

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“Rediseño y modelamiento de equipos electromecánicos para aumentar la  
producción de la planta concentradora de tungsteno en Ancash”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES:**

Bach: Valentín Valera, Daniel

Bach: Torres Dominguez, Jon Vicente

**ASESOR:**

Ms: Calderón Rodríguez, Luis Carlos

**NVO CHIMBOTE NOVIEMBRE 2025**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA**

## **CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

---

La presente tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadro dentro de las áreas y líneas de investigación conforme el reglamento general para obtener el Título profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo con la denominación siguiente:

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico**

**“REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS PARA  
AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE  
TUNGSTENO EN ANCASH”**

**Autores:**

Bach: VALENTÍN VALERA, Daniel

Bach: TORRES DOMÍNGUEZ, Jon Vicente



---

Msc. Calderón Rodríguez, Luis Carlos  
COD. ORCID. 0000-0002-9447-2257  
DNI: 32977058  
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

---

## CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

---

El presente trabajo tesis titulado: **"REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE TUNGSTENO EN ANCASH"**, para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico, presentado por los bachilleres: **Torres Dominguez Jon Vicente con código de matrícula N°0201716049 y Valentin Valera Daniel, con código de matrícula N°0201716017**, que tienen como asesor al Msc. Calderón Rodriguez, Luis Carlos.

Ha sido revisado y aprobado el día 28 de noviembre del 2025 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante la resolución N° 586-2025-UNS-CFI.

Revisado y evaluado por el siguiente jurado evaluador.

Mg. Leónidas Lucas Yauri García  
COD. ORCID. 0009-0008-2045-943X  
DNI:32739581  
Presidente

Msc. Arquimedes Iparraguirre Lozano  
COD. ORCID. 0000-0002-1132-7688  
DNI 32766219  
Secretario

Msc. Calderón Rodriguez, Luis Carlos  
COD. ORCID. 0000-0002-9447-2257  
DNI:32977058  
Integrante

**ACTA DE INSTALACIÓN PARA SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

El día 28 del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las 12:00 pm. En el Laboratorio de Uso Múltiple de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-FI-UNS, en concordancia a lo dispuesto en el Oficio Múltiple N° 034-2022-UNS-CU-SG, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N°-586-2025-UNS-CFI, y de expedito según Resolución Decanal N° 860-2025-UNS-FI integrado por los docentes: **Mg. Leónidas Lucas Yauri García (presidente)**, **Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano (secretario)** y el **Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez (Integrante)**, para dar inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADA DE TUNGSTENO EN ANCASH"**, presentado por los bachilleres **VALENTIN VALERA DANIEL** con código de matrícula N° 0201716017 y **TORRES DOMINGUEZ JON VICENTE** con código de matrícula N° 0201716049, quien fue asesorado por el Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez, según Resolución Decanal N.º 0882-2023-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
TORRES DOMINGUEZ JON VICENTE	19	Excelente

Siendo las 01:00 pm del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, noviembre 28 de 2025



Mg. Leónidas Lucas Yauri García  
PRESIDENTE



Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano  
SECRETARIO



Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez  
INTEGRANTE



**ACTA DE INSTALACIÓN PARA SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**


El día 28 del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las 12:00 pm. En el Laboratorio de Uso Múltiple de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-FI-UNS, en concordancia a lo dispuesto en el Oficio Múltiple N° 034-2022-UNS-CU-SG, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N°-586-2025-UNS-CFI, y de expedito según Resolución Decanal N° 860-2025-UNS-FI integrado por los docentes: **Mg. Leónidas Lucas Yauri García (presidente)**, **Msc. Arquimedes Iparraguirre Lozano (secretario)** y el **Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez (Integrante)**, para dar inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **“REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADA DE TUNGSTENO EN ANCASH”**, presentado por los bachilleres **VALENTIN VALERA DANIEL** con código de matrícula N° 0201716017 y **TORRES DOMINGUEZ JON VICENTE** con código de matrícula N° 0201716049, quien fue asesorado por el Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez, según Resolución Decanal N.º 0882-2023-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:


BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
VALENTIN VALERA DANIEL	19	Excelente

Siendo las 01:00 pm del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.


Nuevo Chimbote, noviembre 28 de 2025



Mg. Leónidas Lucas Yauri García  
PRESIDENTE



Msc. Arquimedes Iparraguirre Lozano  
SECRETARIO



Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez  
INTEGRANTE




## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: jon torres dominguez  
Título del ejercicio: modelamiento  
Título de la entrega: REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECHANIC...  
Nombre del archivo: TESIS\_UNS\_VALENTIN\_-\_TORRES\_2025\_\_1\_\_3.1L\_ultimo15.09.2...  
Tamaño del archivo: 6.09M  
Total páginas: 190  
Total de palabras: 26,537  
Total de caracteres: 150,598  
Fecha de entrega: 15-sept-2025 06:55p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2752201554

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

 **UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**"REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS  
PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA  
CONCENTRADORA DE TUNGSTENO EN ANCASH"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:  
Bach: VALENTÍN VALERA, Daniel  
Bach: TORRES DOMÍNGUEZ, Jon Vicente

ASESOR:  
Ms: CALDERÓN RODRÍGUEZ, Luis Carlos

NVO CHIMBOTE -JULIO 2025

# REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECHANICOS PARA AUMENTAR LA PRODUCCION DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE TUNGSTENO EN ANCASH

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://spanish.chinatungsten.com">spanish.chinatungsten.com</a>	5%
	Fuente de Internet	
2	<a href="http://repositorio.uni.edu.pe">repositorio.uni.edu.pe</a>	3%
	Fuente de Internet	
3	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a>	2%
	Fuente de Internet	
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a>	1%
	Fuente de Internet	
5	<a href="http://vbook.pub">vbook.pub</a>	1%
	Fuente de Internet	
6	<a href="http://es.wikipedia.org">es.wikipedia.org</a>	1%
	Fuente de Internet	
7	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a>	<1%
	Fuente de Internet	
8	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a>	<1%
	Fuente de Internet	

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto ante todo a Dios, por haberme brindado salud y sabiduría en todo el trayecto de esta investigación; seguidamente a mi familia, a mis padres y hermanos, quienes en todo momento me brindaron el apoyo incondicional para seguir adelante en mi carrera de Ingeniería Mecánica.

Daniel Valentin Valera.

Quiero dedicar este trabajo de investigación a Dios y a mi abuelo que se encuentra junto con él, a ellos por guiarme día a día en cada paso que voy, a mis padres que me ayudan a diario y me motivan a salir adelante, a mis hermanos que son motivación para enfrentar cada nuevo reto de la vida.

Jon Torres Dominguez.



## AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme guiado en cada paso de mi vida, por la fortaleza para continuar y poder lograr con este gran objetivo.

A mi asesor de tesis, Ms. Luis Carlos Calderón Rodríguez, por su valiosa guía, exigencia académica y constante apoyo durante el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y dedicación han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mi pareja, por ser mi compañera en esta travesía, por su comprensión, aliento y paciencia en los momentos difíciles. Gracias por creer en mí incluso cuando dudé de mis propias fuerzas.

Y a mi hijo, la razón más grande de mi esfuerzo. Que este logro sea el reflejo del ejemplo que deseo dejarle: que todo sueño puede alcanzarse con dedicación, perseverancia y amor.

A mis padres, por ser el pilar de mi vida, por su amor incondicional, esfuerzo y sacrificio para brindarme una educación de calidad. Gracias por enseñarme con el ejemplo a nunca rendirme.

A mis hermanos, por su compañía, consejos y apoyo inquebrantable en cada paso del camino.

Daniel Valentin Valera

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento primeramente a Dios por darme la fortaleza día a día, también a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte fundamental en la culminación de esta etapa académica.

A mi asesor de tesis, Ms. Luis Carlos Calderón Rodríguez, por orientación, exigencia académica y apoyo durante el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y dedicación han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mis padres, por ser el pilar de mi vida, por su amor incondicional, su guía constante y el sacrificio diario que me ha permitido seguir adelante con este sueño. Su ejemplo de perseverancia y esfuerzo ha sido mi mayor inspiración.

A mis hermanos, por su apoyo, sus palabras de aliento y por estar presentes en los momentos más importantes de este camino.

A mi pareja que me brinda su apoyo incondicional, quien a su vez fue un pilar importante para enfrentar un momento doloroso y ayudarme a salir adelante.

A toda mi familia, por creer en mí y brindarme siempre su respaldo, aún en los momentos más difíciles.

Y en especial, a mi querido abuelo Vicente Torres (Q.E.P.D.), quien desde el cielo me ha acompañado con su recuerdo imborrable, su ejemplo de humildad y trabajo, y su inmenso cariño. Esta meta alcanzada también es tuya, abuelo.

Jon Vicente Torres Dominguez

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	xvii
AGRADECIMIENTO .....	xviii
AGRADECIMIENTO .....	xix
CAPITULO I. ....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    Antecedentes de la investigación .....	1
1.2.    Fundamentación y planeamiento de problema.....	7
1.3.    Limitaciones .....	8
1.4.    Formulación de problema.....	11
1.5.    Objetivos .....	11
1.5.1.    Objetivo general.....	11
1.5.2.    Objetivos específicos .....	11
1.6.    Hipótesis.....	12
1.7.    Justificación.....	12
1.7.1.    Justificación Social .....	12
1.7.2.    Justificación económica .....	13
1.7.3.    Justificación tecnológica.....	13
1.7.4.    Justificación institucional.....	13
1.7.5.    Justificación ambiental.....	14

CAPÍTULO II .....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Marco conceptual .....	15
2.1.1. Planta concentradora (PC) .....	15
2.1.2. Tolva de gruesos .....	18
2.1.3. Apron Feeder .....	18
2.1.4. Chancadora quijada.....	19
2.1.5. Faja transportadora.....	20
2.1.6. Zaranda vibratoria.....	21
2.1.7. Chancadora Symons.....	22
2.1.8. Tolva de finos.....	23
2.1.9. Válvula Guillotina.....	24
2.2. Propiedades del Tungsteno.....	29
2.3. Ecuación de equipos electromecánicos de planta concentradora.....	30
2.3.1. Tolva .....	30
2.3.2. Apron Feeder .....	31
2.3.3. Chancadora de quijada.....	33
2.3.4. Faja transportadora.....	35
2.3.5. Zaranda vibratoria.....	38
2.3.6. Chancadora Symons.....	40

2.4.	Calculo y expresión de resultados .....	41
2.5.	Balances de masa y metalúrgico del tungsteno .....	42
2.5.1.	Granulometría .....	42
2.5.2.	Distribución Granulométrica .....	43
2.5.3.	Representación de los Datos de Distribución de Tamaños .....	43
2.5.4.	Fracciones de tamaños .....	44
2.5.5.	Representaciones graficas .....	44
2.5.6.	Balance metalúrgico de dos productos.....	45
2.6.	Interpolación de datos .....	46
2.6.1.	Interpolación lineal de una variable independiente .....	46
2.7.	Análisis vibracional.....	48
2.8.	Normativa ISO 10816-3 .....	49
2.9.	Análisis granulométrico valorado .....	50
2.9.1.	Reservas de mineral por cubicación histórica.....	50
2.9.2.	Reservas de mineral por cubicación topográfica. ....	51
2.9.3.	TAMIZADO DE LOS RELAVES .....	54
2.9.4.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – EHS .....	55
2.10.	Metodología de análisis .....	57
2.11.	Plan de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Rediseñados.....	57
2.11.1.	Equipos considerados.....	58



2.11.2.	Estrategias de mantenimiento.....	58
2.11.3.	Herramientas complementarias .....	59
2.11.4.	Indicadores de rendimiento (KPIs) .....	59
CAPITULO III.....		62
MATERIALES Y MÉTODOS.....		62
3.1.	Tipo de estudio .....	62
3.2.	Metodología de investigación .....	62
3.2.1.	Método de investigación .....	62
3.2.2.	Procedimiento de la investigación .....	63
3.2.3.	Diseño de la investigación .....	63
3.3.	Esquema de diseño de investigación.....	64
3.3.1.	Identificación de variables .....	65
3.3.2.	Población y muestra.....	67
3.3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	67
3.3.4.	Validez y confiabilidad del instrumento .....	68
3.3.5.	Métodos de análisis de datos.....	69
3.3.6.	Procesamiento de datos.....	69
3.3.7.	Metodología a aplicar .....	69
CAPITULO IV.....		71
CÁLCULOS .....		71

4.1.	Cálculo de la potencia de los equipos electromecánico .....	71
4.1.1.	Proceso de chancado .....	71
4.2.	Apron feeder.....	72
4.2.1.	Diseño actual.....	72
4.2.2.	Área transversal de carga .....	73
4.2.3.	Velocidad de Apron Feeder .....	73
4.2.4.	Cálculo de capacidad de carga volumétrica .....	73
4.2.5.	Cálculo de capacidad de carga másica .....	73
4.2.6.	Cálculo de velocidad angular del eje .....	74
4.2.7.	Selección de motor y caja de reducción.....	74
4.2.8.	Estimación de potencia del motor .....	74
4.3.	Chancadora de quijada .....	76
4.3.1.	Cálculo material volumétrico entre las mandíbulas.....	76
4.3.2.	Cálculo del área de aplastamiento.....	79
4.3.3.	Cálculo de la presión real en la placa dentada (Pr).....	80
4.3.4.	Calculamos la fuerza total en la placa dentada (FTPD).....	81
4.3.5.	Determinamos la potencia mecánica .....	82
4.4.	Determinamos la capacidad de chancado.....	84
4.5.	Faja transportadora.....	85
4.5.1.	Datos iniciales.....	86

4.5.2.	Tipo de faja transportadora .....	86
4.5.3.	Calculamos la velocidad de la faja.....	87
4.5.4.	Capacidad real de transporte (verificación) .....	87
4.5.5.	Ángulo de inclinación de la faja .....	88
4.5.6.	Potencia requerida.....	88
4.5.7.	Síntesis de resultados .....	89
4.6.	Zaranda vibratoria .....	91
4.6.1.	Características actuales del equipo .....	91
4.6.2.	Problemas existentes .....	91
4.6.3.	Área efectiva de cribado .....	91
4.6.4.	Determinamos la frecuencia de operación.....	92
4.6.5.	Capacidad teórica de la zaranda.....	92
4.6.6.	Determinamos la masa vibrante.....	93
4.6.7.	Velocidad del mineral en la zaranda .....	94
4.7.	Balance metalúrgico .....	94
4.7.1.	Balance metalúrgico planta.....	94
4.7.2.	Balance metalúrgico concentración magnética.....	95
4.7.3.	Producción concentrado magnético total .....	95
4.7.4.	Balance concentrado WO <sub>3</sub> despachado a Lima.....	96
4.8.	Cálculo de nuevo consumo energético.....	96

