)	(lbf)
1	Carry	512.67	16.85	12.57	0.13	3.77	0.02	0.35									
2	Carry	529.52	159.48	73.78	0.87	14.49	0.14	2.06	0.34				8.32	59.47		0.00	
3	Carry	689.00	194.20	169.20	2.53	16.62	0.33	4.73	0.80								
4	Carry	883.20	194.03	169.20	2.53	16.62	0.33	4.73	0.63								
5	Carry	1077.23	25.57	22.31	0.33	2.19	0.04	0.62	0.07								
6	Carry	1102.81	234.13	204.28	3.05	20.07	0.39	5.72	0.62								
7	Carry	1336.94	234.03	204.28	3.05	20.07	0.39	5.72	0.51								
8	Carry	1570.96	58.60	24.94	3.46	22.77	0.45	6.49	0.50								
9	Carry	1629.57	58.59	24.94	3.46	22.77	0.45	6.49	0.48								
10	Active Head Pulley	1688.15	314.25							21.76	4.49	26.25					288.00
11	Return	569.10	-14.31	-8.17	-0.83	-3.04	-0.15	-2.13									
12	Return	496.65	-14.18	-8.10	-0.82	-3.01	-0.14	-2.11									
13	Return	572.19	-71.11	-67.54	-0.74	-2.70	-0.13	0.00									
14	Return	554.78	-72.31	-66.90	-0.73	-2.68	-0.13	-1.87									
15	Bend	482.47	18.61							17.38	1.22	18.61					
16	Return	501.08	-69.54	-69.54	0.00	0.00	0.00	0.00									
17	Take Up	431.54	18.46							17.02	1.44	18.46					
18	Return	450.00	62.23	62.23	0.00	0.00	0.00	0.00									
19	Bend	512.23	19.36							17.60	1.76	19.36					
20	Return	531.59	-59.89	-55.41	-0.60	-2.22	-0.11	-1.55									
21	Return	471.70	-59.89	-55.41	-0.61	-2.22	-0.11	-1.55									
22	Return	411.80	-26.12	-24.16	-0.26	-0.97	-0.05	-0.68									
23	Return	385.69	107.63	-11.44	-0.12	-0.46	-0.02	-0.32									120.00
24	Tail Pulley	493.32	19.35							17.46	1.89	19.35					

Tabla 43: Cuadro de Tensiones de la Faja #5

#### 4.5.6. Cuadro Resumen de Datos de Salidas de Fajas Transportadoras

Tabla 44: Cuadro de Características de Salida de Fajas

Ítem	Codificación	Características del Salida			
		Velocidad de Faja	Velocidad de Polea Motriz	Tensión Efectiva	Potencia al Eje (Diseño)
		(fpm)	(rpm)	(Lbf)	(hp)
01	0100-FT-001	200	63.66	1314.92	15
02	0100-FT-002	250	79.58	746.31	10
03	0100-FT-003	250	79.58	816.48	10
04	0100-FT-004	250	79.58	1425.39	15
05	0100-FT-005	250	79.58	1433.3	15

#### 4.5.7. Arreglos Mecánicos de Fajas Transportadoras

Estos Arreglos Mecánicos se pueden apreciar en el anexo, los cuales son:

- Faja #1 (0100-FT-001): 23812-005-100-AM-001
- Faja #2 (0100-FT-002): 23812-005-100-AM-002
- Faja #3 (0100-FT-003): 23812-005-100-AM-003
- Faja #4 (0100-FT-004): 23812-005-100-AM-004
- Faja #5 (0100-FT-005): 23812-005-100-AM-005

## CAPÍTULO 5

### ESTRUCTURA DE COSTOS

#### 5.1. Suministro y Fabricación de Fajas Transportadoras

Tabla 45: Disgregado de Costos – Suministro y Fabricación – Faja 1-3

<b>DISGREGADO OBRAS MECÁNICAS - SUMINISTRO Y FABRICACIÓN</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial U\$</b>	<b>SUB-TOTAL US\$</b>
<b>A</b>	<b>OBRAS MECÁNICAS Y ESTRUCTURAS</b>		<b>409,494.69</b>
<b>1.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-001</b>		<b>94,926.58</b>
1.1	ESTRUCTURA METÁLICA	24,898.64	
1.2	PINTURA	6,453.78	
1.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	10,654.60	
1.4	BANDA TRANSPORTADORA	6,067.56	
1.5	SUMINISTRO DE ACCESORIOS DE FAJA	46,852.00	
<b>2.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-002</b>		<b>40,342.81</b>
2.1	ESTRUCTURA METÁLICA	6,677.03	
2.2	PINTURA	2,004.08	
2.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	6,022.50	
2.4	BANDA TRANSPORTADORA	1,892.07	
2.5	SUMINISTRO DE ACCESORIOS DE FAJA	23,747.14	
<b>3.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-003</b>		<b>37,545.93</b>
3.1	ESTRUCTURA METÁLICA	4,518.26	
3.2	PINTURA	1,208.88	
3.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	6,022.50	
3.4	BANDA TRANSPORTADORA	2,105.05	
3.5	SUMINISTRO DE ACCESORIOS DE FAJA	23,691.24	

Tabla 46: Disgregado de Costos – Suministro y Fabricación – Faja 4 y 5

<b>DISGREGADO OBRAS MECÁNICAS - SUMINISTRO Y FABRICACIÓN</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial U\$</b>	<b>SUB-TOTAL US\$</b>
<b>4.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-003</b>		<b>96,315.52</b>
4.1	ESTRUCTURA METÁLICA	23,806.66	
4.2	PINTURA	6,034.35	
4.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	10,654.60	
4.4	BANDA TRANSPORTADORA	6,147.83	
4.5	SUMINISTRO DE ACCESORIOS DE FAJA	49,672.08	
<b>5.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-004</b>		<b>140,363.84</b>
5.1	ESTRUCTURA METÁLICA	49,297.37	
5.2	PINTURA	12,766.08	
5.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	12,548.00	
5.4	BANDA TRANSPORTADORA	9,455.06	
5.5	SUMINISTRO DE ACCESORIOS DE FAJA	56,297.34	

## 5.2. Montaje y Puesta en Marcha de Equipos

Tabla 47: Disgregado de Costos – Montaje – Faja 1

<b>DISGREGADO OBRAS MECÁNICAS - MONTAJE</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial U\$</b>	<b>SUB-TOTAL US\$</b>
<b>A</b>	<b>OBRAS MECÁNICAS Y ESTRUCTURAS</b>		<b>196,356.77</b>
<b>1.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-001</b>		<b>33,449.98</b>
1.1	ESTRUCTURA METÁLICA	15,886.09	
1.2	RETOQUES DE PINTURA EN OBRA	316.67	
1.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1,598.19	
1.4	BANDA TRANSPORTADORA	3,967.16	
1.5	MONTAJE DE ACCESORIOS DE FAJA	7,438.68	
1.6	MANIOBRAS DE TRASLADO INTERNO	4,243.19	

Tabla 48: Disgregado de Costos – Montaje – Faja 2-4

<b>DISGREGADO OBRAS MECÁNICAS - MONTAJE</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial U\$</b>	<b>SUB-TOTAL US\$</b>
<b>2.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-002</b>		<b>13,468.36</b>
2.1	ESTRUCTURA METÁLICA	3,534.33	
2.2	RETOQUES DE PINTURA EN OBRA	140.29	
2.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	903.38	
2.4	BANDA TRANSPORTADORA	3,490.57	
2.5	MONTAJE DE ACCESORIOS DE FAJA	3,921.64	
2.6	MANIOBRAS DE TRASLADO INTERNO	1,478.16	
<b>3.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-003</b>		<b>12,581.31</b>
3.1	ESTRUCTURA METÁLICA	2,797.62	
3.2	RETOQUES DE PINTURA EN OBRA	84.62	
3.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	903.38	
3.4	BANDA TRANSPORTADORA	3,528.91	
3.5	MONTAJE DE ACCESORIOS DE FAJA	3,981.07	
3.6	MANIOBRAS DE TRASLADO INTERNO	1,285.72	
<b>4.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-004</b>		<b>34,214.74</b>
4.1	ESTRUCTURA METÁLICA	15,456.50	
4.2	RETOQUES DE PINTURA EN OBRA	422.40	
4.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1,598.19	
4.4	BANDA TRANSPORTADORA	4,091.61	
4.5	MONTAJE DE ACCESORIOS DE FAJA	8,351.20	
4.6	MANIOBRAS DE TRASLADO INTERNO	4,294.83	

Tabla 49: Disgregado de Costos – Montaje y Puesta de Marcha

<b>DISGREGADO OBRAS MECÁNICAS - MONTAJE</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial U\$</b>	<b>SUB-TOTAL US\$</b>
<b>5.0</b>	<b>FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-005</b>		<b>62,630.78</b>
5.1	ESTRUCTURA METÁLICA	31,562.36	
5.2	RETOQUES DE PINTURA EN OBRA	893.63	
5.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1,882.20	
5.4	BANDA TRANSPORTADORA	4,576.91	
5.5	SUMINISTRO DE ACCESORIOS DE FAJA	16,424.14	
5.6	MANIOBRAS DE TRASLADO INTERNO	7,291.55	
<b>6.0</b>	<b>MONTAJE DE EQUIPOS</b>		<b>32,586.60</b>
6.1	CHANCADORA CÓNICA TELESMTIH 44-SBS	24,226.60	
6.2	ZARANDA HORIZONTAL METSO LH-7'X16'-SD	5,940.00	
6.3	ELECTROIMÁN SUSPENDIDO	2,420.00	
<b>7.0</b>	<b>COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA</b>		<b>7,425.00</b>
7.1	COMISIONADO	4,725.00	
7.2	PUESTA EN MARCHA	2,700.00	

Tabla 50: Disgregado de Costos - General

<b>DISGREGADO OBRAS MECÁNICAS - SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parcial U\$</b>	<b>SUB-TOTAL US\$</b>
<b>A</b>	<b>OBRAS MECÁNICAS Y ESTRUCTURAS</b>		<b>605,851.46</b>
1.0	FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-001	128,376.56	
2.0	FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-002	53,811.17	
3.0	FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-003	50,127.24	
4.0	FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-004	130,530.26	
5.0	FAJA TRANSPORTADORA 0100-FT-005	202,994.63	
<b>6.0</b>	<b>MONTAJE DE EQUIPOS</b>		<b>32,586.60</b>
6.1	CHANCADORA CÓNICA TELESMTIH 44-SBS	24,226.60	
6.2	ZARANDA HORIZONTAL METSO LH-7'X16'-SD	5,940.00	
6.3	ELECTROIMÁN SUSPENDIDO	2,420.00	
<b>7.0</b>	<b>COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA</b>		<b>7,425.00</b>
7.1	COMISIONADO	4,725.00	
7.2	PUESTA EN MARCHA	2,700.00	



## CONCLUSIONES

- 1) Se Concluye con el Diseño y Selección de la Faja Transportadora de Alivio, que permite la disminución de Carga de Operación de la Faja B, en un 70.3%, por lo que la Nueva Capacidad de Carga de Operación de la Faja B es 64.48 TMPH.
- 2) Se Concluye con el Diseño y Selección del Sistemas de Fajas Transportadoras que permite el Incremento de la Capacidad de la Sección Chancado, consiguiendo un aumento de capacidad en un 25% (165.73 TMPH).
- 3) Se Concluye con la Implementación de los Nuevos Equipos en la Sección de Chancado El Mejoramiento en las Condiciones Operacionales, logrando corregir la deficiencia existente. Sobre todo se puede Direccionar la Carga con el fin de hacer Mantenimiento a los equipos actuales, sin la necesidad de parar la Planta.
- 4) Los costos generados para la implementación de los nuevos equipos en la planta concentradora (Suministro, Fabricación y Montaje) asciende a US\$605,851.46 (Obras Mecánicas).

## RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda que el personal operativo obtenga la capacitación adecuada, ya que la data actual de los equipos son de hace 30 años atrás.
- 2) Se recomienda que el primer equipo a implementar sería la Faja Transportadora de Alivio, con el fin de evitar un parada no programada de la Faja B y esto ocasionaría una Parada de la Sección de Chancado.
- 3) Se recomienda reparar y/o repotenciar los equipos actuales, en una parada de planta parcial de la sección de chancado, pudiendo lograr un incremento en la capacidad de dicha sección.
- 4) Se recomienda en un futuro el accionamiento de las compuertas de los chutes por medio de pistones a través de un PLC, con el fin de evitar alguna deficiencia como es la re-clasificación de los gruesos.

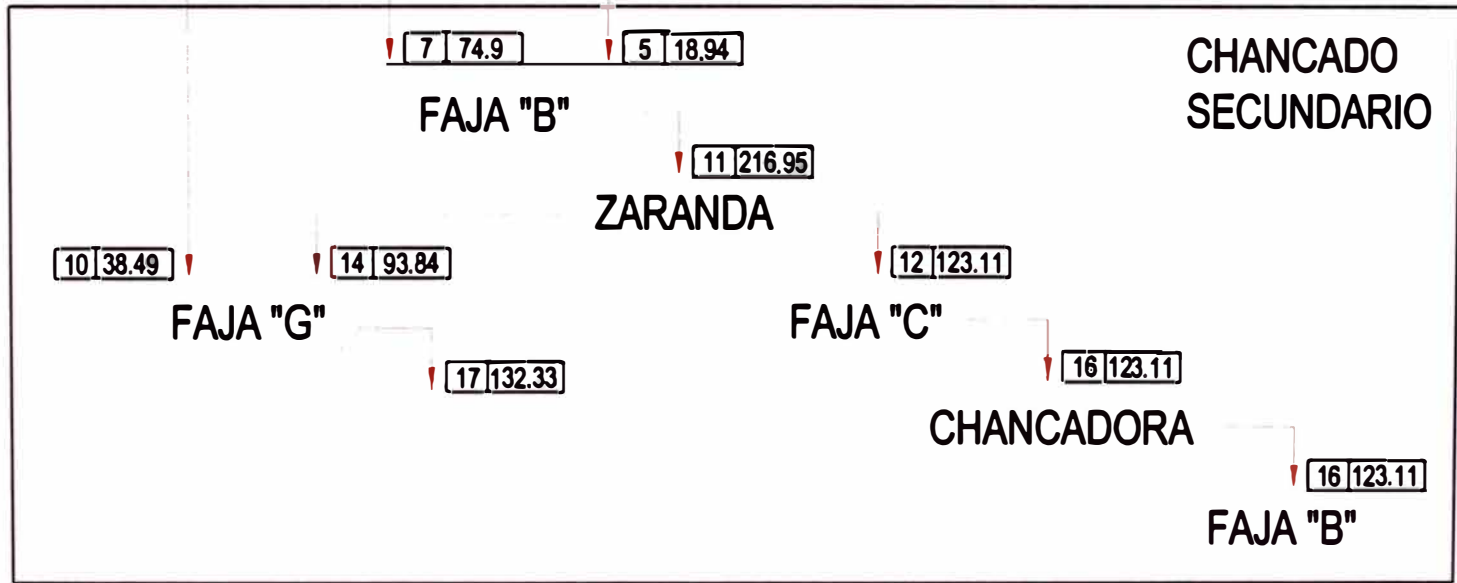
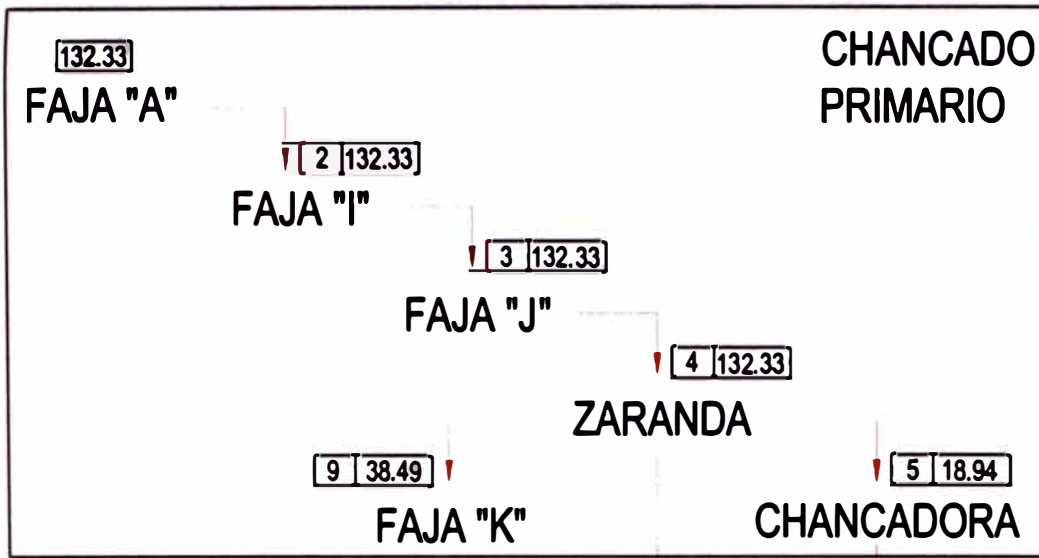
## BIBLIOGRAFÍA