4.8.1. Consumo de planta.....	96
4.9. Metodología de análisis vibracional.....	99
4.9.1. CHANCADORA 20”X36” .....	99
4.9.2. Zaranda vibratoria de 5’x10’ .....	100
CAPITULO V. ....	102
RESULTADOS .....	102
5.1. Análisis de costos .....	102
5.1.1. Costos de materiales. ....	102
5.2. Costo de mano de obra .....	103
5.3. Costo de insumos .....	103
5.4. Análisis del VAN y TIR .....	104
5.4.1. Inversión estimada .....	104
5.5. Flujo de caja de proyecto .....	105
5.6. Comprobación de Resultados del VAN y el TIR.....	106
5.7. Diagrama unifilar de planta concentradora .....	106
CAPITULO VI.....	107
DISCUSIONES.....	107
6.1. Cuadro de resumen.....	111
6.2. Aporte de investigación.....	112
Productividad .....	112

Medio ambiente .....	112
CAPITULO VII. ....	114
CONCLUSIONES .....	114
CAPITULO VIII. ....	116
RECOMENDACIONES.....	116
CAPITULO IX.....	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
CAPITULO X.....	123
ANEXOS .....	123
10.1. Cálculo del chancado primario .....	124
10.1.1. Tolva de gruesos.....	124
10.1.2. Diseño actual .....	128
10.1.3. Objetivo del rediseño .....	128
10.1.4. Parámetros de diseño recomendado .....	129
10.1.5. Justificación técnica de la mejora propuesta .....	129
10.2. Válvula guillotina 1m x 1m .....	130
10.2.1. Preparación de montaje .....	130
10.2.2. Preparación de montaje .....	130
10.2.3. Montaje de válvula .....	130
10.2.4. Costo.....	131



10.2.5.	Resumen del diseño del Apron Feeder .....	131
10.2.6.	Problemas comunes .....	133
10.2.7.	Objetivo del rediseño .....	133
10.2.8.	Parámetros de diseño recomendado .....	133
10.2.9.	Impacto estimado de mejora .....	133
10.3.	Chancadora de quijada.....	134
10.3.1.	Diseño actual .....	134
10.3.2.	Problemas detectados .....	134
10.3.3.	Propuestas de mejoras técnicas .....	135
10.3.4.	Materiales recomendados para el revestimiento .....	135
10.3.5.	Costo aproximado .....	135
10.3.6.	Propuesta para mejora de eficiencia.....	136
10.3.7.	Eficiencia deseada tras rediseño.....	137
10.3.8.	Procedimiento para el cambio de faja transportadora .....	137
10.3.9.	Procedimiento para el cambio de sistema de tensión.....	138
10.4.	Cálculo de la tensión efectiva .....	138
10.5.	Selección del cilindro hidráulico .....	144
10.5.1.	Ficha técnica de los cilindros hidráulicos .....	146
10.5.2.	Estimación de costos .....	148
10.5.3.	Parámetros de diseño recomendado .....	148

10.5.4.	Propuestas de mejora.....	149
10.5.5.	Impacto estimado de mejora .....	149
10.5.6.	Componentes de sistema de aislamiento .....	150
10.5.7.	Cantidad y dimensionamiento estimado .....	150
10.5.8.	Tiempo de Implementación.....	151
10.5.9.	Costo estimado .....	151
10.6.	Chancadora secundaria Symons .....	152
10.6.1.	Datos actuales.....	152
10.6.2.	Problemas comunes.....	152
10.6.1.	Fundamentación por Ficha Técnica .....	153
10.6.2.	Fundamentos por producción .....	153
10.6.3.	Fundamentos por operatividad .....	154
10.6.4.	Fundamentos por operatividad .....	154
10.6.5.	Costo de Chancadora HP 100.....	155
10.6.6.	Costo de adaptación .....	155
10.6.7.	Análisis de relave general-planta concentradora.....	159
PLANOS DE EQUIPOS ELECTROMECA'NICOS .....		163
DIAGRAMA UNIFILAR DE PLANTA CONCENTRADORA DE TUNGSTENO.....		170

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Diagrama de Ishikawa.....	9
<b>Figura 2</b>	Distribución de equipos electromecánicos.....	17
<b>Figura 3</b>	Tolva de gruesos .....	18
<b>Figura 4</b>	Apron Feeder .....	19
<b>Figura 5</b>	Chancadora de quijada .....	20
<b>Figura 6</b>	Faja transportadora.....	21
<b>Figura 7</b>	Zaranda vibratoria .....	22
<b>Figura 8</b>	Chancadora cónica .....	23
<b>Figura 9</b>	Tolva de finos.....	24
<b>Figura 10</b>	Valvula guillotina de base cuadrada.....	26
<b>Figura 11</b>	Tipos de accionamiento manual.....	28
<b>Figura 12</b>	Tipos de accionamiento asistido .....	28
<b>Figura 13</b>	Balance metalúrgico.....	45
<b>Figura 14</b>	Interpolación lineal de una variable independiente .....	47
<b>Figura 15</b>	Disposición de relaves en el año 2019 .....	51
<b>Figura 16</b>	Disposición de relaves en el año 2022 .....	52
<b>Figura 17</b>	Zonas consideradas como finos .....	52
<b>Figura 18</b>	Cubicación topográfica .....	53
<b>Figura 19</b>	Chancado primario .....	75
<b>Figura 20</b>	Mandíbula de la chancadora de quijada.....	76
<b>Figura 21</b>	Placa dentada fija .....	79
<b>Figura 22</b>	Distribución de fuerzas .....	81

<b>Figura 23</b>	Chancadora de Quijada .....	82
<b>Figura 24</b>	Estructura interna Faja transportadora .....	88
<b>Figura 25</b>	Faja transportadora.....	90
<b>Figura 26</b>	Zaranda vibratoria.....	94
<b>Figura 28</b>	Espectro tipo (FFT) de la chancadora 20"x36".....	100
<b>Figura 29</b>	Espectro tipo (FFT) de la zaranda vibratoria 5'x10'.....	100
<b>Figura 30</b>	Señal en el dominio del tiempo de la zaranda (~15 Hz, amplitud 3 mm). 101	
<b>Figura 31</b>	Tolva de Gruesos.....	125
<b>Figura 32</b>	Dibujo tolva actual.....	129
<b>Figura 33</b>	Apron feeder.....	132
<b>Figura 34</b>	Cilindro neumático.....	145
<b>Figura 35</b>	Cilindro neumático - enmallado.....	145
<b>Figura 36</b>	Tipos de cilindros actuadores.....	146
<b>Figura 37</b>	Chancadora HP100 .....	154

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Matriz de Correlación	10
<b>Tabla 2</b>	Componentes válvula guillotina	25
<b>Tabla 3</b>	Rango de tamaño de diferentes equipos de separación	42
<b>Tabla 4</b>	Rangos de severidad de vibración	50
<b>Tabla 5</b>	Relaves WO <sub>3</sub>	51
<b>Tabla 6</b>	Cubicación y puntos de muestreo por zonas	53
<b>Tabla 7</b>	Producción mensual de finos de tungsteno	53
<b>Tabla 8</b>	Parámetros técnicos Zaranda	54
<b>Tabla 9</b>	Análisis granulométrico por tamizado	55
<b>Tabla 10</b>	Actividades relaciones al mantenimiento	58
<b>Tabla 11</b>	Indicadores seleccionados	60
<b>Tabla 12</b>	Comparación de rediseño	61
<b>Tabla 13</b>	Variable independiente	65
<b>Tabla 14</b>	Variable dependiente	66
<b>Tabla 15</b>	Parámetros actuales	72
<b>Tabla 16</b>	Parámetros de Chancadora	76
<b>Tabla 17</b>	Resultados del ensayo realizado.	80
<b>Tabla 18</b>	Parámetros Faja transportadora	89
<b>Tabla 19</b>	Consumo en kW-H (ANTES)	97
<b>Tabla 20</b>	Datos de factores a utilizar (CON EL REDISEÑO)	98
<b>Tabla 21</b>	Rangos permisibles según Normativa ISO 10816-3; <b>Error!</b>	<b>Marcador no</b>
<b>definido.</b>		



<b>Tabla 22</b>	Costos de Materiales.	102
<b>Tabla 23</b>	Costo de mano de obra	103
<b>Tabla 24</b>	Costo de insumos	103
<b>Tabla 25</b>	Inversión	104
<b>Tabla 26</b>	Inversión estimada	104
<b>Tabla 27</b>	Flujo De Proyecto	105
<b>Tabla 28</b>	Discusiones y resultados	107
<b>Tabla 29</b>	Matriz de consistencia	110
<b>Tabla 30</b>	Cuadro de Resumen	111
<b>Tabla 31</b>	Materiales de revestimiento	135
<b>Tabla 32</b>	Costo revestimiento	136
<b>Tabla 33</b>	Masa promedio del polín de retorno	138
<b>Tabla 34</b>	Peso promedio de polines de carga/impacto	139
<b>Tabla 35</b>	Espaciamiento de polines por ancho de faja	139
<b>Tabla 36</b>	Peso recomendado de banda transportadora.	140
<b>Tabla 37</b>	Componentes sistema de aislamiento	150
<b>Tabla 38</b>	Costos zaranda	151
<b>Tabla 39</b>	Cuadro comparativo chancadora cónica	153
<b>Tabla 40</b>	Costo y detalles HP100	155
<b>Tabla 41</b>	Costo de adaptación HP100	155

## ÍNDICE DE NOMENCLATURA

***WO<sub>3</sub>*** = Wolfranio

***PC*** = Planta concentradora

***FTPD*** = Fuerza total en la placa dentada

***Pr*** = Presion real

***KPIs*** = Indicadores Clave de Desempeño

***FFT*** = La Transformada Rápida de Fourier

***kWH*** = kilovatio – hora

***IE3*** = Eficiencia premium

***t/h*** = Toneladas por hora

***TMH*** = Toneladas metricas humedas

***HDPE*** = Polietileno de alta densidad

***AISI*** = Instituto Americano del Hierro y Acero

***VPN*** = Indican la resistencia de un material a la penetración

***CPM*** = Ciclos por minuto

***EHS*** = Acronimo de medio ambiente, salud y seguridad

***MTBM*** = Tiempo Medio Entre Mantenimientos

***MTTR*** = *Tiempo medio de reparación*

***Tc/Hr*** = *Tonelas cortas por hora*

***VAN*** = *Valor actual neto*

***TIR*** = *Tasa interna de retorno*

## RESUMEN

La presente investigación se enfocó en el rediseño y modelado de equipos electromecánicos con el propósito de optimizar la producción de la planta concentradora de tungsteno ubicada en Áncash, alcanzando un incremento proyectado del 8 % en la capacidad productiva. El estudio abordó las deficiencias operativas identificadas en los procesos de chancado primario y secundario, los cuales presentaban elevados índices de paradas no programadas. La metodología aplicada comprendió visitas técnicas in situ, análisis de planos existentes, entrevistas con personal operativo y revisión de literatura especializada, complementadas con modelado tridimensional en SolidWorks y cálculos comparativos para determinar alternativas de mejora en granulometría y eficiencia energética. Se intervino en los principales cuellos de botella del proceso: Apron feeder, grizzli estacionario, chancadora de quijada, faja transportadora, zaranda vibratoria y chancadora cónica, incorporando motores eléctricos de alta eficiencia IE3 de marca berklin modelo Y3-180M2 en el Apron feeder, en el grizzli estacionario se incorporó sistema vibratorio tipo vibratorio modelo 2yzs1237 con capacidad de 80(t/h), reforzamiento de las mandíbulas de la chancadora de quijada con materia acero manganeso, un nuevo sistema tensor de la marca Hidracar del tipo oleo neumático en la faja transportadora, para la zaranda vibratoria una mejora de aislamiento vibratorio del tipo resorte más soporte de lona y la actualización de la chancadora cónica por un mejorado chancadora HP100. La inversión estimada de 164 672,50 dólares generó un Valor Actual Neto de 149 962,80 dólares y una Tasa Interna de Retorno del 41 %, con recuperación proyectada en cinco años, demostrando la viabilidad económica y técnica del proyecto.

**Palabras clave:** Concentradora – Tungsteno – Rediseño – Granulometría.

## ABSTRACT

This research focused on the redesign and modeling of electromechanical equipment with the purpose of optimizing the production of the tungsten concentrator plant located in Ancash, achieving a projected 8% increase in productive capacity. The study addressed operational deficiencies identified in the primary and secondary crushing processes, which presented high rates of unscheduled stoppages. The applied methodology included technical on-site inspections, analysis of existing blueprints, interviews with operational staff, and review of specialized literature, complemented by three-dimensional modeling in SolidWorks and comparative calculations to determine improvement alternatives in granulometry and energy efficiency. The main bottlenecks in the process were addressed: apron feeder, stationary grizzly, jaw crusher, conveyor belt, vibrating screen, and cone crusher, incorporating high-efficiency IE3 electric motors in the apron feeder and grizzly, a new tensioning system in the conveyor belt, and the upgrade of the cone crusher. The estimated investment of \$164,672.50 generated a Net Present Value of \$149,962.80 and an Internal Rate of Return of 41%, with a projected payback period of five years, demonstrating the economic and technical feasibility of the project.

**Keywords:** Concentrator, Tungsten, Redesign, Granulometry

## **CAPITULO I.**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Antecedentes de la investigación**

##### **A. Internacionales**

(Gómez Araya, 2023). En la tesis titulada “Plan de gestión para la puesta en marcha de una planta concentradora”, presentada en la Universidad de Chile, evaluó la repercusión de la puesta en marcha en la rentabilidad de proyectos mineros. A través de un diagnóstico FODA y el uso de marcos de gestión, se desarrolló un plan de ejecución disciplinado orientado a optimizar el inicio de operaciones de la planta. Los hallazgos demostraron que una planificación correcta del proceso de puesta en marcha es clave, ya que impulsa la capacidad operativa, minimiza las desviaciones y aumenta significativamente la rentabilidad, subrayando la necesidad de personalizar las acciones según el contexto organizacional.

(Valdivia Quinteros, 2022). En la tesis titulada “Metodología de análisis de impacto económico asociado a la incertidumbre de parámetros operacionales en planta concentradora de minerales de cobre”, presentada en la Universidad de Chile, analizó el impacto de la variabilidad operacional en los resultados financieros de una planta concentradora. Se utilizaron simulaciones y análisis de sensibilidad para evaluar parámetros clave como la ley del mineral de alimentación y el proceso de conminución. La principal conclusión fue que, al incorporar la incertidumbre en la evaluación económica, se mejora la estimación del valor esperado y del riesgo del proyecto, facilitando una toma de decisiones operacionales más efectiva.