1. Antonio Ballester Luis Felipe, Fundamentos de Metalurgia Extractiva, Editorial SINTESIS, VOL 1, 2000, Madrid.
2. Alles Rainer, Conveyor Belt System Design, Contitech, 1994, EE.UU.
3. Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), BELT CONVEYORS FOR BULK MATERIALS, Sixth Edition 2<sup>nd</sup> Printing, 2007, EE.UU.
4. Currier John, Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales, 1984, Perú
5. Fenner Dunlop, Conveyor Handbook, 2009, EE.UU.
6. Goodyear, Handbook of Conveyor & Elevator Belting, 1975, EE.UU.
7. López Roa Agustín, Cintas Transportadoras, Editorial DOSSAT, 2002, España.
8. Manzaneda José, Procesamiento de Minerales, Editorial GRAFICAS, 2001, Perú.
9. Martin Engineering, Foundations – The Practical Resource for Total Dust & Material Control, 2002, EE.UU.
10. Mulani Ishwar, Engineering Science and Application Design for Belt Conveyors, Editorial Saurabh Creation, 2001, EE.UU.
11. Pirelly Willian, Manual de Fabricación de Bandas y Rodillos Transportadores, Editorial Mac Graw Hill, 1992, España

12. Quiroz I, Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales, UNI, 1989, Perú.
13. Rulmeca, Rodillos y Componentes para el transporte por banda de material a granel, Editorial BU ES, 2003, España
14. Spotiswood, W. and Errol N, Introducción al Procesamiento de Minerales, Editorial LIMUSA, 1990, México.
15. Wills, B.A., Tecnología de Procesamiento de Minerales, Editorial LIMUSA, 1994, México.

**ANEXOS**

- 23812-000-000-DP-001
- 23812-000-000-DP-002
- 23812-005-000-AG-001
- 23812-005-000-AG-002
- 23812-005-000-AG-003
- 23812-005-000-AG-004
- 23812-005-000-AG-005
- 23812-005-000-AG-006
- 23812-005-100-AM-001
- 23812-005-100-AM-002
- 23812-005-100-AM-003
- 23812-005-100-AM-004
- 23812-005-100-AM-005



NOTAS	PLANO	REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	OTROS	FECHA	PROYECTO	CLIENTE
				1. 21/04/14 PARA APROBACION INTERNA							
				2. 25/04/14 PARA APROBACION DEL CLIENTE							
				3. 25/05/14 PARA APROBACION DEL CLIENTE							

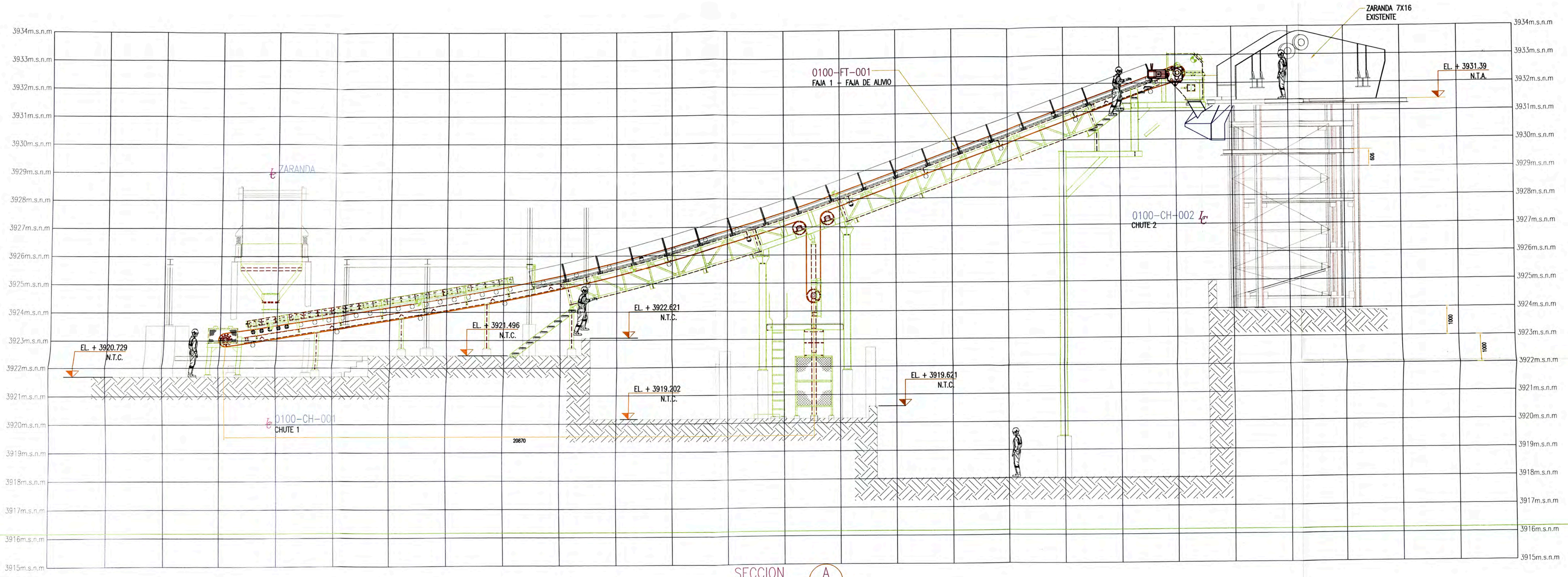
  

		<b>MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.</b>	
CONFIDABILIDAD DE SECCION DE CHANCADO		DIAGRAMA DE PROCESO - ACTUAL	
23812-000-000-DP-001		C	









SECCION A  
1:75 23812-005-000-AG-001

NOTAS

PLANO N°	REFERENCIA

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	DIS.	JD	JP	GP	CLT
A	21/04/14	PARA APROBACIÓN INTERNA	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR
B	29/04/14	PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	RL	MR
C	25/05/14	PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	RL	MR



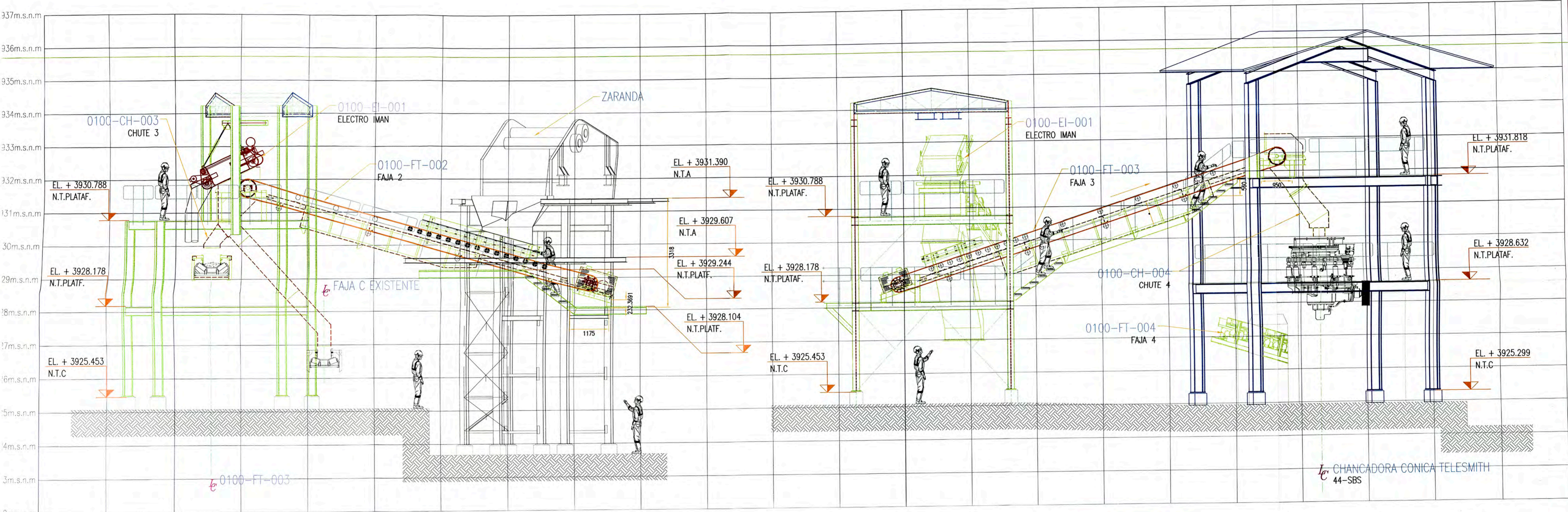
NUMERO PLANO CLIENTE  
MARS A

CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE, SON PROPIEDAD DE V&VCSA. POR LO QUE SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS. COD. PROY. V&VCSA No. 23812 COD. PROY. CLIENTE No.	DIBUJO V & J.	FECHA APROB. 25/05/14
	DISÑO V & J	FECHA APROB. 25/05/14
	JEFE DISCIPLINA P. AYLAS	FECHA APROB. 25/05/14
	JEFE DE PROYECTO V. PAREDES	FECHA APROB. 25/05/14
	CLIENTE MARS A C. O. U.	FECHA APROB.

PROPIETARIO <b>MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.</b>
PROYECTO CONFIABILIDAD DE SECCION DE CHANCADO TRITURANDO 165 TM/hr.
PLANO SECCIÓN "A"-ARREGLO GENERAL
ESCALA 1:50
NUMERO PLANO 23812-005-100-AG-002
REV. C





Av. General Urquiza No. 6, LLAC  
ALB. No. 24, Pasaje Nacional Norte  
Es-Fondo Chocoma  
Tel: 537-8400 Fax: 717-1085  
Comer-Lima, PERU



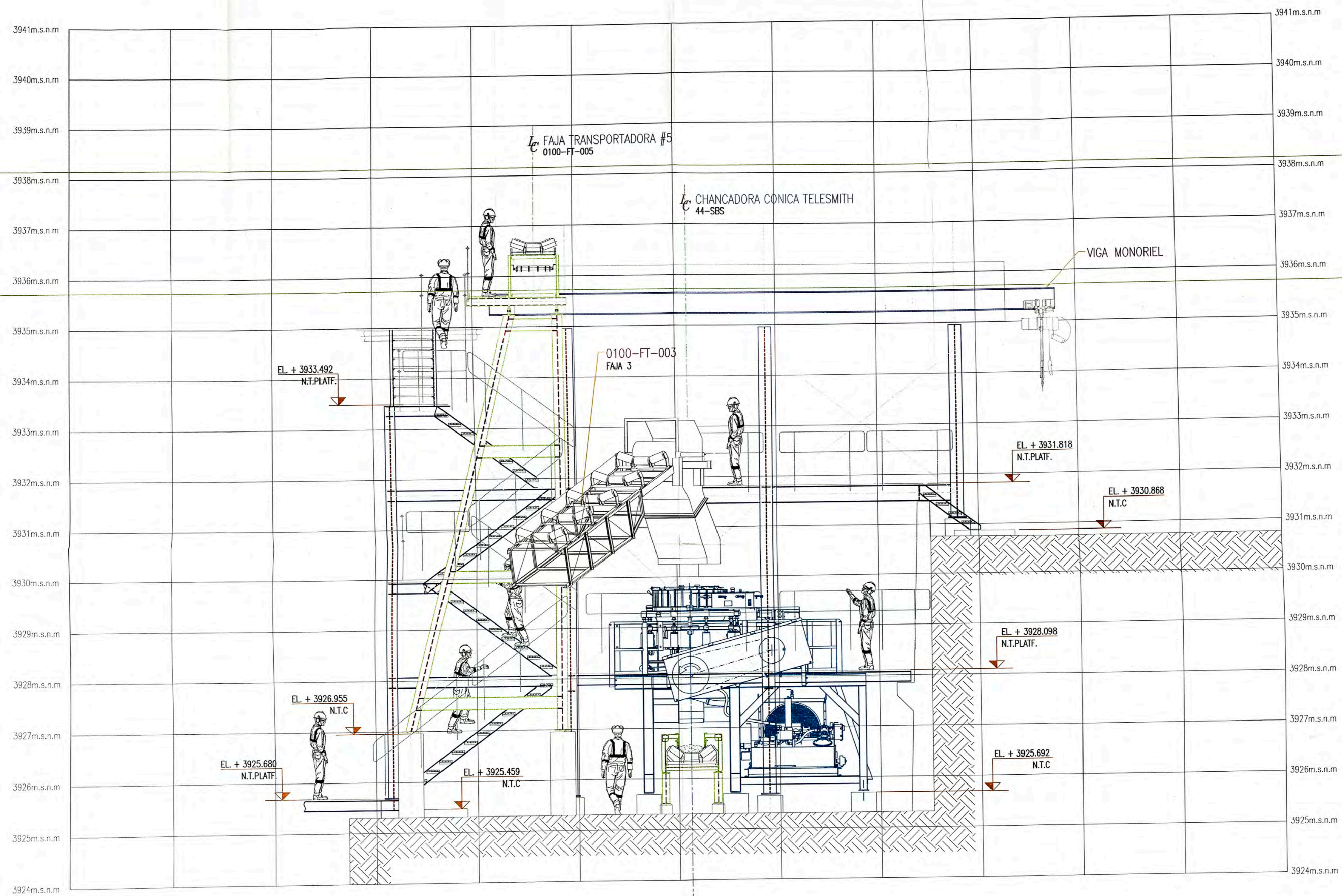
**SECCION B**  
1:60 23812-005-000-AG-001

**SECCION C**  
1:60 23812-005-000-AG-001



CHANCADORA CONICA TELESMITH  
44-SBS

NOTAS	PLANO N°	REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	DIS.	JD	JP	GP	CLT	 MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. NUMERO PLANO CLIENTE MARS	CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE, SON PROPIEDAD DE VUICSA. POR LO QUE SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS. COD. PROY. VUICSA No. 23812 COD. PROY. CLIENTE No.	DIBUJO	V & J	FECHA APROB.	29/04/14	PROPIETARIO <b>MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.</b> PROYECTO CONFIABILIDAD SECCION CHANCADO TRITURANDO 165 TM/hr. PLANO SECCION "B" Y "C"-ARREGLO GENERAL ESCALA 1:50 NUMERO PLANO 23812-005-100-AG-003 REV. B	 INGENIERIA Y CONSTRUCCION Av. Gerardo Unger Mz.G, L.L.C. ALB.24 Transmisionales Norte Ex-Fundo Chacabamba Tel: 537-8400 Fax: 717-1995 Cusco-Lima, PERU
			A	21/04/14	PARA APROBACION INTERNA	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR			DISEÑO	V & J	FECHA APROB.	29/04/14		
			B	29/04/14	PARA APROBACION DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR		JEFE DISCIPLINA	P. AYLAS	FECHA APROB.	29/04/14			
													JEFE DE PROYECTO	V. PAREDES	FECHA APROB.	29/04/14			
													CLIENTE	MARSA C. O. U.	FECHA APROB.				



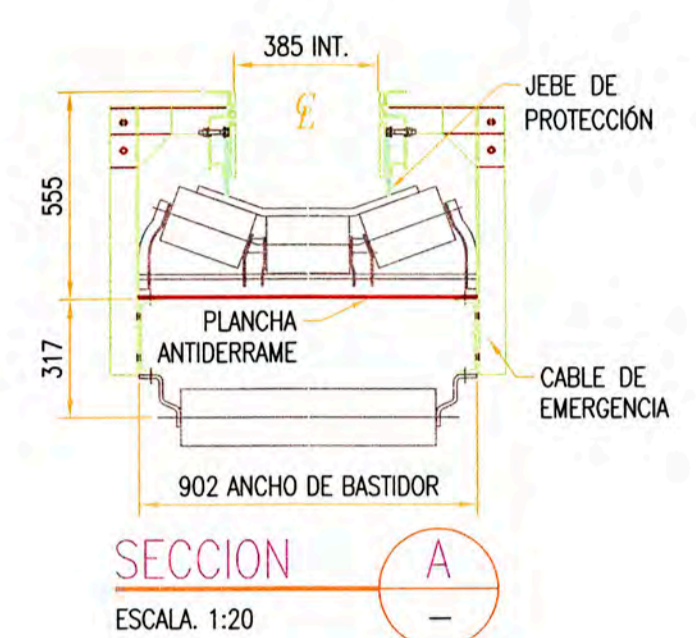
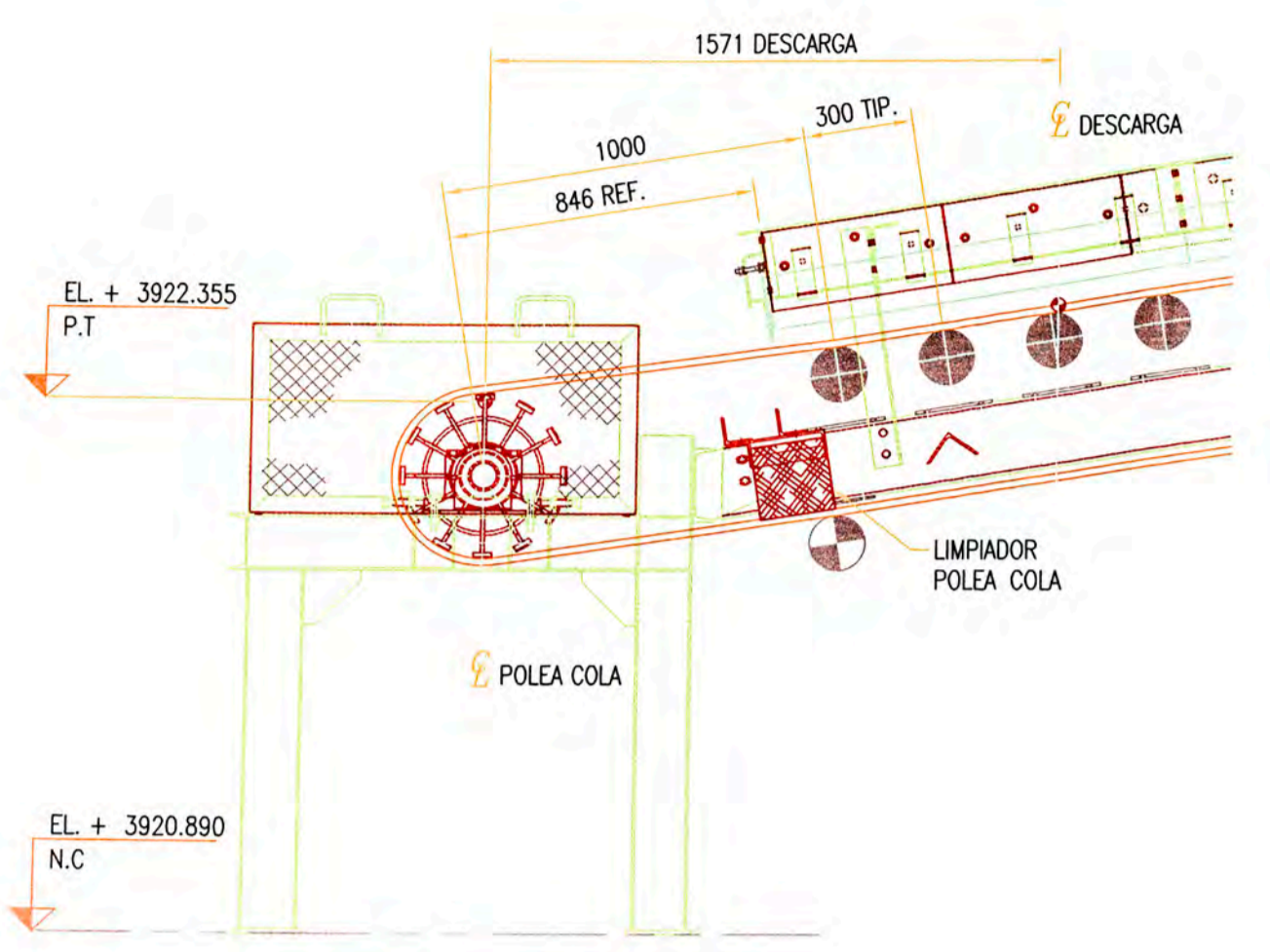
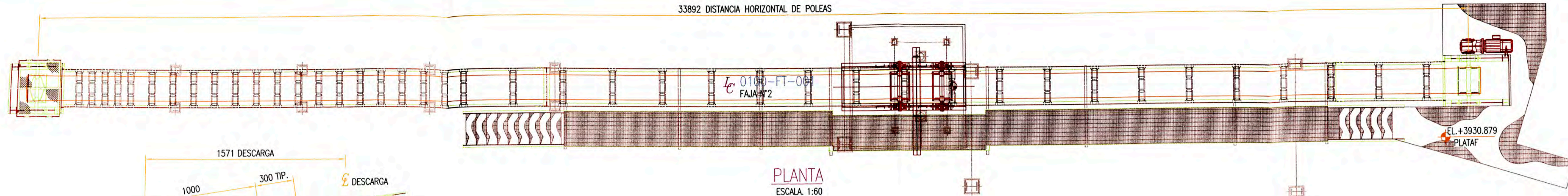


SECCION E  
1:50 23812-005-000-AG-001

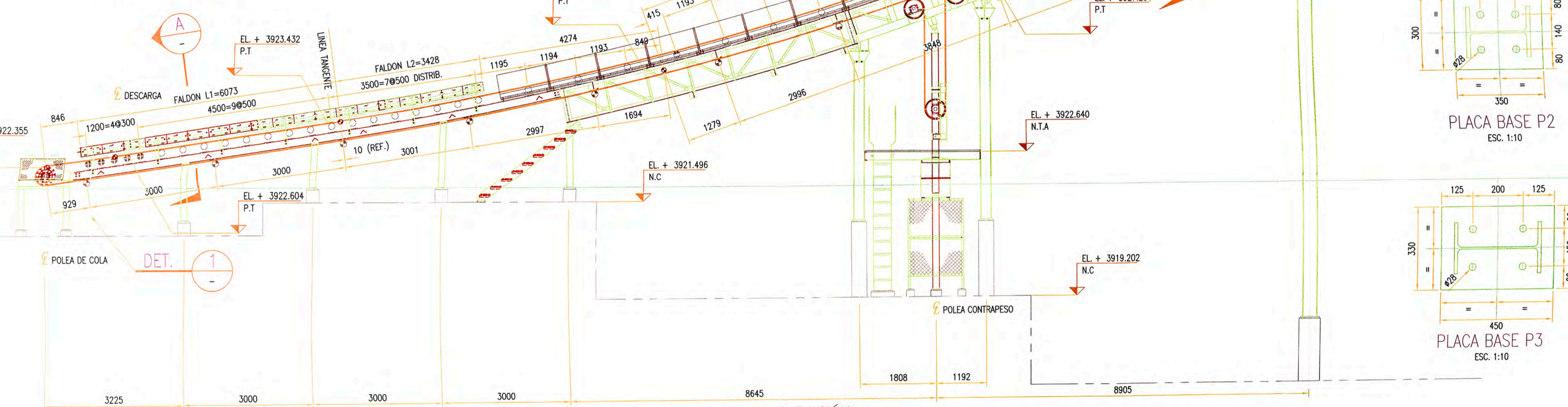
NOTAS	PLANO N°	REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	DIS.	JD	JP	GP	CLT	 MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. NUMERO PLANO CLIENTE MARSÁ	CONFIDENCIAL	DIBUJO	FECHA APROB.	PROPIETARIO	 INGENIERIA Y CONSTRUCCION
			A	21/04/14	PARA APROBACIÓN INTERNA	VJ	VJ	PA	VP	MR				V & J	29/04/14	MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.	
			B	29/04/14	PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	MR			DESIGNO	29/04/14	CONFIABILIDAD SECCIÓN CHANCADO TRITURANDO 165 TM/hr.		
													JEFE DISCIPLINA	29/04/14	SECCIÓN "E"-ARREGLO GENERAL		
													JEFE DE PROYECTO	29/04/14			
													CLIENTE				
													MARSÁ	C. O. U.			
															ESCALA	NUMERO PLANO	REV.
															1:50	23812-005-100-AG-005	B

Ar. Gerardo Unger M.Z.G. L.L.C.  
 Av. 24 Panamericana Norte  
 Lima - Chiclayo  
 Tel: 531-8400 Fax: 531-1095  
 Correo: Lima, PERU

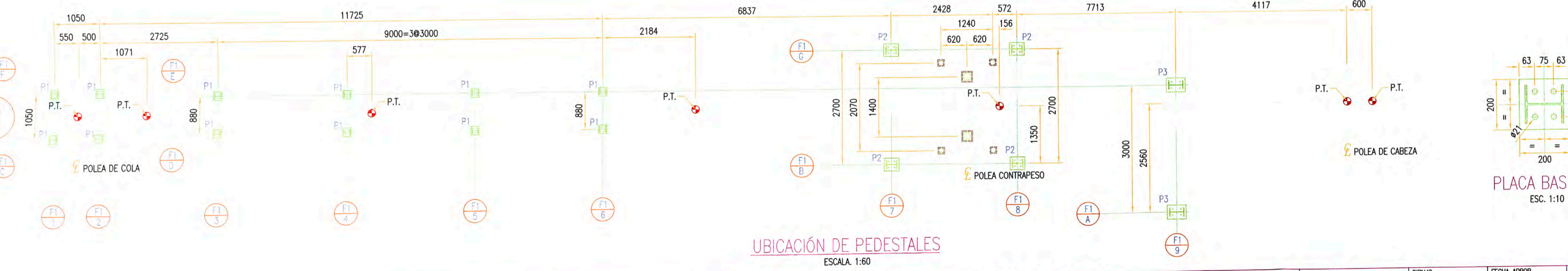




DETALLE 1 ESCALA 1:20



ELEVACION ESCALA 1:60



UBICACION DE PEDESTALES ESCALA 1:60

---	INTERRUPTOR DE ATORO DE CHUTE	---
---	INTERRUPTOR DE DESALINEAMIENTO DE FAJA	X EN POLEA DE COLA X EN POLEA DE CABEZA
1	INTERRUPTOR DE DESALINEAMIENTO DE FAJA	JUEGO
1	INTERRUPTOR DE VELOCIDAD CERO	JUEGO
1	INTERRUPTOR DE EMERGENCIA	JUEGO
CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES

ACCESORIOS

CAPACIDAD DE DISEÑO	124.08 TPH
VELOCIDAD DE FAJA	200 FPM
POTENCIA	15,0 HP
DESCRIPCION	OBSERVACIONES

DETALLES DE TRANSMISION

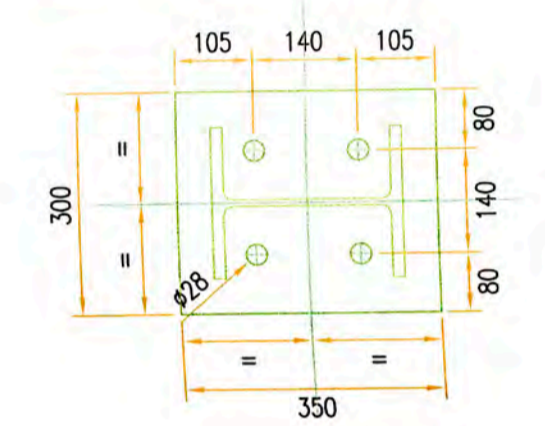
01	POLEA TENSOR	10"	686 mm.	1/2"	HERDINGBONE
02	POLEA DEFLECTORA	10"	686 mm.	1/2"	HERDINGBONE
01	POLEA DE CABEZA	12"	686 mm.	1/2"	HERDINGBONE
01	POLEA DE COLA	10"	686 mm.	1/2"	AUTOLIMPIANTE
CANT.	DESCRIPCION	DIAMETRO	LONGITUD	RECUB.	OBSERVACIONES