(Barros Campos, 2020). En la tesis titulada “Evaluación económica del repotenciamiento de molinos de bolas línea 3, planta concentradora Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi”,

presentada en la Universidad de Chile, investigó la viabilidad económica de un proyecto de repotenciamiento de molinos de bolas. Desarrolló un estudio técnico-económico considerando costos, beneficios y sensibilizaciones energéticas. Determinó que el repotenciamiento redujo los riesgos de fallas críticas y aumentó la recuperación del mineral hasta en un 1,25%, justificando su ejecución desde el punto de vista productivo y financiero.

Según (Mason, 2016) en la tesis titulada “Improved Transfer Chute Design Using DEM”, desarrollada en la Universidad de Queensland (Australia), se investigó el rediseño de chutes de transferencia en sistemas de transporte de minerales mediante la aplicación del método de simulación numérica DEM (Discrete Element Method). Se realizaron simulaciones computacionales para analizar el comportamiento del flujo de material y se validaron los resultados mediante pruebas en planta piloto. Se comprobó que el rediseño basado en DEM redujo significativamente el desgaste de las superficies, minimizó los atascos y mejoró la eficiencia del flujo de descarga, optimizando la vida útil de los equipos y la continuidad operativa.

(Yuanlin, Guangsheng, Qinqing, & Xueyi, 2022) en su artículo titulado: “A sustainable process for tungsten extraction from wolframite concentrate” investigaron un proceso sostenible para la extracción de tungsteno a partir de concentrados de wolframita, con el objetivo de mejorar la eficiencia metalúrgica y reducir el uso de reactivos altamente contaminantes. Para ello, desarrollaron un procedimiento basado en digestión con ácido clorhídrico a presión atmosférica, seguido de disolución selectiva del tungsteno en una solución de amoníaco, evaluando experimentalmente el efecto del tamaño de partícula, la temperatura, la velocidad de agitación, la relación líquido-sólido y el tiempo de reacción. Los autores realizaron pruebas de digestión controlada, análisis de superficie, modelamiento químico y procesos de recuperación del licor madre, demostrando que la combinación de molienda fina ( $\approx 20 \mu\text{m}$ ),  $90^\circ\text{C}$  de temperatura y 250

r/min permitió alcanzar 99,3 % de digestión y más de 99,5 % de disolución del tungsteno, validando que el rediseño del proceso y la optimización de condiciones operativas incrementan la eficiencia global y hacen más sostenible el procesamiento de minerales de tungsteno.

(Faraz, Hossna, & Rezgar, 2014) En el artículo científico titulado “Improved recovery of a low-grade refractory gold ore using flotation–preoxidation–cyanidation methods” publicado en “International Journal of Mining Science and Technology”, analizaron un circuito de flotación combinado con preoxidación y cianuración para el tratamiento de un mineral de oro refractario de baja ley, demostrando que la incorporación de tecnologías y esquemas de proceso más avanzados mejora de forma significativa la recuperación global de minerales valiosos y la eficiencia del proceso de concentración.

En un artículo científico (Caibin, Junquan, Ningning, & Huiming, 2025) analizaron una planta de procesamiento de tungsteno donde se reemplaza el esquema convencional de molienda por un circuito optimizado que combina High-Pressure Grinding Rolls (HPGR) y un diseño de molienda en una sola etapa. El trabajo muestra que el rediseño del circuito de conminución permite reducir el consumo específico de energía y, al mismo tiempo, mejorar el rendimiento del proceso de molienda, validando que la optimización de equipos y configuraciones de circuito es clave para una operación más eficiente y sostenible en plantas de procesamiento de minerales.

(Son, Trinh, Kim, & Dugarjav, 2023) se desarrolló un modelo para estimar el consumo de energía en el proceso de concentración de mineral de tungsteno en Mongolia, considerando diferentes equipos (chancadora de mandíbula, chancadora de cono, molino de bolas, celdas de flotación, mesas gravimétricas) y variaciones en dureza del mineral y tamaño de partícula. Concluyen que la etapa de conminución concentra la mayor parte del consumo energético de la



planta y que el análisis detallado por equipo permite identificar oportunidades de optimización del diseño y operación para integrar fuentes de energía más eficientes y reducir el impacto ambiental.

## **B. Nacionales**

Según (Gonzales Checa & Portocarrero Castro, 2021) en la tesis titulada “Diseño e implementación de mejoras para incremento de capacidad de chancado primario en una planta concentradora de cobre en el Sur del Perú”, investigó la posibilidad de aumentar la capacidad del circuito de chancado primario. Realizó un diagnóstico de los cuellos de botella operativos y rediseñó parámetros de los equipos principales, acompañados de modificaciones en la configuración del sistema de control y operación. Determinó que las mejoras implementadas permitieron un aumento comprobable en la capacidad de tratamiento del circuito primario, contribuyendo a la optimización global de la planta concentradora.

Según Medina Vargas, 2018 , en su tesis titulada “Evaluación para la recuperación de concentrado de cobre a partir del concentrado Bulk plomo- cobre en Planta Concentradora Ana María, Brexia Gold Plata Perú S.A.C.” investigó la optimización de los parámetros operativos en los sistemas de una planta concentradora con el propósito de incrementar los índices de producción. Realizó pruebas experimentales y ajustes en variables de operación para evaluar su efecto sobre la recuperación del cobre. Determinó que la optimización de dichos parámetros permitió mejorar significativamente la eficiencia productiva y la recuperación de minerales, demostrando que el ajuste de procesos es clave para elevar el rendimiento global.

Según (Yantas Ortega, 2019) en su tesis titulada “Técnicas de simulación para optimizar la toma de decisiones de compra de piezas de desgaste en la planta concentradora de la gran minería peruana” investigó la aplicación de herramientas de simulación en la gestión de compras de

repuestos críticos en plantas concentradoras. Desarrolló modelos de simulación que representaron los escenarios de desgaste, consumo y reposición de piezas, con el fin de asistir al personal responsable de las adquisiciones. Concluyó que el uso de estas técnicas optimizó la toma de decisiones, evitó paradas no programadas y mejoró la continuidad operacional de la planta minera.

(Castillo Maquera, 2015) , En la tesis titulada “Proyecto de factibilidad para incrementar la producción de 600 a 1000 tm mensuales en u.e.a. nueva bonanza de sociedad minera de r.l. don rafo 2” investigó la factibilidad técnica y económica de aumentar la capacidad productiva de la mina Arcata. Desarrolló un análisis de reservas y rediseñó el proceso de molienda mediante la incorporación de maquinaria moderna adecuada a la nueva demanda. Evidenció que una estimación precisa de las reservas y la implementación de nuevos equipos permitieron duplicar la capacidad de producción de manera planificada y rentable.

(Ríos, 2024). En el artículo científico titulado “Evaluación para incrementar la recuperación y calidad de concentrado de zinc en la flotación polimetálica en el distrito de Yarusyacán, Cerro de Pasco”, publicado en Industrial Data (UNMSM), investigó la mejora de la recuperación y la ley del concentrado de zinc en una planta concentradora peruana. Aplicó pruebas metalúrgicas para identificar el reactivo óptimo y su dosificación en el proceso de flotación. Concluyó que la optimización del esquema de reactivos permitió elevar significativamente la recuperación y calidad del concentrado, respaldando la validez estadística de los resultados obtenidos.

(Inga Paucar, Aramburú Rojas, & Tiburcio Alva, 2020). En el artículo científico titulado “Optimización en la recuperación de zinc de minerales polimetálicos mediante el proceso de flotación en la empresa Mines and Metals Trading Perú – Huancavelica”, publicado en Industrial Data, investigaron la optimización de la segunda etapa de flotación de zinc en una planta peruana.

Ejecutaron un programa de pruebas experimentales y de muestreo, ajustando parámetros operativos y el régimen de reactivos. Determinaron que los cambios aplicados mejoraron de forma sostenible la recuperación de zinc y respaldaron decisiones de operación más eficientes.

(Berger Vidal, Núñez Ramírez, & Yarín Achachagua) en su artículo titulado: “Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad” investigaron la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora de minerales, con el objetivo de describir las configuraciones de los subprocesos de molienda, calcular la confiabilidad del sistema con base en la criticidad de los equipos y generar información para el mantenimiento y la gestión de activos. Describieron el proceso industrial de molienda y aplicaron herramientas de análisis de criticidad, indicadores de mantenimiento y posteriormente Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) a los equipos principales, empleando datos de operación y fallas reales de la planta para simular diferentes escenarios y estimar la confiabilidad de cada equipo. Encontraron que los motores del sistema de molienda resultaron ser los equipos más críticos y demostraron que el uso de criticidad + AMEF permitía priorizar intervenciones de mantenimiento, establecer esquemas de monitoreo permanente y generar una herramienta práctica para los operarios; como resultado, el estudio aportó una metodología para mejorar la confiabilidad y disponibilidad del sistema de molienda, lo que se tradujo en una base conceptual útil para proyectos de rediseño y modelamiento de equipos electromecánicos en plantas concentradoras.

(Castillo Ungaro & Pulido Capurro, 2024). En el artículo científico titulado “Remoción de los contenidos metálicos procedentes de las aguas del depósito de relaves de la Planta Concentradora Mahr Túnel – Yauli, Junín, Perú”, publicado en la Revista de Investigaciones Altoandinas, investigaron la remoción de metales pesados presentes en los efluentes del depósito de relaves de una planta concentradora. Aplicaron un tratamiento basado en hipoclorito de calcio

( $\approx 65,3$  ppm) y soda cáustica ( $\text{pH} \approx 8,6$ ), descartando el uso de cloruro férrico por aumentar el contenido de Fe. Concluyeron que el método propuesto permitió cumplir los Límites Máximos Permisibles (LMP) del MINAM para Cu, Pb, Zn, Fe, As y Cd, contribuyendo al control ambiental de las operaciones minero-metalúrgicas.

## **1.2. Fundamentación y planeamiento de problema**

La planta concentradora de tungsteno en Áncash presenta bajos niveles de producción debido a deficiencias en la organización y disposición de sus equipos electromecánicos, así como a la antigüedad de los mismos, lo cual afecta directamente la eficiencia del proceso y la recuperación del mineral. Esta situación ha generado una liberación incontrolada de material, provocando pérdidas significativas de tungsteno en las etapas de chancado, transporte y clasificación.

(Monago Cajahuamán, 2021), que analiza la contaminación generada en planta concentradora y cómo se implementan mejoras (colectores, gestión ambiental) para reducir impactos del proceso, incluyendo manejo de material.

(García Asmad, 2021) afirman que la antigüedad de los equipos en plantas concentradoras genera un aumento en los tiempos de parada no programada, disminuyendo la eficiencia global del sistema.

Según (Chávez Chávez & Pérez Hidalgo, 2020) determinan que el uso de tecnologías modernas en el diseño y modelado de equipos permite mejorar significativamente los niveles de producción, reducir el consumo energético y garantizar una operación más segura para el personal.

(Vílchez Palomares & Medina Ureta, 2010)destacan que el rediseño de equipos electromecánicos en plantas de concentración puede aumentar la recuperación del mineral hasta en un 20%, si se implementan estrategias basadas en simulación y modelamiento CAD-CAE.

(Mamani Laricano, 2018)indica que la mejora continua en plantas de procesamiento no solo contribuye a la productividad, sino que también promueve el desarrollo de capacidades técnicas y tecnológicas en la industria minera peruana, fomentando la innovación local y la formación de profesionales especializados

(Weir Group, 2021) revela que pequeñas mejoras en los circuitos de conminución pueden generar ahorros energéticos de entre el 10 % y 15 % y reducir significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, Destaca el uso de técnicas como simulaciones de molienda para optimizar tamaño de molienda, carga de bolas, recirculación y el control avanzado de procesos, lo que se traduce en una operación más eficiente energéticamente y con menor impacto ambiental.

Es así que esta investigación adquiere un enfoque integral, al proponer el rediseño y modelamiento de equipos en diferentes etapas del proceso (molienda, separación, transporte), buscando optimizar el rendimiento operativo, reducir las pérdidas de tungsteno, y contribuir con el desarrollo de soluciones aplicables tanto a nivel nacional como internacional.

### **1.3. Limitaciones**

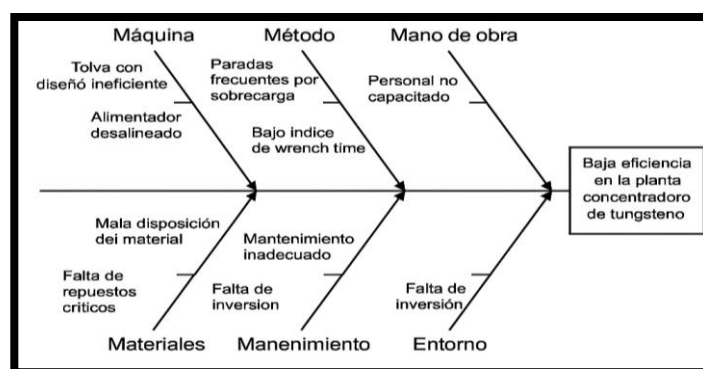
Esta investigación concerniente al sector minero, cuenta con diversas limitaciones de los que tenemos.

- La gran variedad de elementos y la complejidad que implica el realizar en su totalidad el estudio de los equipos electromecánicos de la planta concentradora de tungsteno,

esta investigación se centrara en el chancado primario y secundario, es por ello que nuestro estudio abarcara solo proceso principal.

- **Técnicos capacitados:** Para el rediseño de esta planta, se cambiarán algunos componentes electromecánicos por otros más modernos para lo cual será necesario contar con personal calificado que pueda adaptarse a las nuevas tecnologías implementas.
- **El cálculo estructural** donde se soportan los equipos no se realizó por lo que se requiere de memorias descriptivas de cada zona.
- **Cimentación de chancadora cónica:** No fue posible realizar un estudio de cimentación para la chancadora cónica. Esto se debe a que dicho análisis requiere una caracterización avanzada del suelo y del macizo rocoso, incluyendo parámetros geotécnicos específicos lo cual excede el alcance electromecánico del presente estudio.