CONJUNTO DE POLEAS

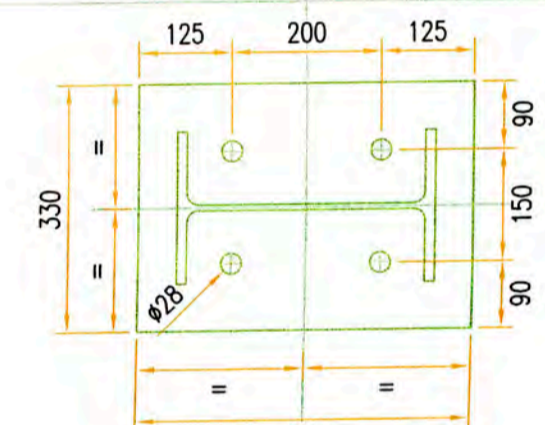
02	POLIN DE RETORNO AUTOLINEANTE	985	--	4"	RODILLO RECTO
10	POLIN DE RETORNO	985	--	4"	RODILLO RECTO
05	POLIN DE IMPACTO	325	20"	4"	TRIPLE RODILLO
02	POLIN DE CARGA AUTOLINEANTE	325	20"	4"	TRIPLE RODILLO
31	POLIN DE CARGA NORMAL	325	20"	4"	TRIPLE RODILLO
CANT.	SIMBOLO	DESCRIPCION	ANCHO DIMENSIONES	ANG. DIMENSIONES	oCEMA OBSERVACIONES

CONJUNTO DE POLINES

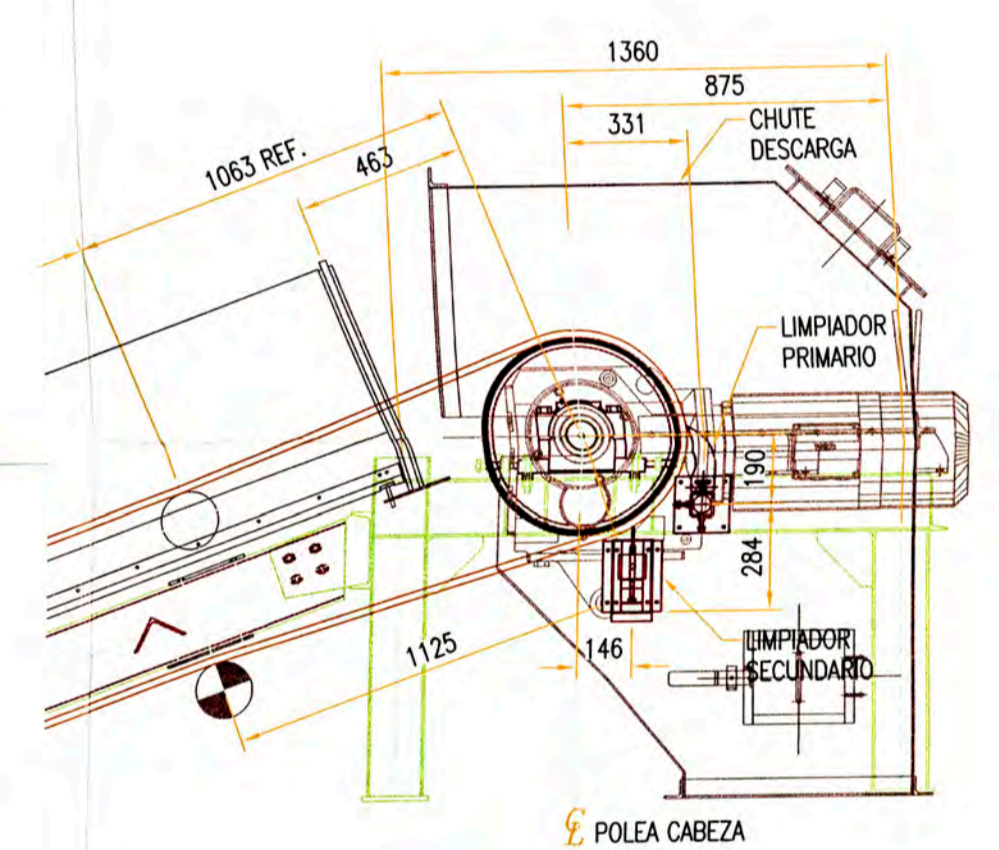
COMPONENTES DE FAJA



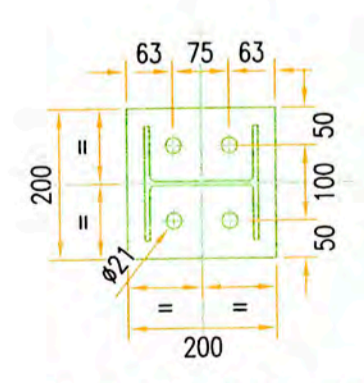
PLACA BASE P2 ESC. 1:10



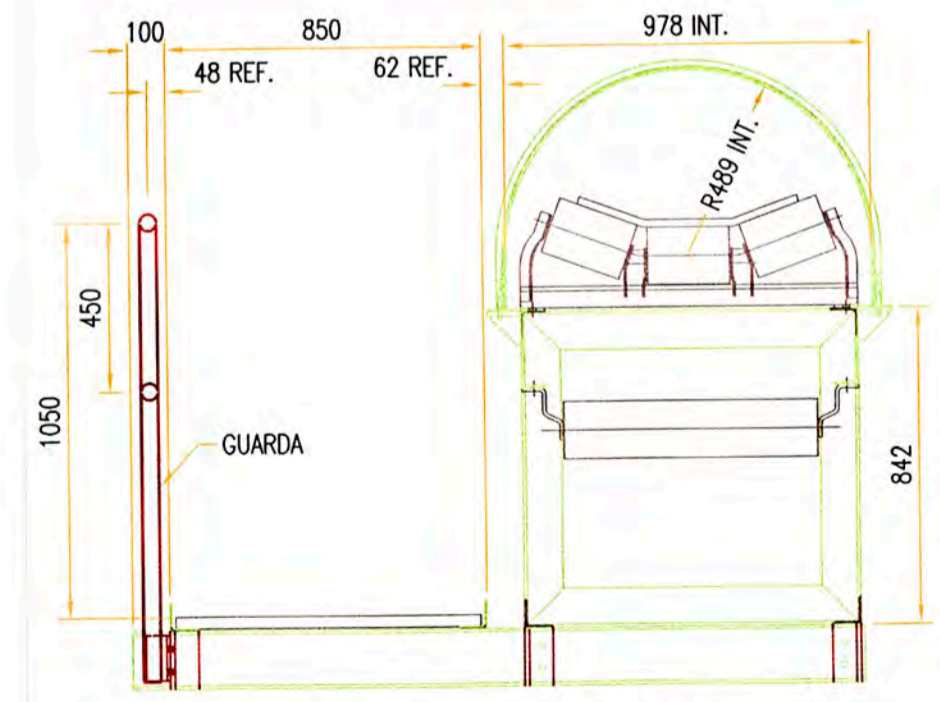
PLACA BASE P3 ESC. 1:10



DETALLE 2 ESCALA 1:20



PLACA BASE P1 ESC. 1:10



SECCION B ESCALA 1:20

NOTAS

PLANO N°	REFERENCIA
----------	------------

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	DIS.	JD	JP	GP	CLT
------	-------	-------------	------	------	----	----	----	-----



NUMERO PLANO CLIENTE MARS

CONFIDENCIAL  
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE, SON PROPIEDAD DE V&JCSA. POR LO QUE SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.  
COD. PROY. V&JCSA No. 23812  
COD. PROY. CLIENTE No.

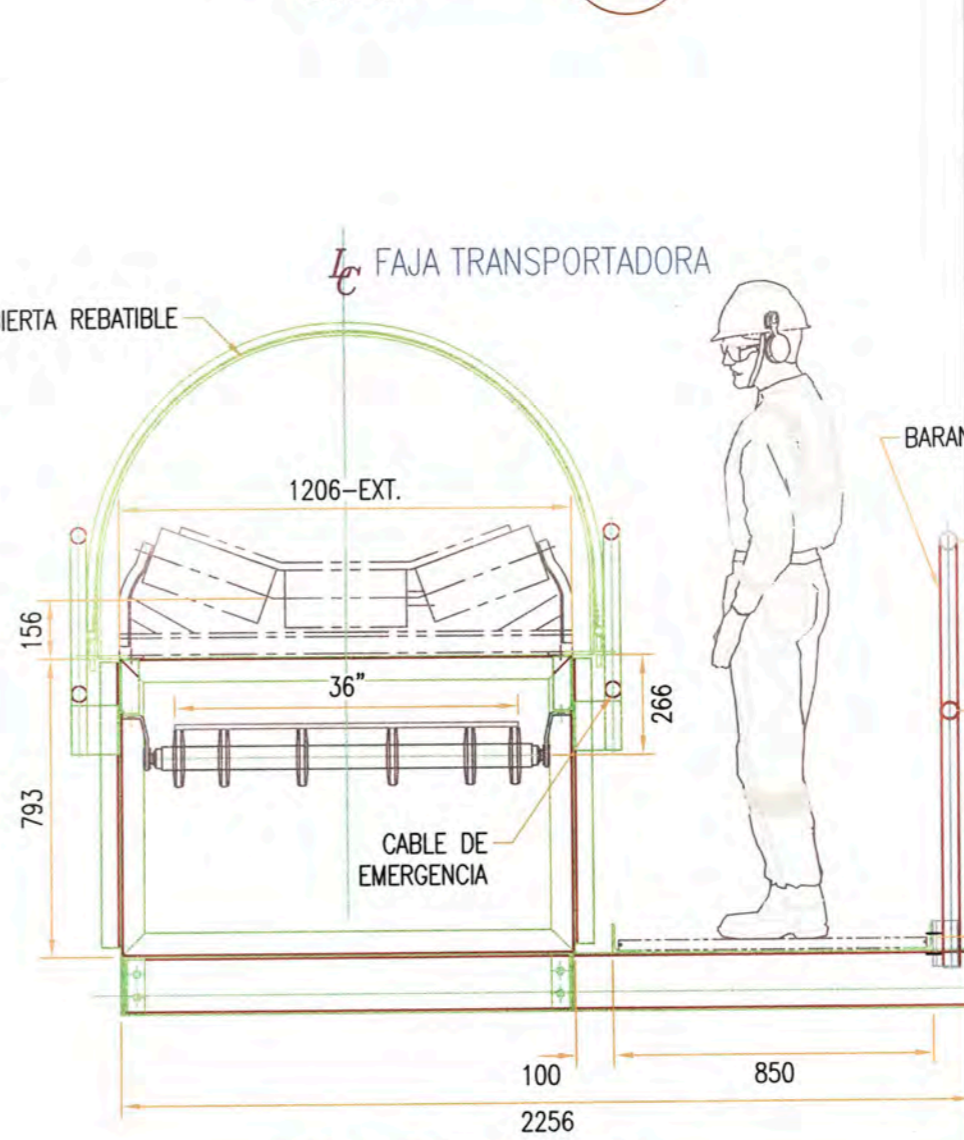
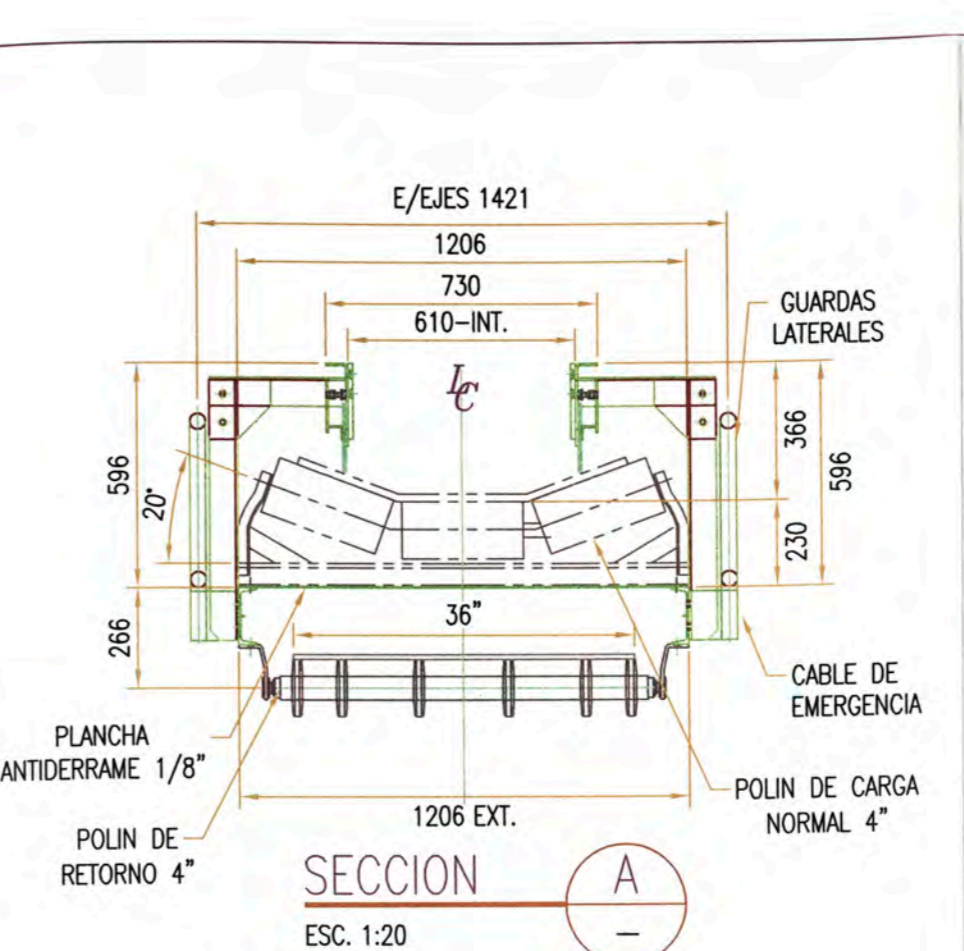
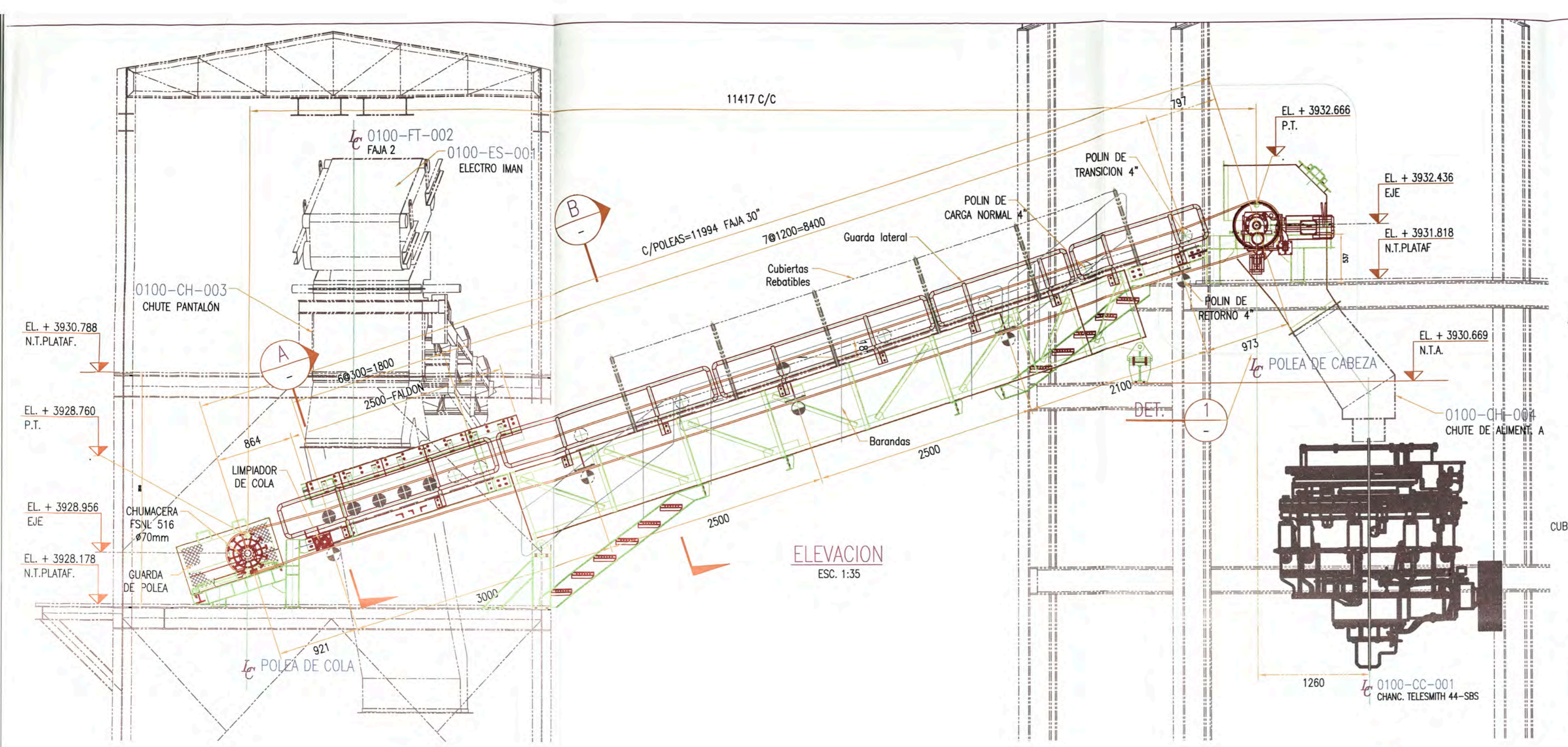
DIBUO V & J	FECHA APROB. 25/05/14
DISEÑO V & J	FECHA APROB. 25/05/14
JEFE DISCIPLINA P. ATLAS	FECHA APROB. 25/05/14
JEFE DE PROYECTO V. PAREDES	FECHA APROB. 25/05/14
CLIENTE MARS C. O. U.	FECHA APROB.

PROPIETARIO **MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.**  
PROYECTO **CONFIABILIDAD SECCION CHANCADO TRITURANDO 165TM/hr.**  
PLANO **FAJA "0100-FT-001"**

INGENIERIA Y CONSTRUCCION **V&JCSA**  
Av. Gerardo Unger Mz.C. L19C, Alameda 24, Panamericana Norte, Ex-Fondo Chocomaera Tel: 537-8400 Fax: 537-111-1095 Comas-Lima, PERU

ESCALA INDICADA	NUMERO PLANO 23812-005-100-AM-001	REV. C
-----------------	-----------------------------------	--------





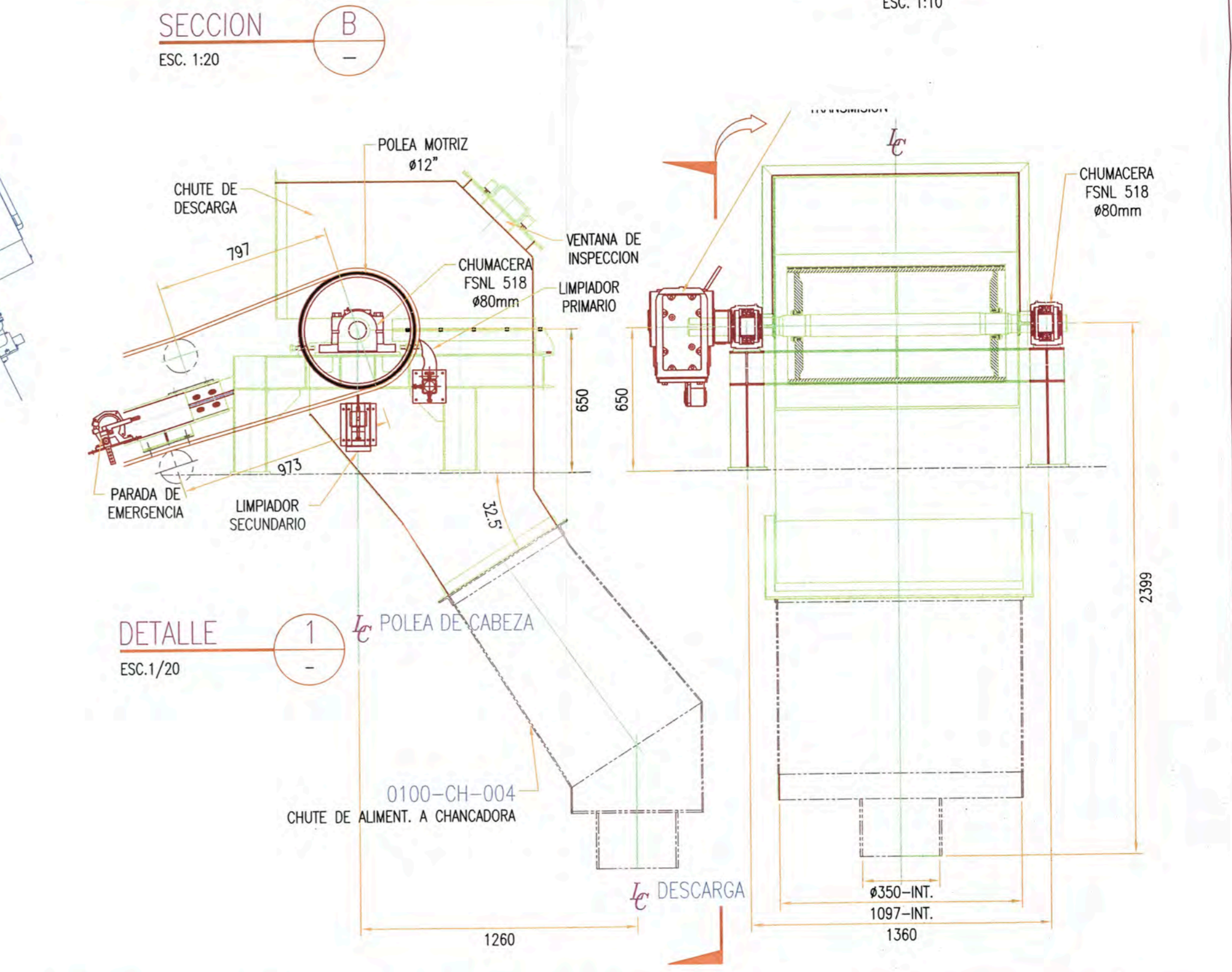
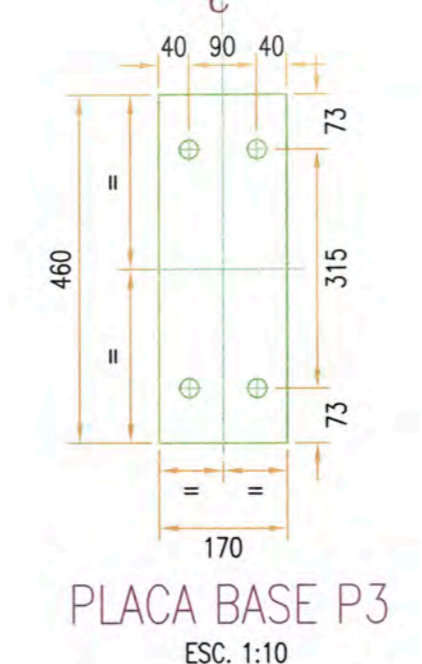
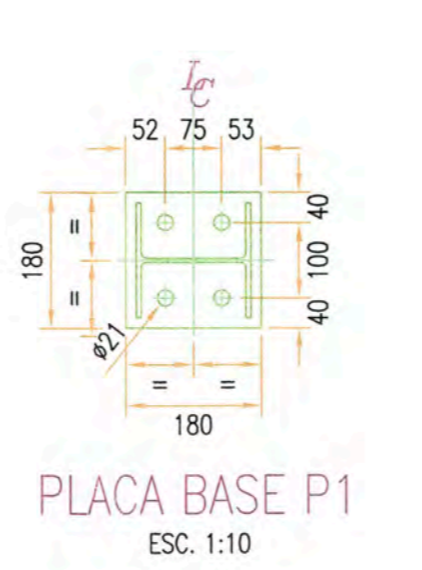
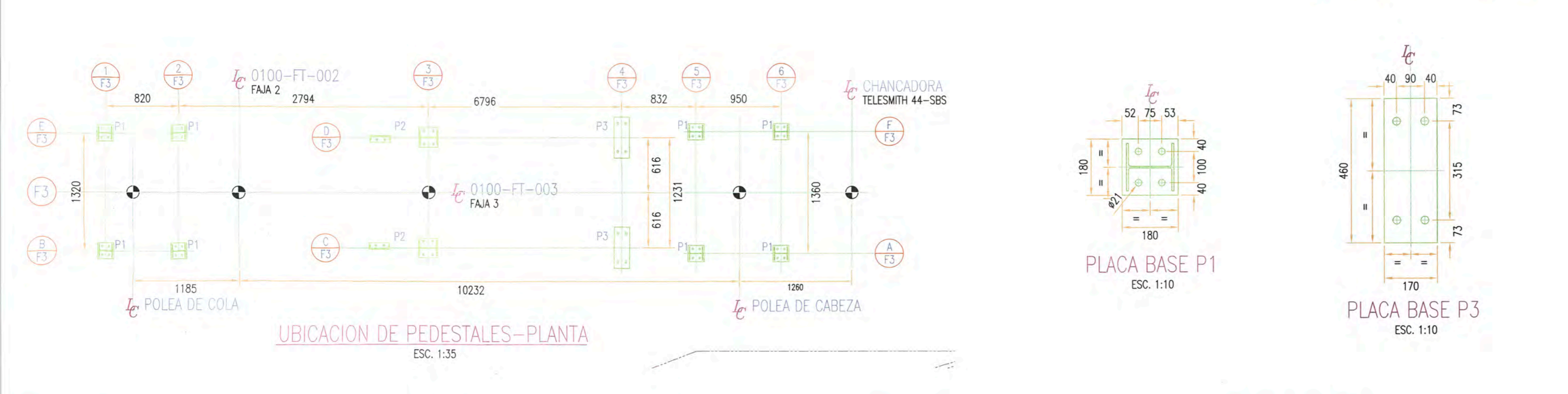
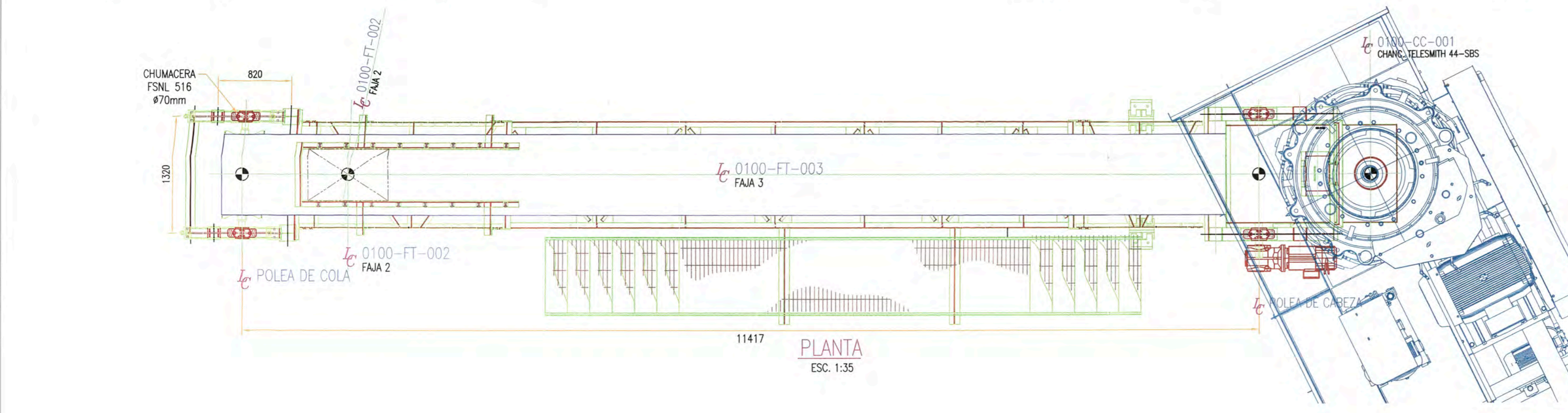
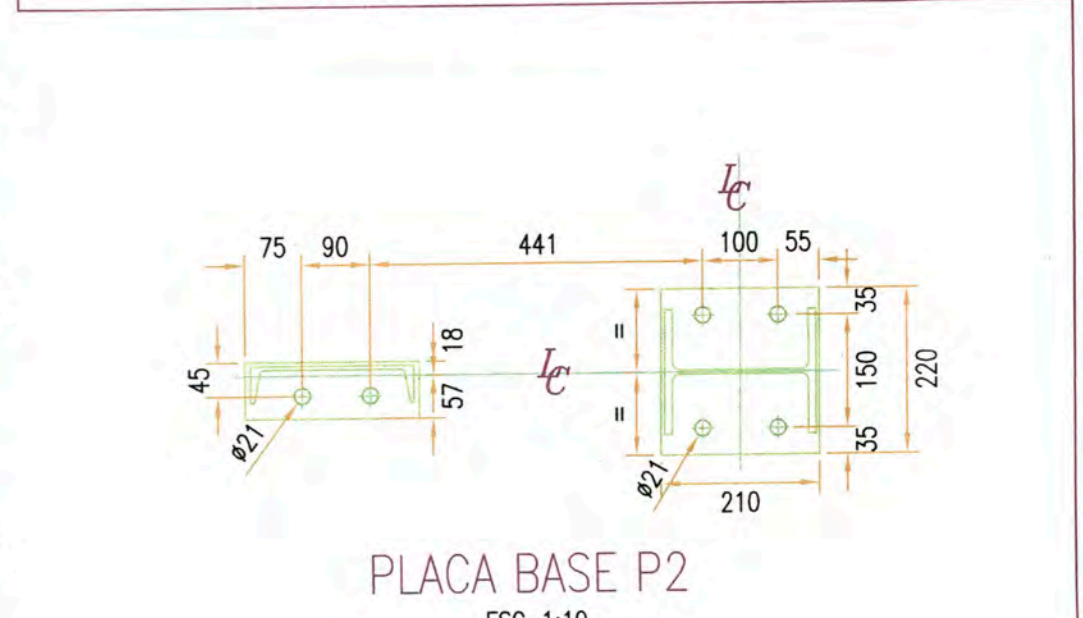
1	INTERRUPTOR DE ATORO DE CHUTE	JUEGO
1	INTERRUPTOR DE DESALINEAMIENTO DE FAJA	1 EN POLEA DE COLA 1 EN POLEA DE CABEZA
1	INTERRUPTOR DE VELOCIDAD CERO	JUEGO
1	INTERRUPTOR DE EMERGENCIA	JUEGO
CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES

ACCESORIOS	
CAPACIDAD DE DISEÑO	169.72 TPH
VELOCIDAD DE FAJA	250 FPM
POTENCIA	10.0 HP
DESCRIPCION	OBSERVACIONES

DETALLES DE TRANSMISIÓN					
01	POLEA TENSORA/COLA	10"	990 mm.	1/2"	AUTOLIMPIANTE
01	POLEA DE CABEZA	12"	990 mm.	1/2"	HERDINGBONE
CANT.	DESCRIPCION	DIAMETRO	LONGITUD	RECUB.	OBSERVACIONES

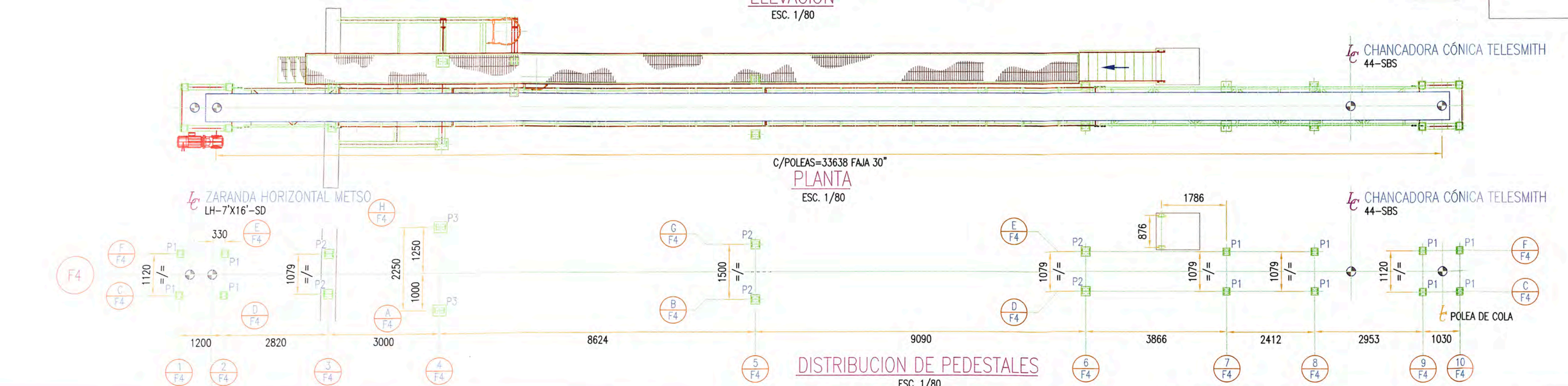
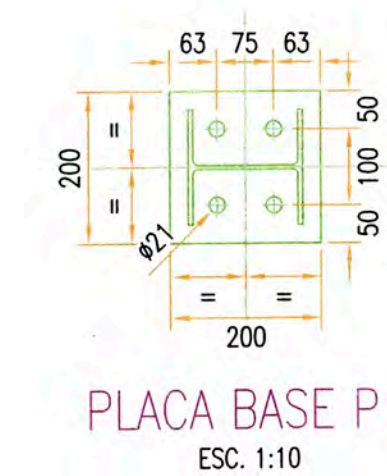
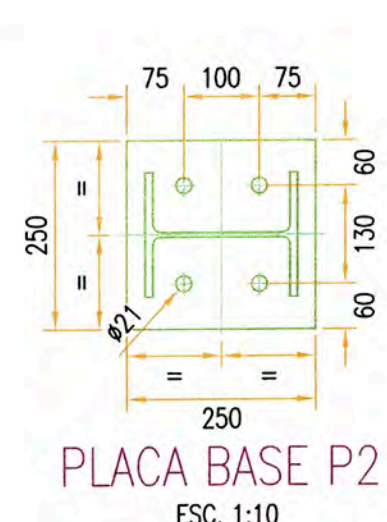
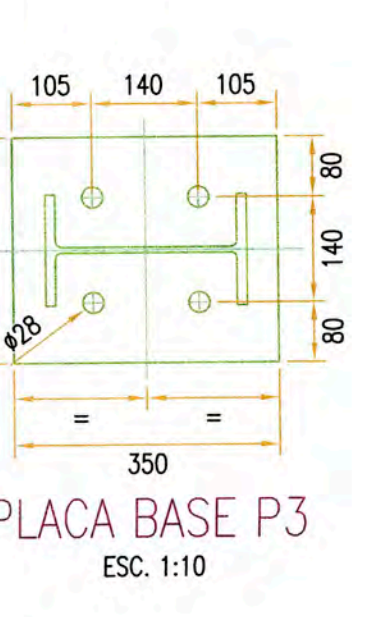
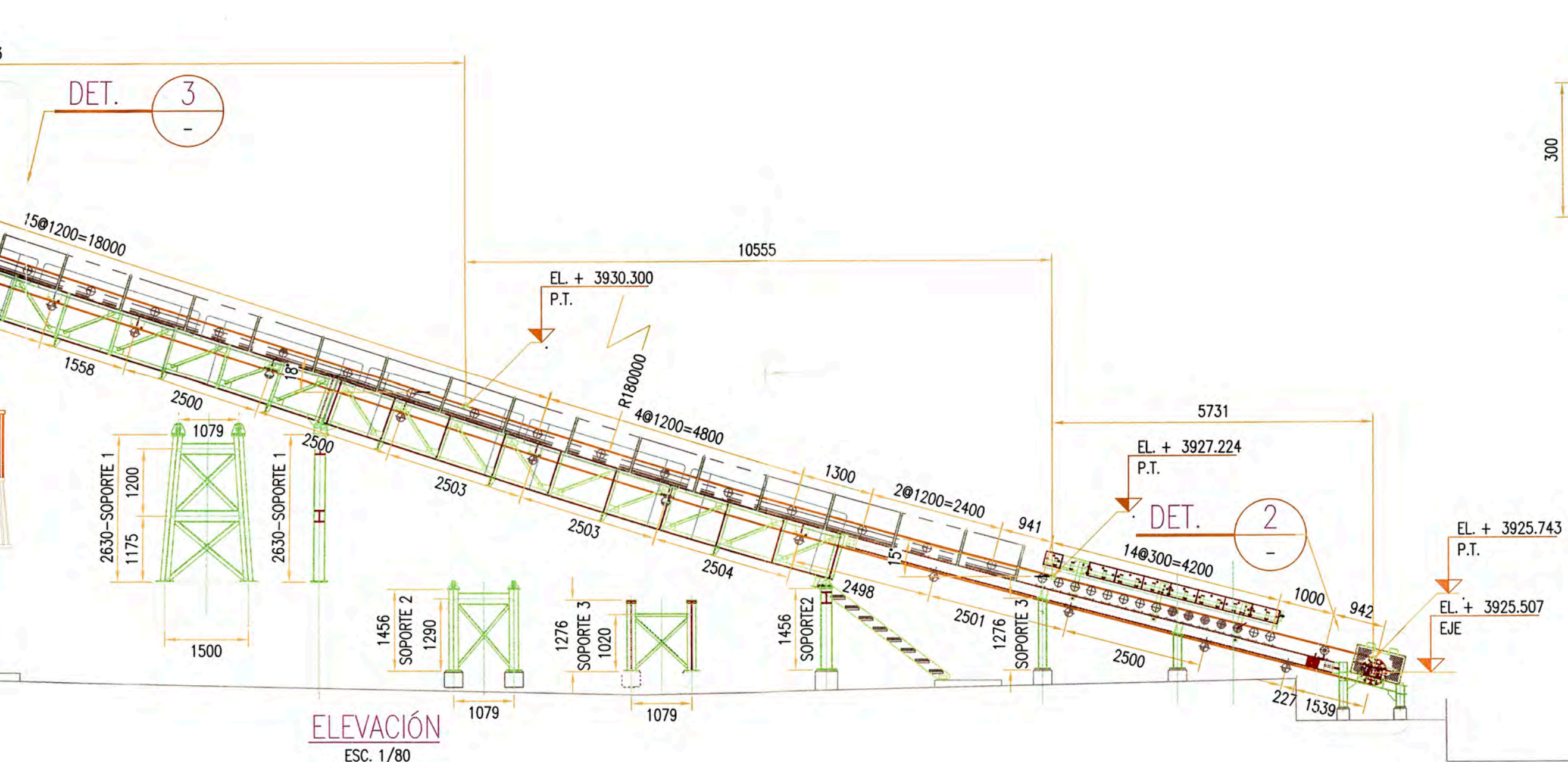
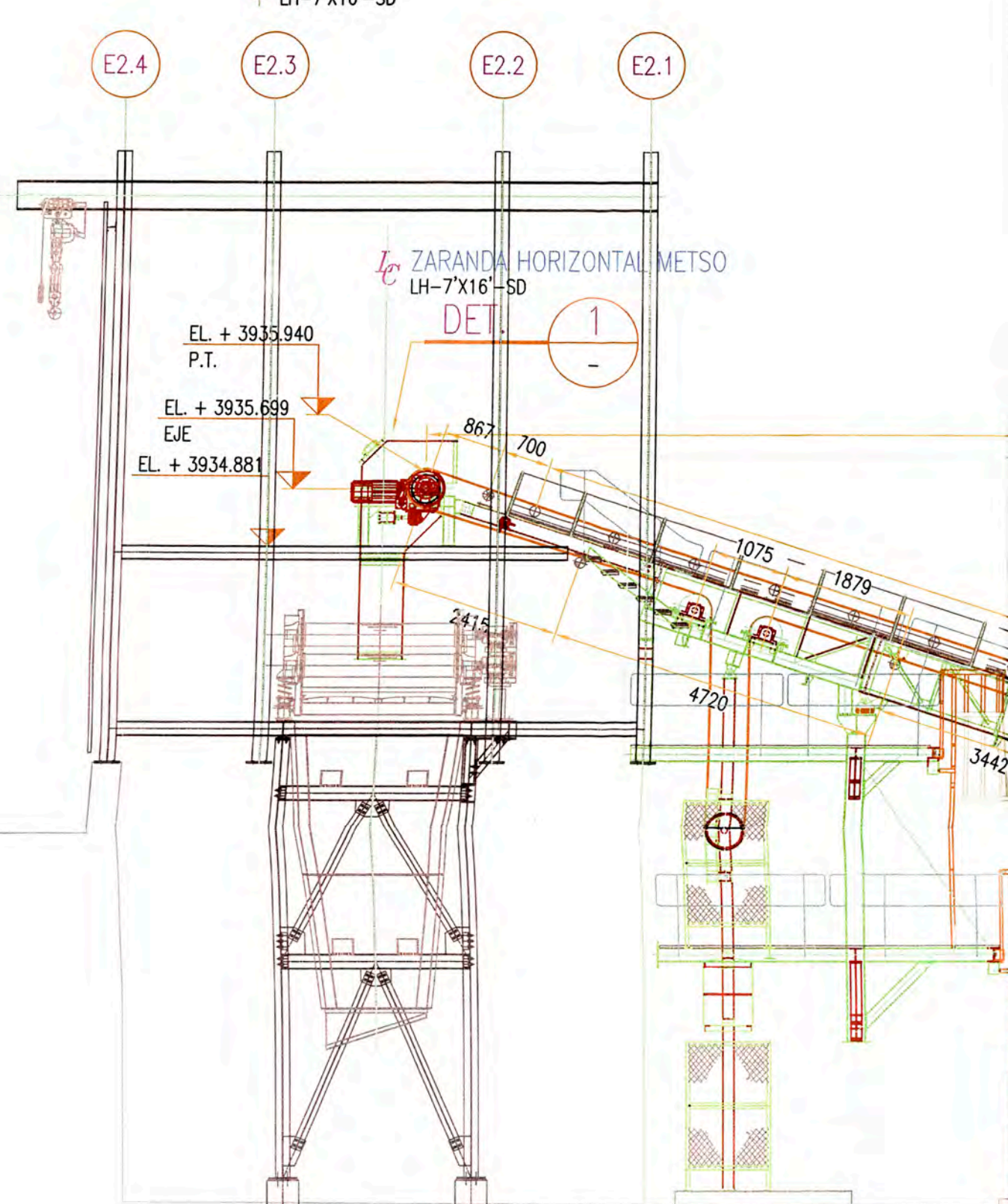
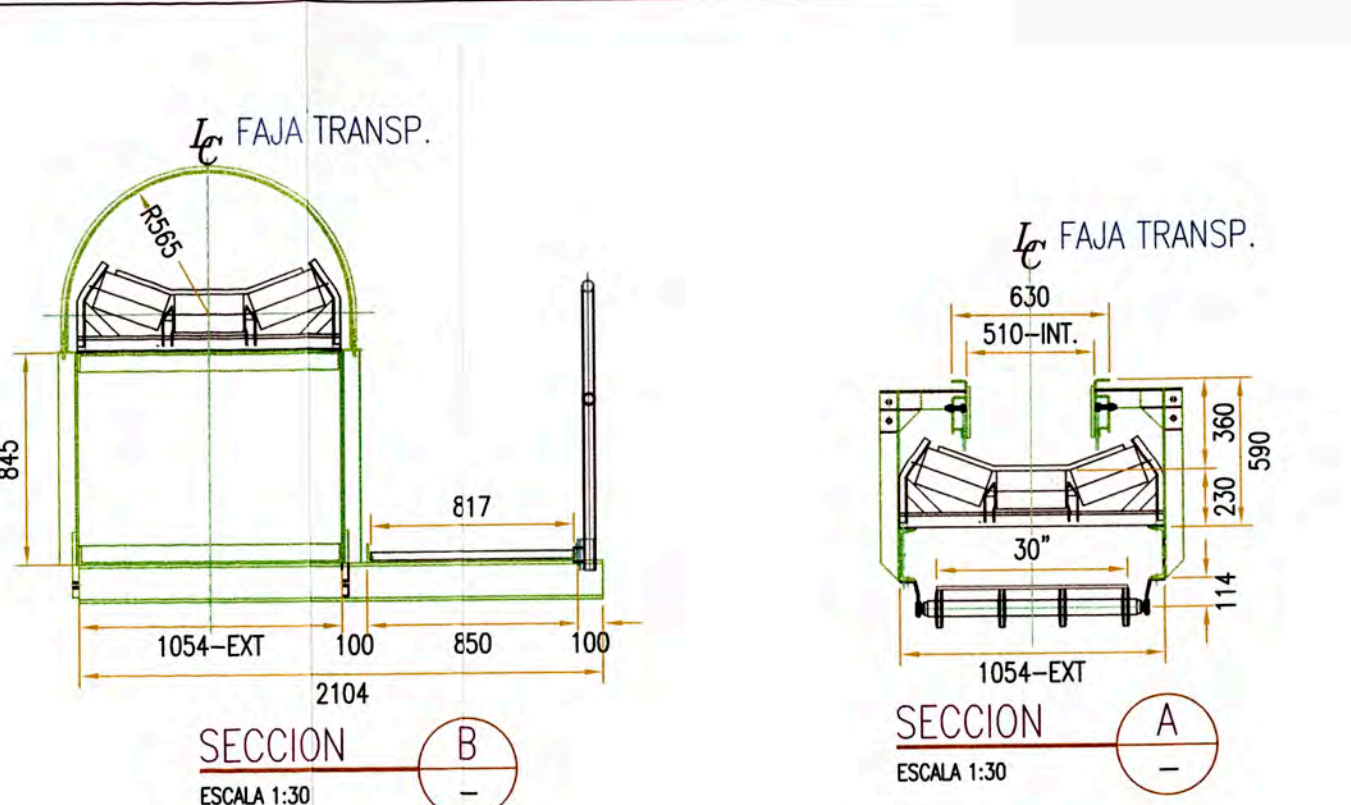
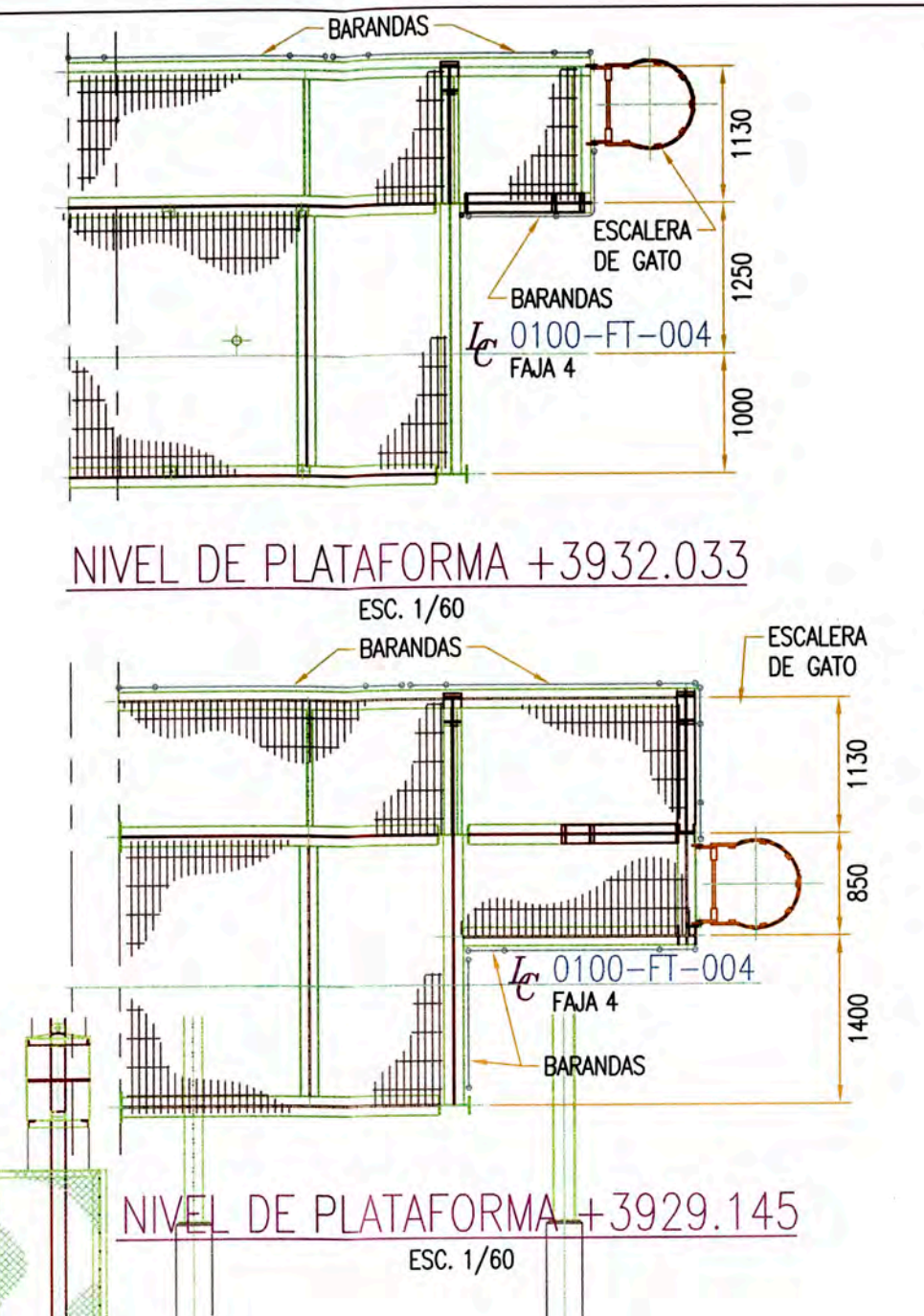
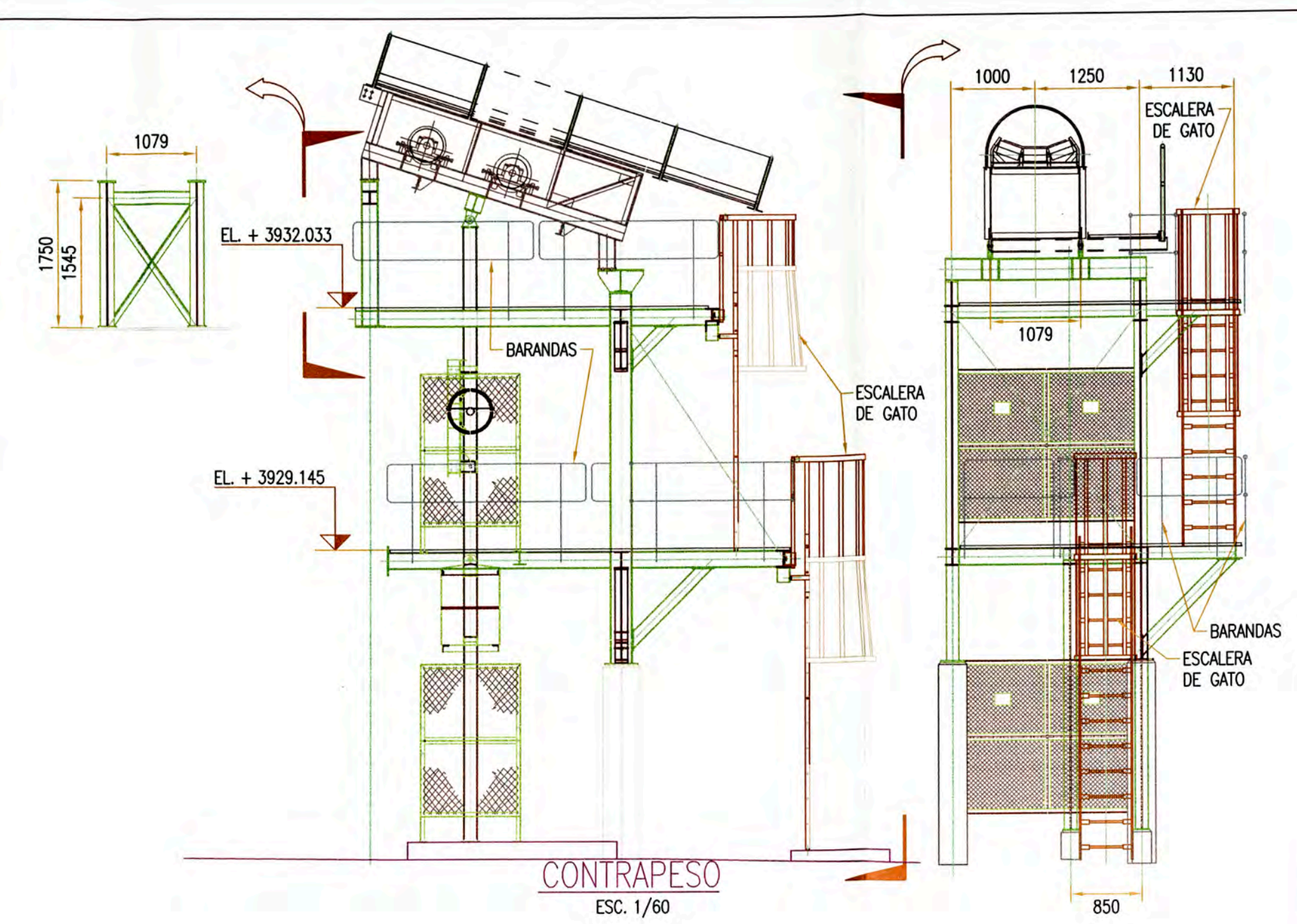
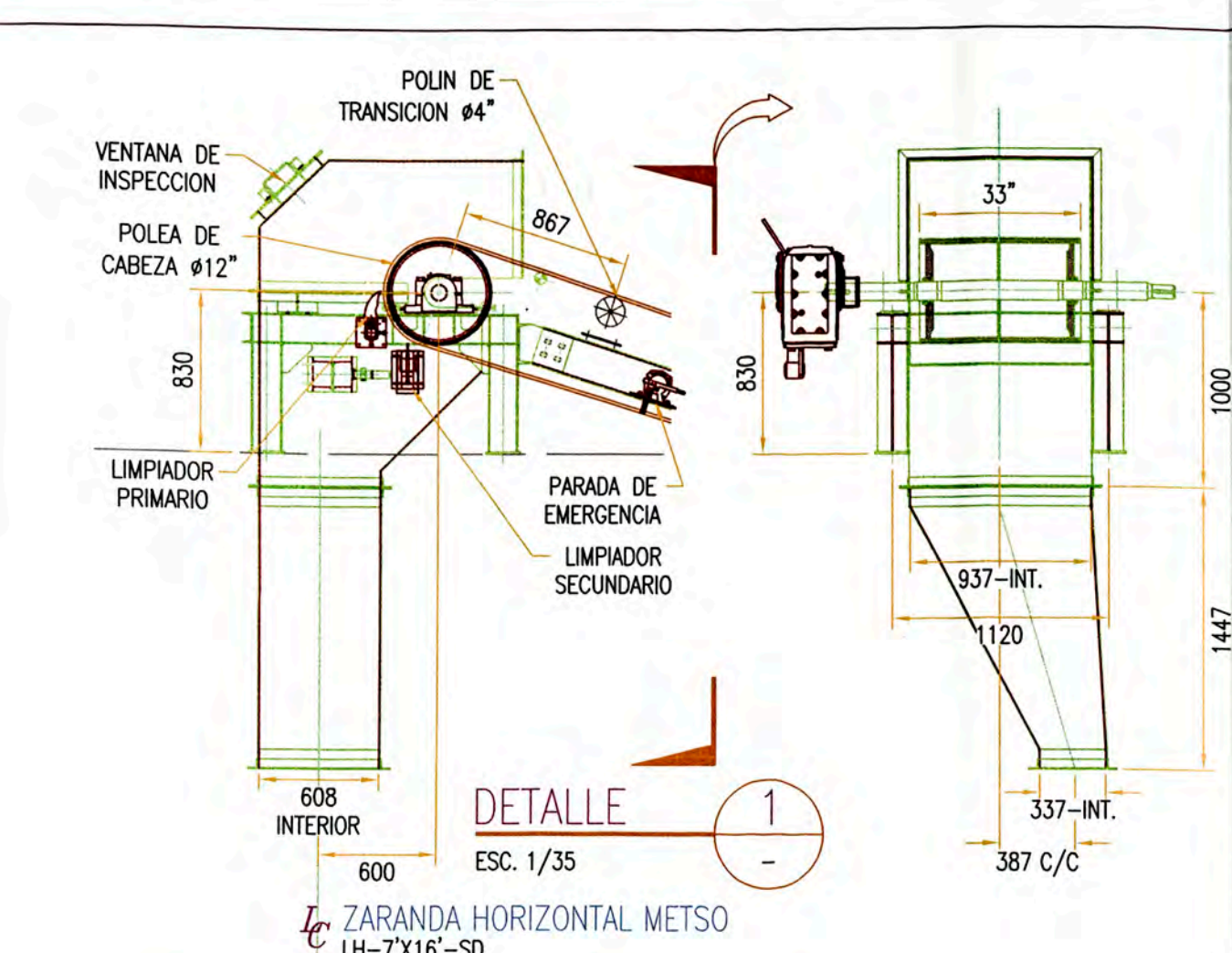
CONJUNTO DE POLEAS					
01	POLIN DE TRANSICION	985	--	4"	RODILLO RECTO
01	POLIN DE RETORNO AUTOLINEANTE	985	--	4"	RODILLO RECTO
04	POLIN DE RETORNO	985	--	4"	RODILLO RECTO
05	POLIN DE IMPACTO	325	20"	4"	TRIPLE RODILLO
01	POLIN DE CARGA AUTOLINEANTE	325	20"	4"	TRIPLE RODILLO
07	POLIN DE CARGA NORMAL	325	20"	4"	TRIPLE RODILLO
CANT.	SIEMBOLO	DESCRIPCION	ANCHO	ANG. DIMENSIONES	oCEMA OBSERVACIONES