**Figura 1**  
*Diagrama de Ishikawa*



Nota. Fuente: Elaboración propia (2024)

**Tabla 1**  
**Matriz de Correlación**

	CAUSAS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	PUNTAJE	% PONDERADO
<b>F1</b>	Mala disposición del material		0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	4.3%
<b>F2</b>	Tolva con diseño ineficiente	0		1	0	0	0	0	1	0	1	3	6.5%
<b>F3</b>	Alimentador desalineado	1	1		1	1	0	1	0	1	1	7	15.2%
<b>F4</b>	Fajas con fallas recurrentes	0	0	1		1	1	1	1	1	1	7	15.2%
<b>F5</b>	Paradas frecuentes por sobrecarga	0	0	1	1		0	0	1	1	1	5	10.9%
<b>F6</b>	Mantenimiento inadecuado	0	0	0	1	0		0	1	0	0	2	4.3%
<b>F7</b>	Personal no capacitado	1	0	1	1	0	0		0	0	0	3	6.5%
<b>F8</b>	Falta de repuestos críticos	0	1	0	1	1	1	0		1	1	6	13.0%
<b>F9</b>	Bajo índice de wrench time	0	0	1	1	1	0	0	1		1	5	10.9%
<b>F10</b>	Falta de inversión	0	1	1	1	1	0	0	1	1		6	13.0%

Nota. Fuente: Elaboración propia (2024)

**Leyenda:**

- **F#:** Representa una causa potencial o factor que contribuye a un problema principal tal como baja productividad, deficiencias en la planta o fallas operativas.
- **P#:** Representan los principales problemas identificados en el proceso.
- **1:** Existe correlación
- **0:** No existe correlación

La tabla muestra la interrelación entre distintas causas que afectan el rendimiento de la planta concentradora de tungsteno. Se observa que las causas con mayor correlación son “F3: Alimentador desalineado” y “F4: Fajas con fallas recurrentes”, ambas con un puntaje del 15.2%. Estas causas deben ser priorizadas en la implementación de mejoras, ya que están vinculadas con varias otras fuentes de ineficiencia.

#### **1.4. Formulación de problema**

¿Es factible realizar el rediseño y modelamiento de equipos electromecánicos para aumentar la producción de la planta concentradora de tungsteno en Áncash?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Rediseñar y modelar equipos electromecánicos para aumentar la producción de la planta concentradora de tungsteno en Áncash.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Analizar las condiciones operativas actuales del sistema de chancado de la planta concentradora de tungsteno, identificando las limitaciones mecánicas y energéticas que afectan la producción de concentrado de  $WO_3$ .
- b) Rediseñar los equipos electromecánicos críticos del circuito de chancado, optimizando su geometría y capacidad volumétrica para aumentar el flujo de mineral procesado.
- c) Modelar tridimensionalmente los equipos rediseñados mediante el software SolidWorks.



- d) Determinar el incremento de producción y eficiencia energética obtenido con el nuevo diseño, calculando los parámetros de capacidad (TPH), potencia instalada y consumo específico de energía.
- e) Evaluar la rentabilidad técnica y económica del rediseño mediante indicadores financieros (VAN, TIR y relación Beneficio/Costo), demostrando la viabilidad del incremento del 8 % en la producción de  $WO_3$ .
- f) Proponer medidas de control y mitigación ambiental derivadas del rediseño, enfocadas en la reducción de emisiones de material particulado, ruido y consumo energético.

## **1.6. Hipótesis**

El rediseño y modelamiento de los equipos electromecánicos del sistema de chancado (tolva de gruesos, alimentador Apron feeder y chancadoras primaria y secundaria) en la planta concentradora de tungsteno en Áncash, incrementará en un 8 % la producción de concentrado de  $WO_3$ , al optimizar la eficiencia mecánica del proceso y disminuir el consumo energético y la generación de emisiones particuladas.

## **1.7. Justificación**

### **1.7.1. Justificación Social**

Con la presente investigación se podrá fomentar puestos de empleo a la población local y a su vez disminuir los altos índices de liberación de tungsteno y otros metales a la relavera y por ende al ambiente, beneficiando en su mayoría al cuidado del medio ambiente, además nuestra vertiente el río Plata ya no se verá afectado, por lo que volveríamos a contar con apariciones de truchas en este río.

### **1.7.2. Justificación económica**

El presente proyecto permitirá tener una nueva alternativa rentable en el proceso de chancado tanto para la minería industrial como para la minería artesanal, quienes actualmente envían su materia prima hasta la ciudad de Trujillo para ser tratada trayendo un gran costo adicional que se ve reflejado en gastos de transporte y tercerización de empresas para su procesado final; además que se reduciría los tiempos de parada de la planta gracias a la mayor eficiencia de los nuevos equipos electromecánicos.

### **1.7.3. Justificación tecnológica**

El proyecto se justifica tecnológicamente porque integra herramientas modernas de ingeniería, optimiza la capacidad y seguridad de los equipos electromecánicos, aumenta la productividad del circuito de chancado y reduce el consumo energético, todo ello mediante rediseños basados en modelamiento 3D y criterios de eficiencia actuales.

Su implementación permitirá modernizar un sistema que opera bajo condiciones tradicionales, posicionando a la planta en un nivel competitivo y tecnológicamente actualizado.

### **1.7.4. Justificación institucional**

La importancia de conocer e investigar acerca del plan de rediseño de una planta concentradora radica en la búsqueda de promover el estudio complementario del sector minero y conocer más a cabalidad los equipos mecánicos y electromecánicos que se encuentran dentro de esta industria, así poder ampliar el conocimiento de aquel estudiante u otra persona con el interés de aprender más de esta industria.

El rediseño de la planta concentradora va a contribuir directamente a la optimización del proceso de producción, junto con ello la implementación de información relevante ya que promoverá los estudios complementarios de equipos electromecánicos de plantas concentradoras, junto con ello contribuir a la minimización del impacto ambiental gracias a la mejora en la gestión de material procesado.

#### **1.7.5. Justificación ambiental**

Ante los impactos ambientales generados históricamente por la minería en Pampas, se propone el rediseño de la planta concentradora incorporando equipos modernos y eficientes, con el objetivo de procesar todo el mineral extraído y minimizar la generación de residuos contaminantes.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.Marco conceptual**

##### **2.1.1. Planta concentradora (PC)**

El proceso operativo de la planta se sustenta en un conjunto de equipos electromecánicos que trabajan de manera coordinada. El mineral con contenido de  $\text{WO}_3$  (Trióxido de Wolframio) es extraído en la zona minera y trasladado hasta la planta mediante carros mineros de 1.7 toneladas cada uno y camiones provenientes de diversos niveles de explotación. Este material, con una ley promedio de cabeza entre 0.60 % y 0.62 % de  $\text{WO}_3$ , se almacena en la tolva de gruesos de la planta, cuya capacidad es de 500 toneladas métricas húmedas (TMH).

Desde la tolva de gruesos, el mineral es alimentado hacia un alimentador tipo Apron Feeder que cuenta con control de velocidad para regular el flujo hacia la etapa de chancado. Antes de ingresar a la chancadora, el material pasa por una rejilla fija tipo grizzly con abertura de 2 pulgadas, la cual permite el paso del mineral fino directamente, mientras que el material de mayor tamaño es procesado en una chancadora de quijadas de 20" x 36", que reduce el tamaño de partícula de hasta 10" a aproximadamente 2".

Posteriormente, el material chancado es conducido por la faja transportadora N.º 1 hacia una zaranda vibratoria de 5 pies por 10 pies, con una malla de abertura de ½ pulgada. El material clasificado como sobre tamaño (mayor a ½") es derivado a una chancadora secundaria Symons de 3 pies de cabeza corta. El producto de esta chancadora se combina con el material clasificado como menor a ½" y es conducido por las fajas N.º 2 y N.º 3 hacia la tolva de finos, con una capacidad de almacenamiento de 300 toneladas.

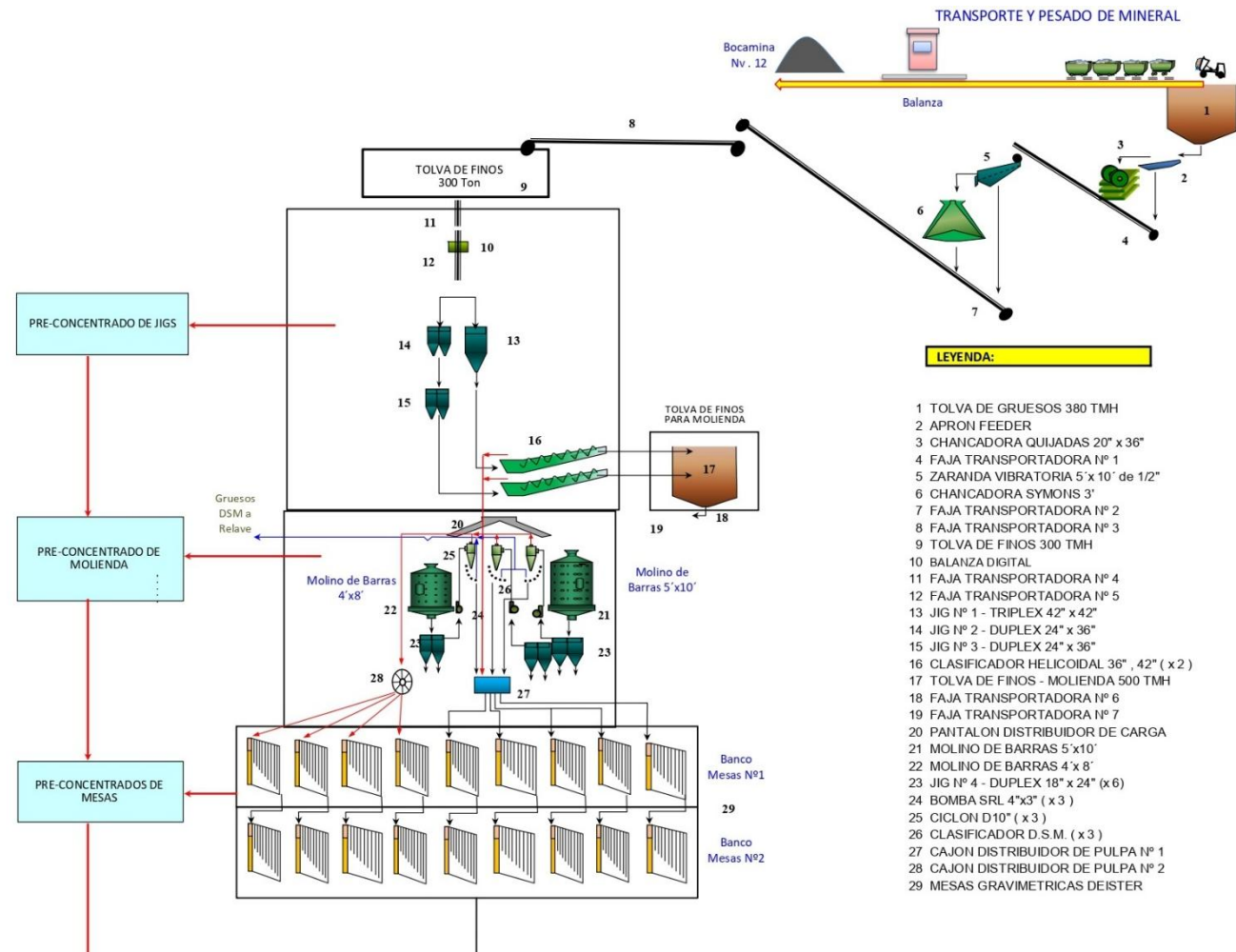
Desde esta tolva, el material alimenta la faja N.º 4 y luego la faja N.º 5, las cuales distribuyen el flujo hacia un Jigs Triplex de 42" x 42" y a dos Jigs Dúplex de 18" x 24", dispuestos en serie. El concentrado obtenido de estas unidades es trasladado al área de secado, para luego ser embolsado en sacos de 70 kilogramos. En cuanto a los relaves, estos son dirigidos hacia un clasificador helicoidal de 48", el cual transfiere la carga a una tolva previa a la molienda; su producto también se conduce al área de secado.

El mineral destinado a molienda es descargado por medio de un alimentador vibratorio Eriez a la faja N.º 6, que a su vez transfiere el material a la faja N.º 7. Esta última descarga hacia dos molinos de barras: uno de 5' x 10' y otro de 4' x 8'. El producto molido presenta una granulometría con un 80 % pasante por malla -20.

Este material se dirige a dos sistemas de concentración gravimétrica mediante Jigs dispuestos en paralelo. El molino de 5' x 10' alimenta a los Jigs N.º 4, N.º 5 (de 18" x 24") y N.º 6, N.º 7 (de 12" x 18"); mientras que el molino de 4' x 8' alimenta a los Jigs N.º 8 y N.º 9, de 18" x 24" y 18" x 22", respectivamente. Los productos finos provenientes de estos equipos son recolectados por las bombas N.º 1, N.º 2 y N.º 3, que alimentan tres ciclones.

El flujo inferior (underflow) de los ciclones es dirigido hacia clasificadores tipo DSM, cuyos productos finos alimentan un cajón distribuidor conectado a mesas gravimétricas. El flujo superior (overflow) de los ciclones también se deriva hacia estas mesas, distribuidas en dos bancos. El primer banco consta de nueve mesas vibratorias, donde se obtienen dos productos: concentrado de  $WO_3$ , enviado al área de secado, y relaves, los cuales son evacuados mediante una canaleta hacia una bomba de 10" x 8". Estos residuos son transportados por tuberías de HDPE de 8 pulgadas hacia la cancha de relaves.:

**Figura 2**  
Distribución de equipos electromecánicos.



**Nota:** Diagrama de distribución de planta

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.1.2. Tolva de gruesos

Cuando hablamos de las tolvas de gruesos, nos referimos a estructuras destinadas al almacenamiento temporal del mineral recién extraído de la mina, que posteriormente será alimentado a los equipos de trituración. De acuerdo con Yessenia (2016), estas tolvas presentan una forma de paralelepípedo y cuentan con un fondo inclinado para facilitar el flujo del material hacia la descarga. Además, suelen estar provistas de rejillas o parrillas que impiden el paso de fragmentos de gran tamaño, evitando así bloqueos en el sistema de alimentación.

**Figura 3**  
*Tolva de gruesos*



**Nota:** Tolva de 500 TMH de capacidad.

### 2.1.3. Apron Feeder

Este equipo está diseñado específicamente para el transporte o extracción de productos que presentan características especiales, como alta temperatura, abrasión, alto caudal o esfuerzos cortantes elevados durante el proceso de alimentación del producto.

Su diseño robusto lo hace adecuado para soportar las condiciones más difíciles que se encuentran en industrias como la del cemento, acero, minería, entre otras. El chasis está completamente fabricado en acero al carbono para garantizar su resistencia y durabilidad.

De acuerdo con Ingeniería QR (2017), el Apron Feeder, también conocido como alimentador de placas, es un sistema de transporte con funcionamiento similar al de una banda transportadora, aunque está diseñado principalmente para operar en trayectos cortos. Este tipo de equipo permite regular la cantidad de material que se introduce en un proceso, mediante el ajuste de la velocidad de su eje motriz.

**Figura 4**  
*Apron Feeder*



**Nota:** Apron feeder 30”

#### **2.1.4. Chancadora quijada**

De acuerdo con FUNVESA (2020), la chancadora de quijadas, también denominada trituradora o quebrantadora de mandíbulas, consiste en dos placas dispuestas en forma de “V”;



una permanece fija, mientras que la otra realiza un movimiento oscilatorio impulsado por un eje excéntrico y placas de articulación.

Este movimiento alterno de la mandíbula móvil permite que los fragmentos de roca desciendan progresivamente hacia la zona más angosta de la cámara, donde son nuevamente comprimidos. A medida que el ciclo de oscilación continúa, los materiales fragmentados se desplazan hacia la parte inferior, por donde finalmente salen. Esta acción cíclica genera tanto la reducción del tamaño del material como su avance continuo dentro del equipo.

**Figura 5**  
*Chancadora de quijada*



**Nota:** Chancadora de quijada 20"x36"

#### **2.1.5. Faja transportadora**

Las fajas transportadoras, también conocidas como cintas o bandas, son elementos fundamentales y versátiles en múltiples sectores industriales, tales como minería, agricultura, construcción, logística e incluso en la industria pesquera. Su principal propósito es movilizar

eficientemente grandes volúmenes de materiales a granel o productos empaquetados a lo largo del proceso productivo.

De acuerdo con PROINAM SAC (2020), el funcionamiento de estas bandas es común entre sus diferentes aplicaciones, aunque su diseño y sistema de control pueden variar según el uso. El sistema opera mediante una banda cerrada en forma de bucle continuo, la cual se mueve gracias al efecto de fricción generado por un tambor motriz (también denominado polea de cabeza). Este ciclo se completa con el retorno de la banda mediante una polea de cola, ubicada en el extremo opuesto, que gira libremente.

**Figura 6**  
*Faja transportadora*



**Nota:** Faja transportadora 24" x 35.5m

#### **2.1.6. Zaranda vibratoria**

Las zarandas vibratorias, comúnmente llamadas cibras o harneros, son dispositivos empleados para la clasificación de materiales sólidos según su tamaño de partícula, así como para separar sólidos de líquidos.

Estas cribas pueden ser construidas en versiones abiertas o cerradas. Además, se puede incorporar un sistema de autolimpieza para operaciones con polvos finos que tienden a obstruir la malla, permitiendo así maximizar su eficiencia y evitar interrupciones durante la producción.

Según Cromang Ingeniería (2017), la zaranda vibratoria es un equipo utilizado principalmente para separar y clasificar materiales una vez que han sido triturados. Es de uso frecuente en la industria minera, ya que permite realizar procesos de cribado en los que se distribuye el material según su tamaño, facilitando su tratamiento posterior.

**Figura 7**  
*Zaranda vibratoria*



**Nota:** Zaranda vibratoria 5” x 10”

### **2.1.7. Chancadora Symons**

La chancadora Symons, también conocida como trituradora de cono, es ampliamente utilizada en los sectores minero y de construcción para la reducción de tamaño de materiales sólidos mediante un proceso de trituración por compresión.

Según Shibang China (2023), este equipo tritura el material al ejercer presión entre un revestimiento fijo (manto) y uno móvil (cóncavo). El mineral se introduce por la parte superior de la máquina y, conforme va descendiendo, se va reduciendo su tamaño entre las superficies cónicas de trituración. Además, el tamaño del producto final puede regularse mediante el ajuste de la abertura de descarga, lo que permite obtener una granulometría específica según el requerimiento del proceso.

**Figura 8**  
*Chancadora cónica*



**Nota:** Chancadora cónica 3”

#### **2.1.8. Tolva de finos**

Las tolvas de finos cumplen la función de almacenar el mineral previamente chancado y con granulometría reducida, para luego ser transferido a etapas posteriores del proceso, como la molienda. De acuerdo con Yessenia (2016), estas estructuras suelen presentar geometría cilíndrica o rectangular, y un fondo en forma de cono que facilita la descarga del material. La densidad aparente de los finos puede variar considerablemente según su origen,

oscilando generalmente entre  $2.7 \text{ kg/m}^3$  y  $0.8 \text{ kg/m}^3$ , dependiendo del tipo y procedencia del mineral.

**Figura 9**  
*Tolva de finos*



**Nota:** Tolva de finos.300 TMH de capacidad

### 2.1.9. Válvula Guillotina

Las válvulas de guillotina se emplean primordialmente para el aislamiento en sistemas que contienen una elevada proporción de sólidos en suspensión. Resultan particularmente ventajosas para el manejo de lodos y de medios viscosos, corrosivos o abrasivos. Presentan una caída de presión mínima en su estado de apertura total, son de fácil accionamiento, poseen un peso moderado y son económicamente viables.

Esta puede ser aplicada en distintos sectores tales como:

- Minero
- Tratamiento de agua

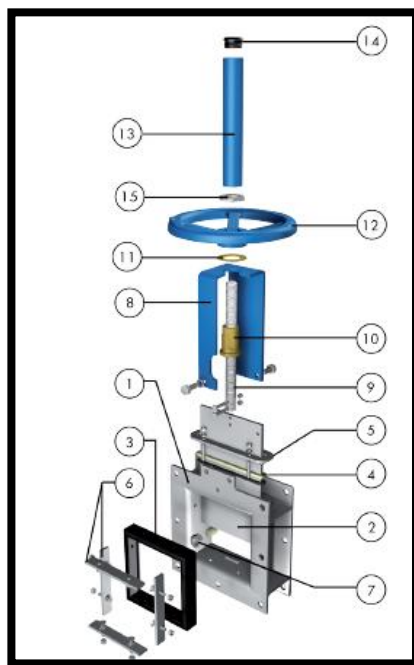
- Químico
- Energético
- Etc.

**Tabla 2**  
*Componentes válvula guillotina*

Nº	Componentes	Materiales
1	Cuerpo	Acero al carbono / AISI 316
2	Tajadera	AISI 304 / AISI 316
3	Asiento	Metal/Metal o EPDM
4	Empaquetadura	ST
5	Prensaestopas	Acero al carbono / AISI 316
6	Soporte-Junta	Acero al carbono / AISI 316
7	Soporte-Guía	Acero al carbono ó AISI 316 + Nylon ó Teflón
8	Husillo	Acero inoxidable
9	Tuerca Husillo	Latón
10	Volante	EN-GJS400
11	Tapón Superior	Plástico
12	Tuerca de sujeción	Acero al carbono galvanizado

**Nota.** Datos extraídos de (ORBINOX, 2024)

**Figura 10**  
*Valvula guillotina de base cuadrada*



**Nota.** *Imagen extraída de (ORBINOX, 2024)*

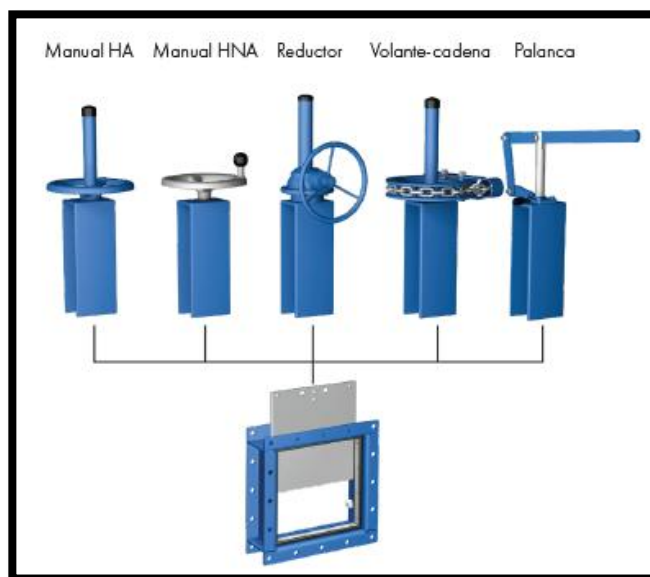
#### 2.1.9.1. Característica de diseño

- a) **Cuerpo:** Estas válvulas aseguran un cierre eficaz gracias a sus cuñas y deslizaderas internas. Con un paso cuadrado o rectangular, ofrecen una gran capacidad de caudal y una baja pérdida de carga. Su configuración interna está pensada para prevenir la acumulación de sólidos, lo que evita problemas al momento de cerrar la válvula.
- b) **Tajadera:** Fabricada en acero inoxidable de serie, esta pieza está pulida por ambos lados para evitar atascos y daños en el asiento.
- c) **Empaquetadura:** Conformada por múltiples líneas de fibra trenzada de alta durabilidad y un hilo tórico para la versión sellada, este componente incorpora una prensa estopa que se ajusta y accede con facilidad, garantizando su hermeticidad.

- d) Husillo:** El uso de acero inoxidable garantiza que la válvula sea altamente resistente a la corrosión y tenga una vida útil prolongada. Para las versiones con husillo ascendente, la caperuza de protección cumple una doble función: incrementar la seguridad de la válvula y proteger el husillo de la acumulación de suciedad.
- e) Soporte de accionamiento o puente:** Este componente, hecho de acero estándar (o inoxidable bajo pedido) y con un revestimiento de Epoxy, posee un diseño tan robusto que le confiere una rigidez excepcional, ideal para operar en los entornos más adversos.
- f) Recubrimiento Epoxy:** Mediante un proceso electrostático, las piezas de hierro fundido y acero al carbono reciben un revestimiento de Epoxy azul (RAL-5015, el color estándar de ORBINOX). Esto confiere a las válvulas una gran durabilidad contra la corrosión y un acabado de superficie de alta calidad.
- g) Protecciones de seguridad para la tajadera:** Las válvulas automáticas de ORBINOX incorporan barreras metálicas en el trayecto de su compuerta, en conformidad con la normativa de seguridad europea (marcado “CE”). Esta característica previene eficazmente que personas u objetos sean atrapados o arrastrados por accidente.
- h) Accionamiento:** Existen diferentes tipos de accionamiento tales como:
- Manual
  - Volante-cadena
  - Palanca
  - Neumático
  - Hidráulico
  - Eléctrico

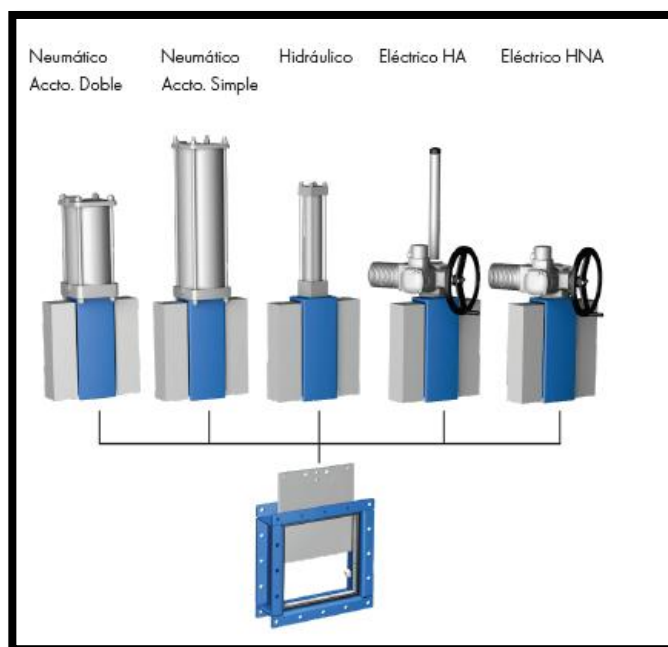


**Figura 11**  
Tipos de accionamiento manual



**Nota.** Imagen extraída de (ORBINOX, 2024)

**Figura 12**  
Tipos de accionamiento asistido



**Nota.** Imagen extraída de (ORBINOX, 2024)

## 2.2.Propiedades del Tungsteno

<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Carga de rotura a 20 °C</b>	Kg/mm <sup>2</sup>	40-400
<b>Módulo de elasticidad (monocristal)</b>	Kg/mm <sup>2</sup>	34.000-38.000
<b>Dureza Brinell</b>	Kg/mm <sup>2</sup>	300-400
<b>Dureza Vickers</b>	V p n	390
<b>Alargamiento</b>	%	1-3
<b>Punto de fusión</b>	°C	3.380
<b>Punto de ebullición</b>	°C	6.700
<b>Calor específico (20- 100°C)</b>	cal/g°C	0.034
<b>Conductividad calorífica</b>	cal/cm°C·seg	0.31
<b>Presión de vapor a 2.100°C</b>	Torr	$8.0 \times 10^{-3}$
<b>Resistencia específica</b>	$\mu\Omega \cdot \text{cm}$	5.5
<b>Conductividad eléctrica</b>	mohms·m/mm <sup>2</sup>	18.2
<b>Coefficiente de temperatura de la resistividad</b>	$\Omega/\Omega \text{ } ^\circ\text{C}$	$4.8 \times 10$
<b>Voltaje de ionización</b>	Volts	8.1
<b>Función de trabajo</b>	Volts	4.54

### 2.3.Ecuación de equipos electromecánicos de planta concentradora.

Para planificar una planta concentradora de tungsteno, hay que tener en cuenta diferentes equipos electromecánicos y ciertas condiciones para conseguir un producto adecuado para su respectiva exportación.

#### 2.3.1. Tolva

##### 2.3.1.1.Capacidad de la tolva (V):

Según (Guerra, 2017) La capacidad de la tolva se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 + A_2}) + A_1 H \quad (1)$$

Donde:

$V$  = capacidad de la tolva, [m<sup>3</sup>]

$A_1$  = área de la base mayor de la tolva, [m<sup>2</sup>]

$A_2$  = área de la base menor de la tolva, [m<sup>2</sup>]

$H$  = altura de la tolva, [m]

$h$  = longitud de la tolva, [m]

##### 2.3.1.2.Longitud de la Tolva (h):

La longitud de la tolva se puede calcular teniendo en cuenta la geometría y el ángulo de reposo. No hay una fórmula única para esto, pero puedes considerar dimensiones específicas basadas en la forma de la tolva y las condiciones del material.

### 2.3.2. Apron Feeder

#### 2.3.2.1. Área transversal de carga

$$A = B \times h \times f \quad (2)$$

donde:

- B: ancho del feeder
- h: altura efectiva de material sobre la placa
- f: factor de llenado

#### 2.3.2.2. Capacidad de Carga (Q):

Según (Skocir, 1997) la capacidad de carga del Apron feeder se calcula en función del volumen del material transportado por unidad de tiempo:

$$Q_{vol} = A \times V \quad (3)$$

$$Q_{masa} = Q_{vol} \cdot \rho = A \cdot v \cdot \rho \quad (4)$$

Donde:

$Q_{masa}$  = capacidad de carga, [TPH].

$Q_{vol}$  = Carga volumétrica  $m^3/h$

$\rho$  = densidad del material en toneladas por metro cúbico, [kg/m<sup>3</sup>]

$$Q_{vol} = A \times V \quad (5)$$

$v$  = velocidad de la cinta, [m/s].

### 2.3.2.3. Velocidad de la Cinta (v):

Según (Weiss., 1985) la velocidad de la cinta puede calcularse en función de la capacidad deseada y el área de la sección transversal.

$$v = \frac{Q}{A \cdot \rho} \quad (6)$$

$v$  = velocidad de la cinta [m/s]

$Q$  = capacidad de carga, [TPH].