CONJUNTO DE POLINES				
COMPONENTES DE FAJA				



NOTAS	PLANO N°	REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	DIS.	JD	JP	GP	CLT	<p>MINERA AURIFERA RETAMAS S.A</p>	<p>CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE SON PROPIEDAD DE VAIJCSA. POR LO QUE SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.</p> <p>COD. PROY. VAIJCSA No. 23812 COD. PROY. CLIENTE No.</p>	<p>DIBUJO V &amp; J FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>PROPIETARIO <b>MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.</b></p>
			A	21/04/14	PARA APROBACION INTERNA	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR			<p>DISENO V &amp; J FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>PROYECTO CONFIABILIDAD SECCION CHANCADO TRITURANDO 165TM/hr.</p>
			B	29/04/14	PARA APROBACION DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR			<p>JEFE DISCIPLINA P. AYLAS FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>PLANO FAJA "0100-FT-003"</p>
			C	25/05/14	PARA APROBACION DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR			<p>JEFE DE PROYECTO V. PAREDES FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>FECHA APROB. 25/05/14</p>	<p>ESCALA 1:50 NUMERO PLANO 23812-005-100-AM-003</p>
												<p>CLIENTE MARS A C. O. U.</p>	<p>FECHA APROB.</p>	<p>REVISIONES</p>	<p>INGENIERIA Y CONSTRUCCION VAIJCSA</p>	





CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
1	INTERRUPTOR DE ATORO DE CHUTE	JUEGO
2	INTERRUPTOR DE DESALINEAMIENTO DE FAJA	1 EN POLEA DE COLA 1 EN POLEA DE CABEZA
1	INTERRUPTOR DE VELOCIDAD CERO	JUEGO
1	INTERRUPTOR DE EMERGENCIA	JUEGO

ACCESORIOS	
CAPACIDAD DE DISEÑO	169.72 THM
VELOCIDAD DE FAJA	250 FPM
POTENCIA	15,0 HP
DESCRIPCION	OBSERVACIONES

DETALLES DE TRANSMISIÓN					
CANT.	DESCRIPCION	DIAMETRO	LONGITUD	RECUB.	OBSERVACIONES
01	POLEA TENSOR	10"	990 mm.	1/2"	HERDINGBONE
02	POLEA DEFLECTORA	10"	990 mm.	1/2"	HERDINGBONE
01	POLEA DE CABEZA	12"	990 mm.	1/2"	HERDINGBONE
01	POLEA DE COLA	10"	990 mm.	1/2"	AUTOLIMPIANTE

CONJUNTO DE POLEAS						
CANT.	SIMBOLO	DESCRIPCION	ANCHO	ANG. @CEMA	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
2	⊗	POLIN DE TRANSICION	985	--	4"	RODILLO RECTO
2	⊙	POLIN DE RETORNO AUTOLINEANTE	985	--	4"	RODILLO RECTO
10	⊙	POLIN DE RETORNO	985	--	4"	RODILLO RECTO
5	⊙	POLIN DE IMPACTO	325	20°	4"	TRIPLE RODILLO
2	⊙	POLIN DE CARGA AUTOLINEANTE	325	20°	4"	TRIPLE RODILLO
31	⊙	POLIN DE CARGA NORMAL	325	20°	4"	TRIPLE RODILLO