$\rho$  = densidad del material en toneladas por metro cúbico, [kg/m<sup>3</sup>]

### 2.3.2.4. Velocidad angular del eje

Para calcular la velocidad de giro del eje motriz, necesitamos saber el paso de las zapatas (es decir, la distancia entre eslabones). Usualmente es de:

$$paso\ típico = 300mm = 0.3m$$

$$RPM = \frac{V}{paso} \times 60 \quad (7)$$

Donde

- $V$ : velocidad lineal

### 2.3.3. Chancadora de quijada

#### 2.3.3.1.Capacidad de Chancadora (Q):

La capacidad de producción se refiere a la cantidad de material que la trituradora puede procesar en un periodo de tiempo. Según (Weiss., 1985) la fórmula básica para la capacidad es:

$$Q = 0,6 * L * S * v * \rho \quad (8)$$

Donde:

$Q$  = capacidad de carga, [TPH].

$L$  = longitud de la abertura de alimentación, [cm]

$S$  = tamaño de la abertura de descarga, [m]

$v$  = velocidad de la mandíbula, [ciclos por minuto, CPM]

$\rho$  = es la densidad del material, [toneladas por metro cúbico, TON/m<sup>3</sup>].

$$L_{max} = 0.8xL \quad (9)$$

$$T_{mt} = 1.5xr \quad (10)$$

$L_{max}$  = Tamaño máximo del material que será triturado (pulg)

$T_{mt}$  = Tamaño máximo del material que puede ser procesado (cm)

$r$  = reglaje (cm)

### 2.3.3.2.Ángulo de Trituración ( $\alpha$ ):

El ángulo de trituración, o ángulo de mordida, es crucial para la eficiencia de la chancadora y según (Han., Principles of Mineral Processing, 2003) se puede calcular como:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{S}{L}\right) \quad (11)$$

$S$ = tamaño de la abertura de descarga [m].

$L$ = longitud de la abertura de alimentación [m].

$$L_{mdi} = \sqrt{h^2 + (L - r)^2} \quad (12)$$

$L_{mdi}$  = Largo de la mandíbula móvil (cm)

$h$  = altura de la mandibula movil (cm)

### 2.3.3.3.Potencia del Motor (P):

La potencia necesaria para operar la chancadora se puede calcular usando la ecuación de Bond:

$$P = F * r_2 * \omega_2 \quad (13)$$

Donde:

$P$ = potencia, [kW]

$F$  = Fuerza de trituración (N)

$\omega_2$ = Velocidad angular  $rad/s$

$r_2$ = Ancho de la placa móvil (m)

#### 2.3.3.4. Presión real en la placa dentada ( $P_R$ )

$$P_R = \frac{F_R}{A_N} \quad (14)$$

DATOS:

$P_R$  = Presión real  $N/m^2$

$F_R$  = Fuerza de ruptura (N)

$A_N$  = Área de la roca.  $m^2$

#### 2.3.3.5. Fuerza de Trituración (F)

La fuerza de trituración requerida para romper el material se puede calcular utilizando la ley de Rittinger:

$$F = k \cdot A \quad (15)$$

Donde:

F = Fuerza de trituración [N].

k = Coeficiente de Rittinger, que depende del material.

A = Área superficial de las partículas [ $m^2$ ].

#### 2.3.4. Faja transportadora

##### 2.3.4.1. Capacidad de Transporte (Q):

La capacidad de transporte se calcula considerando el área de la sección transversal de la carga en la banda y la velocidad de la banda:

Sagun (Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), 2020)



$$Q = AxV \rightarrow V = \frac{Q}{A} \quad (16)$$

Donde:

$Q$  = capacidad en toneladas por hora, [TPH]

$A$  = área de la sección transversal de la carga, [metros cuadrados, m<sup>2</sup>].

$v$  = velocidad de la faja en metros por segundo, [m/s]

$\rho$  = densidad del material, [TON/m<sup>3</sup>]

#### 2.3.4.2.Área de la Sección Transversal de la Carga (A):

Según (Mulani., 2002) Para una carga de forma trapezoidal, el área de la sección transversal se puede calcular.

$$A = \frac{B \cdot (h_1 + h_2)}{2} \quad (17)$$

Donde

$B$  = Ancho de la banda [m].

$h_1$  y  $h_2$  = son las alturas de los lados del trapecio [m].

#### 2.3.4.3.Potencia del motor (P)

Según (Mulani., 2002)

$$P = \frac{Q \times \rho \times g \times h}{n} \quad (18)$$

$P$  = potencia del motor, [kW].

$Q$  = capacidad de transporte, [TPH].

$L$  = longitud total de la faja [m].

$\rho$  = Densidad del material  $kg/m^3$

$g$  = aceleración debido a la gravedad [ $9.81 \text{ m/s}^2$ ].

$\eta$  = Rendimiento.

#### 2.3.4.4. Tensión de la Banda (T)

Según (Dunlop, 2009)

$$T = \frac{P \cdot 1000}{v \cdot \eta} \quad (19)$$

$T$  = tensión en la banda [N].

$P$  = potencia del motor [kW].

$v$  = velocidad de la banda [m/s].

$\eta$  = eficiencia del sistema.

#### 2.3.4.5. Diámetro de las Poleas (D):

El diámetro de las poleas debe ser adecuado para soportar la tensión de la banda y asegurar su correcta operación:

Según (Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), 2020)

$$D \geq \frac{T}{2 \cdot \sigma \cdot \pi} \quad (20)$$

$D$  = diámetro de la polea [m].

$T$  = tensión en la banda [N].

$\sigma$  = esfuerzo permisible del material de la polea [N/m<sup>2</sup>].

#### 2.3.4.6. Velocidad de la Banda (v):

Según (Kulwiec., 2009)

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot A \cdot \rho} \quad (21)$$

Donde:

$v$  = velocidad de la banda, [m/s].

$Q$  = capacidad de transporte, [toneladas por hora, TPH].

$A$  = área de la sección transversal de la carga, [m<sup>2</sup>].

$\rho$  = densidad del material, [toneladas por metro cúbico, T/m<sup>3</sup>].

#### 2.3.5. Zaranda vibratoria

##### 2.3.5.1. Área Efectiva de Cribado (A):

El área efectiva de cribado se refiere al área de la malla o tamiz que está realmente involucrada en el proceso de clasificación y se puede calcular con la siguiente fórmula según (Yan., Ashok Gupta y Denis S., 2006):

$$A = L \cdot W \quad (22)$$

Donde:

$A$  = área en metros cuadrados, [m<sup>2</sup>]

$L$  = longitud de la zaranda en metros, [m]

$W$  = ancho de la zaranda en metros. [m]

### 2.3.5.2. Velocidad de Vibración (v):

La velocidad de vibración se refiere a la velocidad lineal de la zaranda y puede calcularse con la fórmula según (Skocir, 1997):

$$v = \frac{2\pi f A}{60} \quad (23)$$

Donde:

$v$  = velocidad en metros por segundo, [m/s]

$f$  = frecuencia de vibración en hertzios. [Hz]

### 2.3.5.3. Fuerza G:

La fuerza G es una medida de la fuerza de la vibración y se puede calcular con la fórmula según (Sullivan., 2013):

$$G = \frac{2\pi^2 f^2 A}{g} \quad (24)$$

Donde:

$G$  = es la fuerza G, [N]

$f$  = es la frecuencia de vibración en hertzios, [Hz].

$A$  = es el área efectiva de cribado en metros cuadrados, [m<sup>2</sup>].

$g$  = es la aceleración debida a la gravedad [9.81 m/s<sup>2</sup>].

### 2.3.5.4. Capacidad teórica zaranda

$$Q = Ax C_b x K x E \quad (25)$$

### 2.3.6. Chancadora Symons

#### 2.3.6.1.Capacidad de la Chancadora (Q):

Según (Metso, 2008)

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot L \cdot n \cdot N}{4 \cdot 60} \quad (26)$$

Donde:

$Q$  = capacidad, [m<sup>3</sup> /h]

$d$  = diámetro del cono, [m]

$L$  = longitud de la cámara de trituración, [m]

$n$  = número de capas de material en la cámara.

$N$  = velocidad del motor en revoluciones por minuto, [rpm]

#### 2.3.6.2.Velocidad de la Chancadora (v):

Según (Yan., Ashok Gupta y Denis S., 2006):

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60} \quad (22)$$

Donde:

$v$  = es la velocidad en metros por segundo,

$d$  = es el diámetro del cono en metros,

$N$  = es la velocidad del motor en revoluciones por minuto.

### 2.3.6.3.Ángulo de la Chancadora ( $\alpha$ ):

Según (TerraSource Global, 2023)

$$\tan(\alpha) = \frac{H}{L} \quad (23)$$

Donde:

$\alpha$  = es el ángulo de la chancadora,

H= es la altura de la cámara de trituración en metros,

L = es la longitud de la cámara de trituración en metros.

### 2.3.6.4.Potencia Requerida (P):

Según (Andrew L. Mular, 2002)

$$P = \frac{Q \cdot E}{\eta} \quad (24)$$

Donde:

P= es la potencia en kilovatios,

Q= es la capacidad en metros cúbicos por hora,

E= es el factor de reducción,

$\eta$ = es la eficiencia mecánica del sistema.

## 2.4.Calculo y expresión de resultados

A partir de los datos obtenidos durante el pesaje de las fracciones retenidas en cada malla y de los resultados de los ensayos químicos realizados en laboratorio sobre las muestras

codificadas, se elabora el cuadro de mallas valoradas. En este cuadro se calculan los porcentajes de material retenido y pasante, así como la distribución del contenido valioso. Estos porcentajes se expresan en relación con la masa seca total del mineral analizado. Además, los valores acumulados que pasan por cada tamiz se presentan de forma numérica y, si se requiere, también mediante gráficos representativos.

**Tabla 3**

*Rango de tamaño de diferentes equipos de separación por gravedad comerciales*

<b>PROCESOS</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>REDUCCIÓN</b>
	<i>TOLVA DE GRUESOS 500TMH</i>	
<b>Chancado primario</b>	<i>APRON FEEDER 30"X 6.5MT</i>	<i>De 9" a 2 ½"</i>
	<i>CHANCADORA DE QUIJADA 20"X32"</i>	
	<i>FAJA TRANSPORTADORA N° 1</i>	
<b>Chancado secundario</b>	<i>ZARANDA VIBRATORIA</i>	<i>De 2 ½" a ½".</i>
	<i>CHANCADORA CONICA SYMONS (Cabeza</i>	
	<i>corta de 3")</i>	

**Nota.** *Elaboración propia*

## **2.5.Balances de masa y metalúrgico del tungsteno**

### **2.5.1. Granulometría**

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Donde:

$R_T$  = Es la retenida por el tamiz (gr)

$M_t$  = Es la masa total de la muestra del ensayo (gr)

Porcentaje en peso parcial =  $\frac{R_T}{M_t} * 100$

Porcentaje retenido en el tamiz =  $\frac{R_T}{M_t} * 100$

Porcentaje que pasa por el tamiz =  $100 - \frac{\sum R_T}{M_t} * 100$

### 2.5.2. Distribución Granulométrica

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.

### 2.5.3. Representación de los Datos de Distribución de Tamaños

Debido a que normalmente es impráctico medir cada partícula en forma individual, el análisis de tamaño se efectúa dividiendo las partículas en un número de intervalos de tamaño adecuadamente estrecho.



#### 2.5.4. Fracciones de tamaños

La selección de los intervalos de tamaños es importante para recabar datos, y una progresión geométrica de los intervalos es mucho más realista que una serie aritmética. Si el intervalo de tamaño es pequeño en comparación con la distribución total de tamaños, puede suponerse que las partículas de cualquier intervalo tienen un tamaño promedio dado por la media aritmética de los dos límites del intervalo. En el caso de la serie geométrica, por tanto, el tamaño promedio de la partícula de cada intervalo guarda siempre una relación constante respecto a la del intervalo adyacente.

La propiedad, o *base* que se utiliza para determinar la cantidad de partículas que hay en cada intervalo de tamaño es también significativa. Las propiedades usadas comúnmente son la masa (o el volumen), el área superficial, la longitud, o el número. Por razones de facilidad de medida, la primera es más práctica para partículas pequeñas.

#### 2.5.5. Representaciones graficas

Gráficamente, los datos se presentan convencionalmente representando en la escala horizontal (eje  $x - x$ ) el tamaño de partícula y en la escala vertical (eje  $y - y$ ) la cantidad o valores medida de la característica. Se emplean dos sistemas para representar la cantidad; en el primero se representa la cantidad que hay en cada fracción de tamaño (cantidad absoluta, fracción o porcentaje), y en el segundo se representa la cantidad acumulativa (fracción o porcentaje) que hay arriba o debajo de un cierto tamaño.

Los métodos que se emplean para trazar graficas adecuadamente, análisis de tamaños en tablas, trazar histogramas de la frecuencia de la característica del porcentaje del material que hay en el intervalo de tamaños. Si los intervalos de los tamaños son suficientemente pequeños, el histograma puede representarse con una curva continua.

Una desventaja importante, es la concentración de la escala de tamaños en el extremo de finos, en la que se utiliza una escala logarítmica que despliega los puntos de los datos uniformemente a lo largo de la dirección x.

### 2.5.6. Balance metalúrgico de dos productos

**Figura 13**  
*Balance metalúrgico*



**Nota.** *Elaboración propia*

Se tiene:

$A$  = Tonelaje del mineral de cabeza.

$C$  = Tonelaje de concentrado.

$R$  = Tonelaje de relave.

$a$  = Ley en la cabeza.

$c$  = Ley en el concentrado.

$r$  = Ley en el relave.

- Aplicando el balance de materia en función al tonelaje:

$$A = C + R \longrightarrow R = A - C$$

- En función al tonelaje el elemento valioso que se desea recuperar:

$$a. A = c. C + r. R$$

$$a. A = c. C + r. (A - C)$$

$$a. A = c. C + r. A - r. C$$

$$(a - r) A = (c - r) C$$

- Cálculo de contenido metálico:

- Contenido metálico en la cabeza =  $(a / 100) \times A$

- Contenido metálico en el concentrado. =  $(c / 100) \times C$

- Contenido metálico en el relave =  $(r / 100) \times R$

- Cálculo de recuperación:

$$Recuperacion = Re. = \frac{\text{contenido metálico del concentrado}}{\text{contenido metálico de la cabeza}} \times 100$$

$$Recuperacion = Re. = \frac{c. C}{a. A} \times 100 \quad (27)$$

## 2.6. Interpolación de datos

Las interpolaciones tienen un fin claro: predecir un valor a partir de una serie de datos. Es supremamente deseable poder automatizar la predicción de valores a partir de una colección de datos que frecuentemente son empíricos. Valga aclarar que otro aspecto más avanzado es predecir curvas a partir de datos.

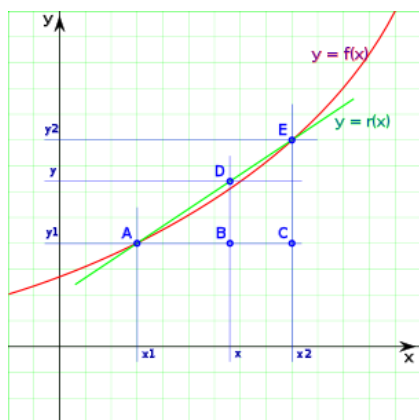
### 2.6.1. Interpolación lineal de una variable independiente

En una tabla se representan algunos valores de la función, pero no todos, en ocasiones nos interesa el valor de la función para un valor de la variable independiente distinto de los que figuran en la tabla, en este caso podemos tomar el más próximo al buscado, o aproximarnos un

poco más por interpolación, la interpolación casi siempre nos dará un pequeño error respecto al valor de la función verdadero, pero siempre será menor que tomar el valor más próximo de los que figuran en la tabla, veamos cómo se calcula al valor de la función para un valor de la variable independiente que se encuentre entre dos valores de la tabla por interpolación lineal.

**Figura 14**

*Interpolación lineal de una variable independiente*



**Fuente:** *Elaboración propia*

Por tabla sabemos que:

$$y_1 = f(x_1) \quad \text{y} \quad y_2 = f(x_2)$$

Queremos, pues, saber:

$$y = f(x)$$

Siendo:

$$x_1 < x < x_2$$

La interpolación lineal consiste en trazar una recta que pasa por  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$ ,  $y = r(x)$  y calcular los valores intermedios según esta recta en lugar de la función  $y = f(x)$

Para ello nos basamos en la semejanza de triángulos  $\widehat{BAD}$  y  $\widehat{CAE}$

Esto es:

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CE}}{\overline{BD}}$$

Despejando tenemos:

$$\overline{BD} = \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} = \overline{CE}$$

O lo que es lo mismo:

$$(y - y_1) = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} (y_2 - y_1)$$

El valor buscado es:

$$(y - y_1) + y_1 = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} (y_2 - y_1) + y_1$$

Esto es:

$$y = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} (y_2 - y_1) + y_1 \quad (28)$$

## 2.7. Análisis vibracional

(Mobley, 2002) Indica que el análisis vibracional constituye una de las principales técnicas de mantenimiento predictivo, ya que permite diagnosticar el estado de la maquinaria antes de que ocurra una falla mayor. En el caso de la chancadora de 20"x36" y la zaranda vibratoria de 5'x10', ambas sometidas a condiciones de operación intensivas que producen esfuerzos dinámicos y sollicitaciones mecánicas continuas.

(Scheffer & Girdhar, 2004). Las vibraciones se describen mediante parámetros como frecuencia (Hz), velocidad (mm/s), aceleración (m/s²) y desplazamiento (µm). Entre las principales causas de vibraciones anormales en maquinaria industrial se encuentran el desbalance de masas, la desalineación de ejes, los defectos en rodamientos y la resonancia estructural.

Las vibraciones mecánicas se definen como el movimiento oscilatorio de un cuerpo respecto a una posición de equilibrio. Dicho movimiento puede caracterizarse a través de parámetros como frecuencia, aceleración, velocidad y desplazamiento, los cuales se utilizan en el diagnóstico de fallas.

- **Frecuencia:** se expresa en Hertz (Hz) e indica el número de ciclos por segundo del movimiento vibratorio.
- **Velocidad:** refleja la energía transmitida por la vibración y se mide en mm/s o in/s.
- **Aceleración:** describe la intensidad del impacto y se mide en g o  $\text{m/s}^2$ .
- **Desplazamiento:** muestra el recorrido máximo de la vibración en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

Las principales causas de vibraciones anormales incluyen: desbalance de masas, desalineación de ejes, rodamientos defectuosos, solturas mecánicas, desgaste en engranajes y resonancias estructurales (Scheffer & Girdhar, 2004).

## 2.8. Normativa ISO 10816-3

(International Organization for Standardization [ISO], 1995) Establece rangos de severidad de vibración en maquinaria rotativa en función de su velocidad, potencia y tamaño. Esta norma clasifica las vibraciones en zonas que van desde “aceptables” hasta “inaceptables”, proporcionando un marco de referencia para la interpretación de resultados.

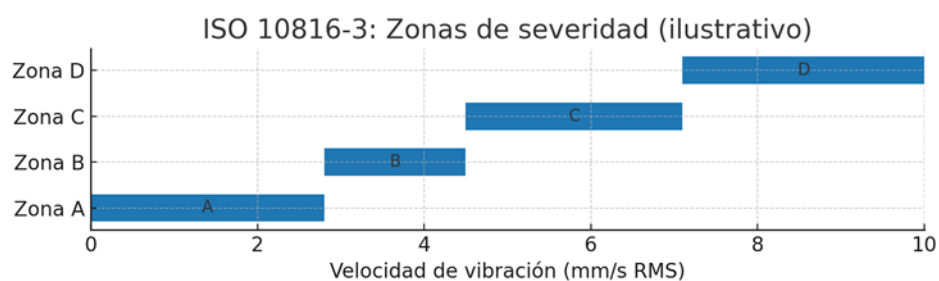
Por ejemplo, para equipos de tamaño medio y alta velocidad, vibraciones mayores a 7.1 mm/s RMS (raíz cuadrática media de la señal de vibración) suelen considerarse críticas, mientras que valores por debajo de 2.8 mm/s RMS son aceptables para operación continua (International Organization for Standardization [ISO], 1995).

**Tabla 4**  
Rangos de severidad de vibración

Zona	Rango (mm/s RMS)	Condición
<b>A</b>	< 2.8	Aceptable
<b>B</b>	2.8 – 4.5	Permisible
<b>C</b>	4.5 – 7.1	Operación limitada / Atención
<b>D</b>	> 7.1	Inaceptable

Fuente: *Normativa ISO 10816-3*

**Gráfico 1**



Fuente: *Normativa ISO 10816-3*

## 2.9. Análisis granulométrico valorado

### 2.9.1. Reservas de mineral por cubicación histórica

De acuerdo a los valores reportados desde el año 2006 hasta el año 2022, se estima que el actual depósito de relaves Huaura contiene 450,000 toneladas con una ley de 0.17% de WO<sub>3</sub>.

**Tabla 5**  
*Relaves WO3*

Año	TRATAMIENTO		Producción Finos		RELAVES	Ley
	TMS	%WO3	TMS	% WO3	TMS	%WO3
2017	8,270.25	1.21	522.77	75.06	8061.22	0.33
2018	76,223.64	0.99	775.55	75.31	74974.01	0.26
2019	88,573.76	0.65	751.63	74.75	85544.87	0.12
2020	87,355.73	0.68	850.50	74.50	84279.92	0.11
2021	124,897.03	0.64	971.26	74.13	119349.64	0.18
2022	114,552.23	0.66	758.76	72.96	109,656.61	0.16
Total	<b>499,872.65</b>	<b>0.71</b>	<b>4,630.48</b>	<b>74.41</b>	<b>481,866.28</b>	<b>0.17</b>
Acumulado						

Fuente: *Data de planta concentradora*

### 2.9.2. Reservas de mineral por cubicación topográfica.

Antes del año 2022 la relavera Huaura disponía de 2 zonas distintas; material clasificado en gruesos y finos.

**Figura 15**  
*Disposición de relaves en el año 2019*



Fuente: *Proporcionado por el área de geología.*

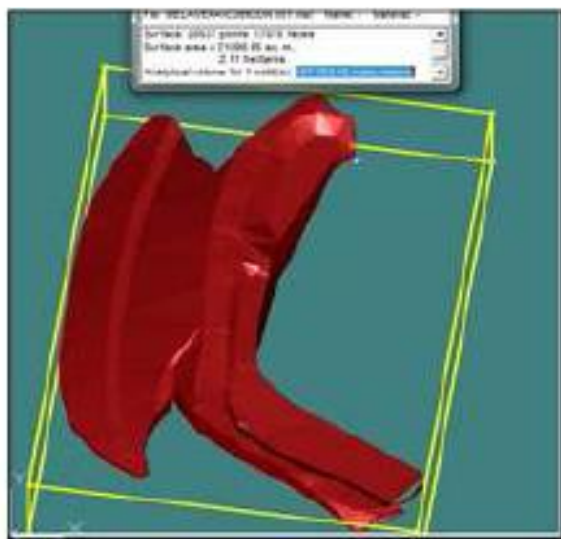


**Figura 16**  
*Disposición de relaves en el año 2022*



Fuente: *Proporcionado por el área de geología.*

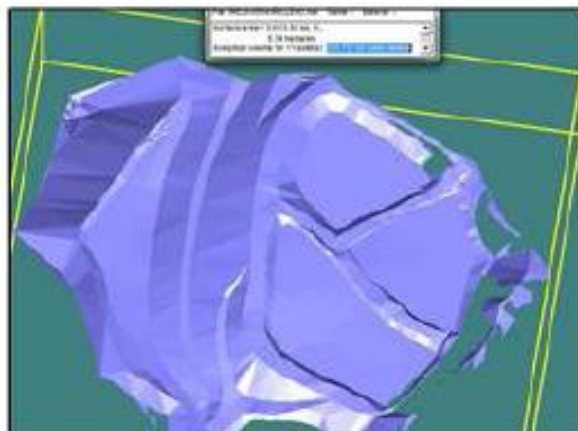
**Figura 17**  
*Zonas consideradas como finos*



Fuente: *Proporcionado por el área de geología.*

**Figura 18**

Cubicación topográfica total de la relavera Huaura  $253,731.03\text{m}^3$ , equivalente a 494,000.00 TMS



Fuente: Proporcionado por el área de geología.

**Tabla 6**

Cubicación y puntos de muestreo por zonas

<b>A1 (finos)</b>	<b>24</b>	<b>P09-P14; P19-P30; P40-P44</b>	<b>251,200.00</b>
<b>A2 (gruesos)</b>	<b>20</b>	<b>P01-P08; P15-P18; P31-P40</b>	<b>242,800.00</b>
<b>At (total)</b>	<b>44</b>	<b>P01-P44</b>	<b>494,000.00</b>

Fuente: Data de planta concentradora

**Tabla 7**

Producción mensual de finos de tungsteno

<b>Variables</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Producción Diaria	500	TMD
Producción Mensual	8700	TM
Ley Alimentación (% WO <sub>3</sub> )	0.14	% WO <sub>3</sub>
Recuperación	44.5	% Recup

Producción en UTM	542.01	UTM/mes
Precio Concentrado	330	US\$/UTM
Inversión Fija	400,000	US\$
Recup Inversion	2.2	mes

**Fuente:** *Data de planta concentradora*

### 2.9.3. TAMIZADO DE LOS RELAVES

#### 2.9.3.1.ZARANDA DE ALTA FRECUENCIA

La Zaranda de alta frecuencia, utilizados en el procesamiento de minerales y otras industrias en variedad de materiales, tamizando en seco y húmedo. De alta frecuencia y baja amplitud y bajo consumo de energía.

**Tabla 8**

Parámetros técnicos Zaranda

Especificación	Área de la pantalla de tamiz (m <sup>2</sup> )	La concentración al tamiz (%)	tratamiento (t/h)	Potencia (kw)
<b>GPS-4</b>	4.5	30%-40%	15-25	0.72
<b>GPS-5</b>	5.2	30%-40%	20-30	1.1
<b>GPS-6</b>	6	30%-40%	24-36	1.5
<b>GPS-8</b>	8.1	30%-40%	32-48	2.2

**Fuente:** *Proporcionado por la oficina de planta concentradora.*

## 2.9.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – EHS

**Tabla 9**

Análisis granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	C-1	0.00 - 4.20	E 0185573	NTP	SW - SM	6/5/2019
			N 9099358	339.128		
				/		
				ASTM		
				- D 422		
	C-2	0.00 - 4.10	E 0185579	NTP	ML con	6/5/2019
			N 9099410	339.128	arena	
				/		
				ASTM		
				- D 422		
	C-3	representativo	E 0185625	NTP	SM	6/5/2019
			N 9099438	339.128		
				/		
				ASTM		
				- D 422		
	RELAVE	representativo	-----	NTP	SP - SM	24/5/2019
	GRUESO			339.128		
				/		
				ASTM		
				- D 422		

Mezcla de	representativo	-----	NTP	SM	23/6/2019
relave			339.128		
con Limo			/		
			ASTM		
			- D 422		
M - 1	representativo	E 0185673	NTP	ML	10/5/2019
		N 90999380	339.128		
			/		
			ASTM		
			- D 422		
M - 2	representativo	E 0185677	NTP	SP - SM	10/5/2019
		N 90999334	339.128		
			/		
			ASTM		
			- D 422		
M - 3	representativo	E 0185672	NTP	SP - SM	10/5/2019
		N 90999338	339.128		
			/		
			ASTM		
			- D 422		

Fuente: *Proporcionado por la oficina de planta concentradora.*

## **2.10. Metodología de análisis**

El análisis vibracional se lleva a cabo mediante la instalación de **acelerómetros** en puntos estratégicos de la máquina, tales como rodamientos, soportes de ejes y estructuras principales. Estos sensores registran señales que posteriormente se transforman en espectros de frecuencia para identificar posibles fallas.

En el caso de la chancadora de 20"x36", los puntos críticos de medición se ubican en los rodamientos principales, motor de transmisión y acoplamientos. Para la zaranda vibratoria de 5'x10', las mediciones se realizan en los ejes excéntricos, rodamientos y estructura de soporte.

El procedimiento general incluye:

- Recolección de datos en condiciones normales de operación.
- Análisis de espectros FFT (Transformada Rápida de Fourier).
- Comparación con valores de referencia normativos.
- Identificación de patrones de falla.

## **2.11. Plan de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Rediseñados**

Establecer una estrategia de mantenimiento preventivo para los equipos electromecánicos rediseñados con el fin de asegurar su disponibilidad, prolongar su vida útil y evitar paradas no planificadas.

El mantenimiento preventivo representa una estrategia anticipativa enfocada en la ejecución programada de tareas con la finalidad de evitar fallas y asegurar que los equipos operen bajo condiciones óptimas. Esta metodología se apoya en la identificación temprana de desgastes,

en la realización de ajustes periódicos, limpieza y reemplazo de componentes antes de que se presenten fallos en el sistema. Según Palmer (2006), una correcta aplicación de este tipo de mantenimiento puede disminuir hasta en un 50 % los costos asociados a reparaciones correctivas y contribuir significativamente a prolongar la vida útil de los activos.