CONJUNTO DE POLINES			
COMPONENTES DE FAJA			

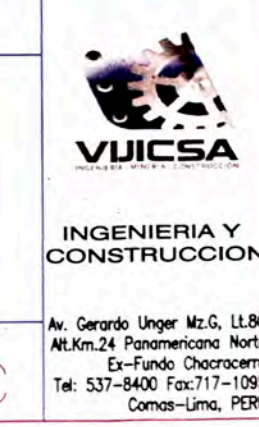
NOTAS	PLANO N°	REFERENCIA							
REVISIONES	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	DIS.	JD	JP	GP	CLT
	A	21/04/14	PARA APROBACION INTERNA	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR
	B	29/04/14	PARA APROBACION DEL CUENTE	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR
	C	25/05/14	PARA APROBACION DEL CUENTE	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR

**MARSA**  
MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.

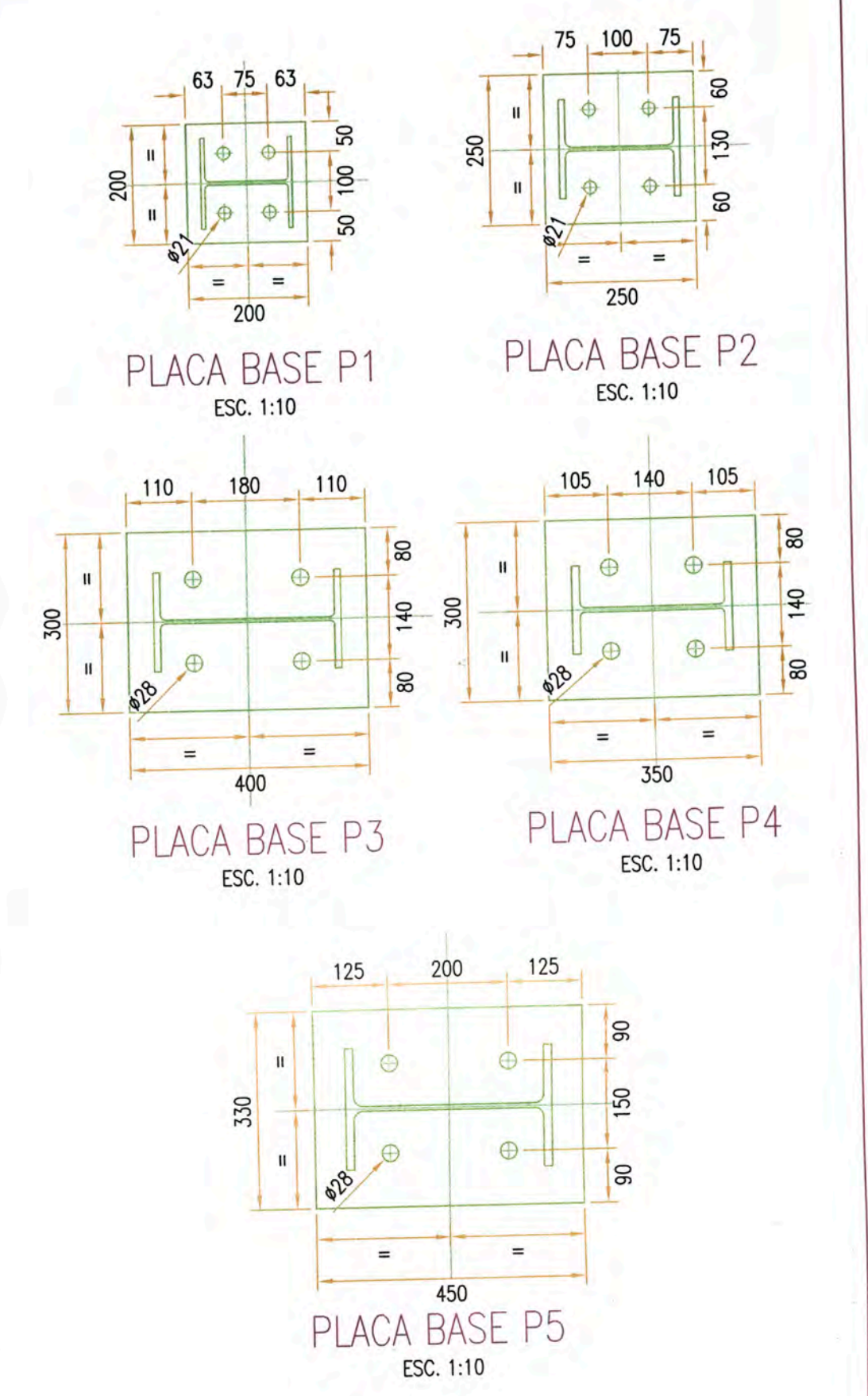
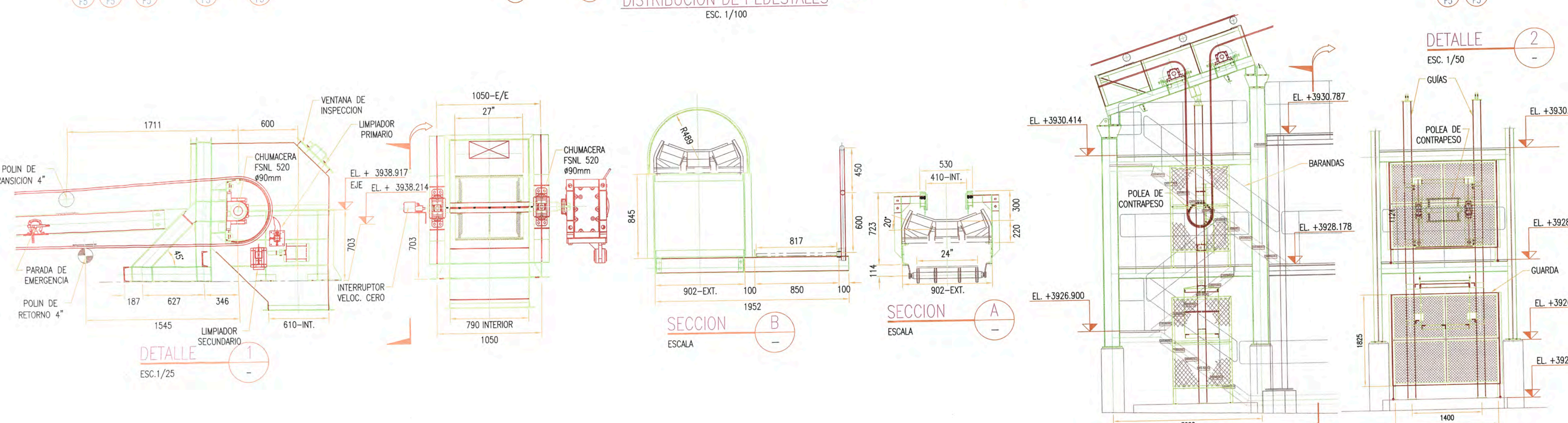
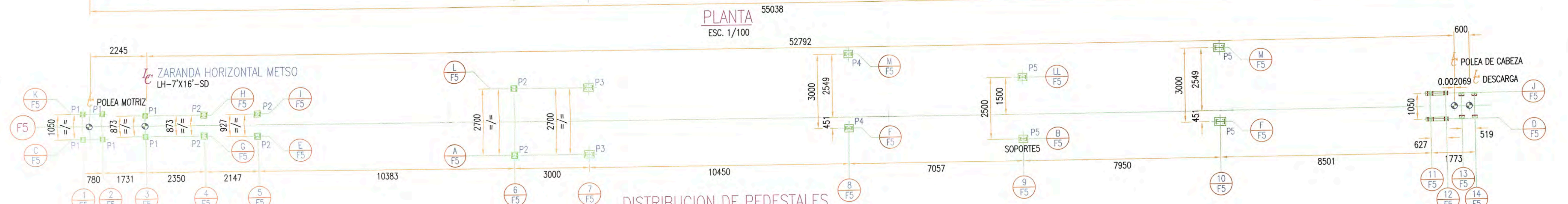
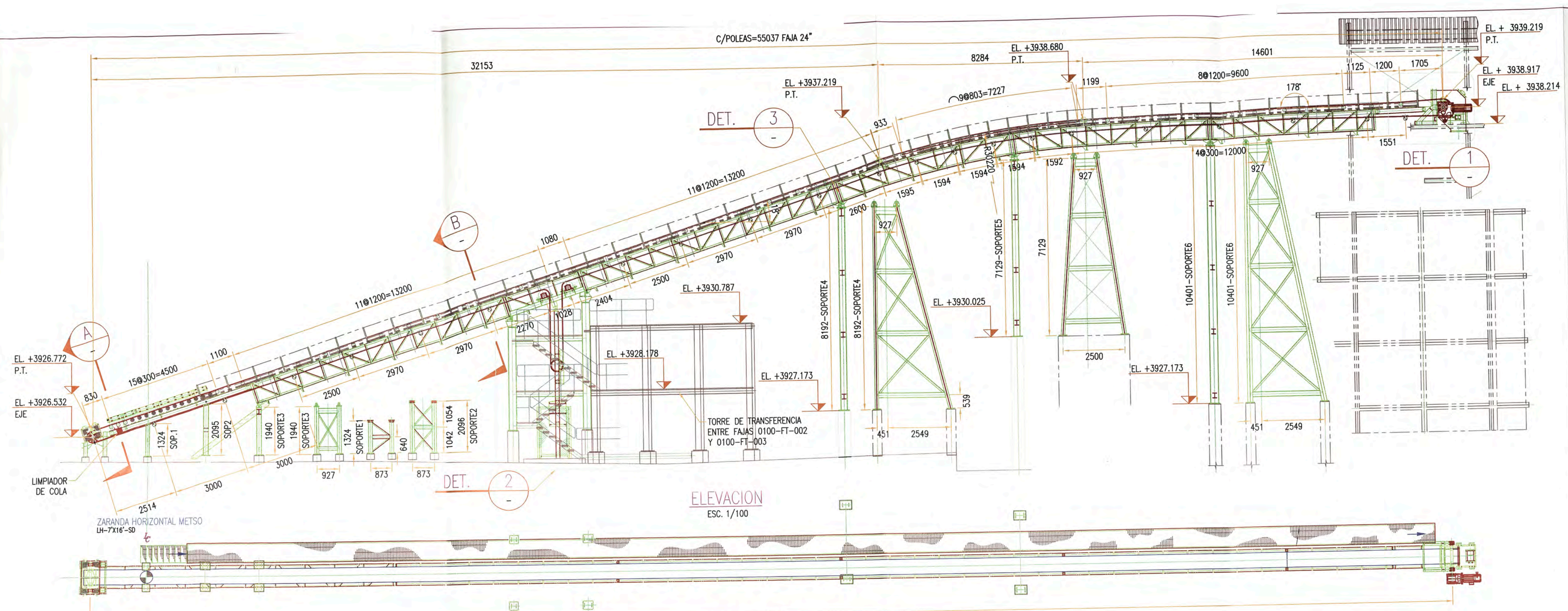
NUMERO PLANO CUENTE: MARSA

CONFIDENCIAL	DIBUJO	FECHA APROB.	PROPIETARIO
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE SON PROPIEDAD DE V&I.C.S.A. POR LO QUE SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.	V & J	25/05/14	MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.
COD. PROJ. V&I.C.S.A. No.	JEFE DE PROYECTO	FECHA APROB.	PROYECTO
23812	V. PAREDES	25/05/14	CONFIABILIDAD SECCION CHANCADO TRITURANDO 165TM/hr.
COD. PROJ. CUENTE No.	CLIENTE	FECHA APROB.	PLANO
	MARSA C. O. U.		FAJA "0100-FT-004"

ESCALA	NUMERO PLANO	REV.
INDICADA	23812-005-100-AM-004	C



Av. General Unger M.G. L.L.C.  
M.Km.24 Pinaromonte Norte  
Ed. Fajal Obispo  
Tel: 537-8400 Fax: 717-1995  
Cama-Lima, PERU



CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
1	INTERRUPTOR DE ATORO DE CHUTE	JUEGO
2	INTERRUPTOR DE DESALINEAMIENTO DE FAJA	1 EN POLEA DE COLA 1 EN POLEA DE CABEZA
1	INTERRUPTOR DE VELOCIDAD CERO	JUEGO
1	INTERRUPTOR DE EMERGENCIA	JUEGO
ACCESORIOS		
CAPACIDAD DE DISEÑO		115.76 TPH
VELOCIDAD DE FAJA		250 FPM
POTENCIA		15.0 HP
DETALLES DE TRANSMISION		
01	POLEA TENSOR	10" 990 mm 1/2" HERDINGBONE
02	POLEA DEFLECTORA	10" 990 mm 1/2" HERDINGBONE
01	POLEA DE CABEZA	12" 990 mm 1/2" HERDINGBONE
01	POLEA DE COLA	10" 990 mm 1/2" AUTOLIMPIANTE
CONJUNTO DE POLEAS		
2	POLIN DE TRANSICION	985 --- 4" RODILLO RECTO
2	POLIN DE RETORNO AUTOLINEANTE	985 --- 4" RODILLO RECTO
19	POLIN DE RETORNO	985 --- 4" RODILLO RECTO
12	POLIN DE IMPACTO	325 20' 4" TRIPLE RODILLO
2	POLIN DE CARGA AUTOLINEANTE	325 20' 4" TRIPLE RODILLO
45	POLIN DE CARGA NORMAL	325 20' 4" TRIPLE RODILLO
CONJUNTO DE POLINES		
COMPONENTES DE FAJA		

NOTAS	PLANO N°	REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	DIS.	JD	JP	GP	CLT
			A	21/04/14	PARA APROBACION INTERNA	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR
			B	29/04/14	PARA APROBACION DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR
			C	25/05/14	PARA APROBACION DEL CLIENTE	VJ	VJ	PA	VP	VP	MR

MINERA AURIFERA RETAMAS S.A

CONFIDENCIAL  
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE, SON PROPIEDAD DE V&JCSA, POR LO QUE SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.

COD. PROY. V&JCSA No. 23812  
COD. PROY. CLIENTE No.

DIBUJO V & J  
DISEÑO V & J  
JEFE DISCIPLINA P. ATLAS  
JEFE DE PROYECTO V. PAREDES  
CLIENTE MARSÁ C. O. U.

FECHA APROB. 25/05/14  
FECHA APROB. 25/05/14  
FECHA APROB. 25/05/14  
FECHA APROB. 25/05/14  
FECHA APROB.

PROPIETARIO  
**MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.**

PROYECTO  
CONFIABILIDAD SECCION CHANCADO TRITURANDO 165TM/hr.

PLANO  
FAJA "0100-FT-005"

ESCALA INDICADA  
NUMERO PLANO 23812-005-100-AM-005

REV. C



INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Av. General Unger Mz.G. U.S.R.C. Alt.Km.24 Potosí-Moravia Norte La-Florida-Chiriquí, Panamá Tel: 537-8400 Fax:717-1095 Correo:V&JCSA@GMAIL.COM