### 2.11.1. Equipos considerados

- Tolva de gruesos (capacidad 300 TPH)
- Apron feeder (30" × 6,5 m)
- Chancadora de quijada 20" × 36"
- Zaranda vibratoria 5' × 10'
- Chancadora Symons 3' (cabeza corta)
- Faja transportadora y tolva de finos

### 2.11.2. Estrategias de mantenimiento

**Tabla 10**

*Actividades relaciones al mantenimiento*

Equipo	Actividad	Frecuencia	Recurso necesario
<b>Tolva</b>	Inspección de soldaduras y recubrimientos	Mensual	Inspector de mantenimiento
<b>Apron feeder</b>	Tensión de cadena, lubricación de ejes y piñones	Quincenal	Técnico mecánico

<b>Chancadora de quijada</b>	Revisión de cuñas hidráulicas, nivel de aceite	Semanal	Técnico + Lubricador
<b>Zaranda vibratoria</b>	Revisión de mallas, rodamientos y vibradores	Mensual	Técnico eléctrico/mecánico
<b>Faja transportadora</b>	Ajuste de alineamiento, control de tensión	Semanal	Técnico mecánico
<b>Chancadora Symons</b>	Verificación del sistema hidráulico, desgaste de cóncavos	Quincenal	Técnico senior

---

**Nota.** Elaboración propia

### 2.11.3. Herramientas complementarias

- SAP PM: para programar y documentar cada orden de mantenimiento.
- Checklists digitales: para el control de rutinas.
- Históricos de fallas: para mejorar la planificación basada en datos.

### 2.11.4. Indicadores de rendimiento (KPIs)

Los Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) permiten cuantificar el desempeño de la gestión de mantenimiento y justificar la inversión en rediseños o mejoras. Entre los más utilizados destacan: la disponibilidad, el índice de fallas, el tiempo medio entre mantenimientos (MTBM), el tiempo medio de reparación (MTTR) y el 'Wrench Time'. Este último representa la proporción de tiempo efectivamente dedicado a tareas técnicas, y es un indicador crítico de eficiencia operativa.



Evaluar el impacto del rediseño de los equipos en la eficiencia operativa y el mantenimiento, utilizando indicadores clave.

**Tabla 11**  
*Indicadores seleccionados*

<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Objetivo</b>
Disponibilidad	$MTBM / (MTBM + MDT)$	$\geq 90\%$
Wrench Time	Tiempo efectivo de trabajo / Tiempo total asignado	$\geq 60\%$
TPH (toneladas por hora)	Toneladas procesadas / Horas operativas	Aumentar un 8–15%
Índice de fallas	Nº de fallas / Periodo evaluado	Reducir $\geq 30\%$
Costo de mantenimiento por tonelada	Costo total mantenimiento / Toneladas procesadas	Reducir progresivamente

**Nota.** Elaboración propia

**Tabla 12**  
*Comparación de rediseño*

<b>Indicador</b>	<b>Antes del rediseño</b>	<b>Proyección después del rediseño</b>
Disponibilidad	83%	92%
Wrench Time	45%	65%
Producción TPH	270 TPH	300 TPH
Costos mantenimiento	S/ 10/ton	S/ 8/ton

**Nota.** Elaboración propia

### **CAPITULO III.**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.1.Tipo de estudio**

Para el desarrollo de este proyecto “rediseño y modelamiento de equipos electromecánico para aumentar la producción en la planta concentradora de tungsteno en Áncash”, se utilizará el método cuantitativo y cualitativo, según Norman K. Denzin y Yvonna S. Lincoln 2012 representan paradigmas de investigación diferentes, con fundamentos filosóficos y metodológicos contrastantes. Ellos no consideran que uno sea mejor que el otro, sino que responden a visiones distintas sobre cómo se genera el conocimiento.

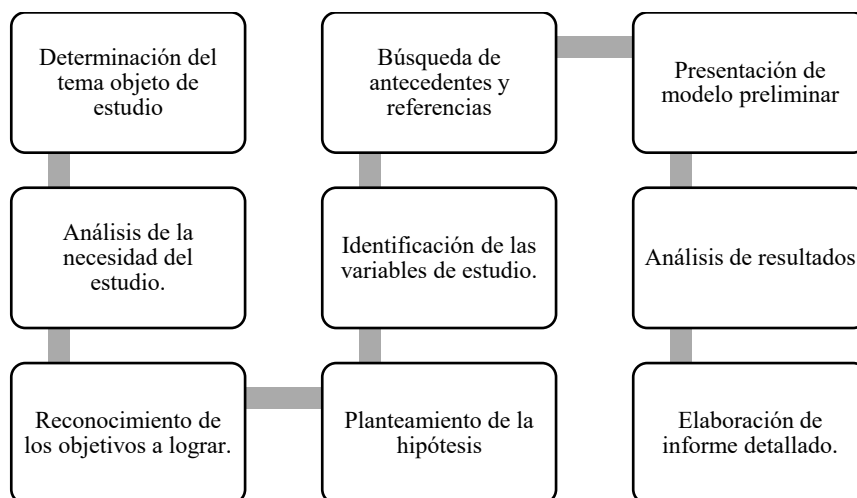
##### **3.2.Metodología de investigación**

###### **3.2.1. Método de investigación**

El método descriptivo. Se seleccionó debido a su capacidad para caracterizar fenómenos, situaciones, contextos o grupos, mediante la recolección sistemática de datos que permiten describir con precisión las variables involucradas (Hernández Sampieri, Fernández-Collado & Baptista, 2021)

### 3.2.2. Procedimiento de la investigación

**Gráfico 2**  
**Procedimiento de investigación**



**Nota.** *Elaboración propia (2024)*

### 3.2.3. Diseño de la investigación

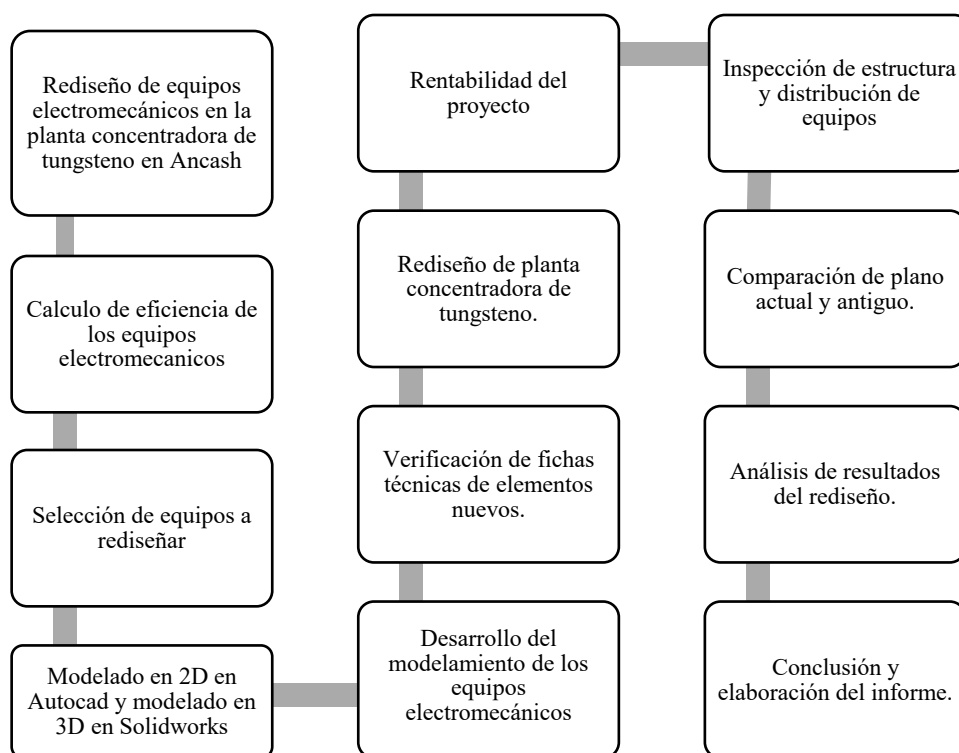
El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo con alcance aplicado y explicativo, ya que busca no solo describir el estado actual de la planta de procesamiento de tungsteno, sino también proponer y validar técnicamente mejoras mediante el rediseño de equipos electromecánicos, con el fin de reducir pérdidas operativas y disminuir el consumo energético. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada se orienta a la solución de problemas específicos, utilizando conocimientos teóricos con una finalidad práctica.

De acuerdo a Norman K. Denzin y Yvonna S. Lincoln 2012, describe a una investigación no experimental se asocia principalmente con el paradigma cualitativo, caracterizado por un enfoque interpretativo, naturalista y emergente, donde el investigador no manipula variables, sino que describe y explora fenómenos en su entorno real.

**Gráfico 3***Gráfico de investigación descriptiva*

X= Muestra (Rediseño y modelamiento de equipos electromecánicos para aumentar la producción en la planta concentradora de tungsteno en Ancash.

Y= Observador (Investigador)

**3.3. Esquema de diseño de investigación****Gráfico 4***Diseño de investigación*

**Nota.** *Elaboración propia (2024)*

### 3.3.1. Identificación de variables

A continuación, se detalla la siguiente tabla de operacionalización de variables dependiente e independiente:

- Variable independiente: Elementos de planta concentradora de tungsteno en Ancash
- Variable dependiente: Planta concentradora de tungsteno

**Tabla 13**  
*Variable independiente*

Conceptualización	Dimensiones	Unidad de medida	Indicadores	Ítems	Fuentes	Instrumentos	Escala de medición
<b>SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE TUNGSTENO</b>	Capacidad de tolva	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	Volumen de tolva	¿Puede la tolva soportar más carga?	Tablas de selección y evaluación de maquinaria	Ficha técnica	Escala de razón
	Capacidad de producción de chancadora primaria	Capacidad (m <sup>3</sup> /h)	Material triturado	¿Es adecuado el volumen de chancado?	Tablas de selección y evaluación de maquinaria	Ficha técnica	Escala de razón
	Capacidad de transporte de Faja Transportadora	Capacidad (ton/h)	Material transportado	¿Se está transportando la cantidad adecuada?	Tablas de selección y evaluación de maquinaria	Ficha técnica	Escala de razón

Capacidad de producción de chancadora secundaria	Capacidad (m³/h)	Material triturado	¿Es adecuado el volumen de chancado?	Tablas de selección y evaluación de maquinaria	Ficha técnica	Escala de razón
Capacidad de producción de chancadora Symons	Capacidad (m³/h)	Material triturado.	¿Se está triturando el volumen adecuado?	Tablas de selección y evaluación de maquinaria	Ficha técnica	Escala de razón

**Nota.** *Elaboración propia (2024)*

**Tabla 14**  
*Variable dependiente*

Variable Dependiente	Tipo de variable	Operacionalización	Categorización o dimensiones	Definición conceptual	Definición justnal
Rediseño de equipos electromecánicos de planta concentradora de tungsteno	Cuantitativa	Análisis y diseño de elementos que conforman planta concentradora de tungsteno.	Demanda de capacidad. Criterios de diseño.	Planta industrial usada para la extracción de tungsteno.	Subir el índice de producción reduciendo perdidas.
Indicador		Unidades de medida		Nivel de medición	
Rediseño					
Metrado de cargas		Producción (t/d)		Razón	
Análisis estático y dinámico de componentes		Densidad de materiales (kg / m³)			

**Nota.** *Elaboración propia (2024)*

### 3.3.2. Población y muestra

#### a) Población.

**Hernández y Mendoza (2018):** “La población es el conjunto de elementos o casos que cumplen con una serie de características comunes y sobre los que se pretende generalizar los resultados de la investigación. El estudio de esta investigación, la población está basado en el rediseño de la planta concentradora y sus equipos electromecánicos en el proceso de chancado.

#### b) Muestra.

**Kerlinger y Lee (2002):** “Una muestra es una parte de la población seleccionada cuidadosamente, de tal forma que represente al total y de la que se pueda inferir con cierto grado de precisión las características del conjunto.” Para este proyecto el método descriptivo y la recopilación de parámetros en situ representan la población. El proceso a rediseñar es el chancado primario y secundario en la planta concentradora de tungsteno en el distrito de pampas provincia de Pallasca.

### 3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Sampieri et al. (2014), las técnicas de recolección de datos son procedimientos sistemáticos para obtener información, mientras que los instrumentos son las herramientas específicas que permiten ejecutar dichas técnicas (Kerlinger y Lee, 2002). En este estudio se utilizarán entrevistas semiestructuradas (como técnica) y guías de observación y formatos de registro técnico (como instrumentos), con el fin de obtener información cualitativa y



cuantitativa sobre el funcionamiento y rendimiento de los equipos electromecánicos en la planta concentradora.

- **Técnica:**

Para el procesamiento de los resultados se empleará de un ordenador portátil equipado con softwares como AutoCAD, SolidWorks, Microsoft Word, Microsoft Excel.

- **Instrumentos:**

Para el análisis de los resultados se realizará en el programa SolidWorks, debido a que con este software ayuda a poder modelar la planta concentradora, y en cuanto a determinar la viabilidad del proyecto utilizaremos dos parámetros importantes que son el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) con la finalidad de contrastar si los cálculos obtenidos teóricamente y experimentalmente cumplen con los requisitos de rediseño, lo que conlleva a que los equipo electromecánicos se pueda desarrollar de forma segura en su proceso de operación.

### **3.3.4. Validez y confiabilidad del instrumento**

- Validación mediante técnica:

Criterio de jueces: Para este informe serán por lo menos 3 jueces de la especialidad de Ingeniería Mecánica.

- Confiabilidad:

Todos los instrumentos y procesos validados por los autores.

### **3.3.5. Métodos de análisis de datos**

Para el presente proyecto de investigación se procederá con el método de cálculo de parámetros, ya que se analizarán las dimensiones que fueron tomadas de la planta y compararlas con los parámetros obtenidos con la modificación de la misma.

### **3.3.6. Procesamiento de datos**

Se recolecta todos los datos para realizar el rediseño y modelamiento en el software para la elaboración de los planos,

### **3.3.7. Metodología a aplicar**

#### **a) Metodología de diseño de equipos electromecánicos:**

Pahl & Beitz (2007) “El diseño técnico de sistemas mecánicos y electromecánicos debe seguir un enfoque sistemático que incluya análisis funcional, generación de conceptos, desarrollo del diseño preliminar, verificación técnica y validación del producto.”

#### **b) Herramienta de diseño: Software (SOLIDWORKS)**

Shih (2018), SOLIDWORKS es una herramienta CAD basada en modelado paramétrico tridimensional que permite desarrollar y optimizar diseños mecánicos con alta precisión, lo cual lo convierte en una herramienta ideal para el rediseño de equipos electromecánicos en contextos industriales.

#### **c) Análisis de software**

**SOLIDWORKS** es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Dassault Systèmes, que permite la modelación tridimensional paramétrica de

piezas, ensamblajes y sistemas mecánicos, así como simulaciones estructurales y análisis de movimiento

**d) Análisis de cálculos manuales**

Los datos tomados de los equipos electromecánicos en campo se reemplazarán en cada fórmula para la comprobación y comparación con el rediseño actual.

**e) Evaluación económica**

Cálculo de rentabilidad/costo, VAN Y TIR

## CAPITULO IV

### CÁLCULOS

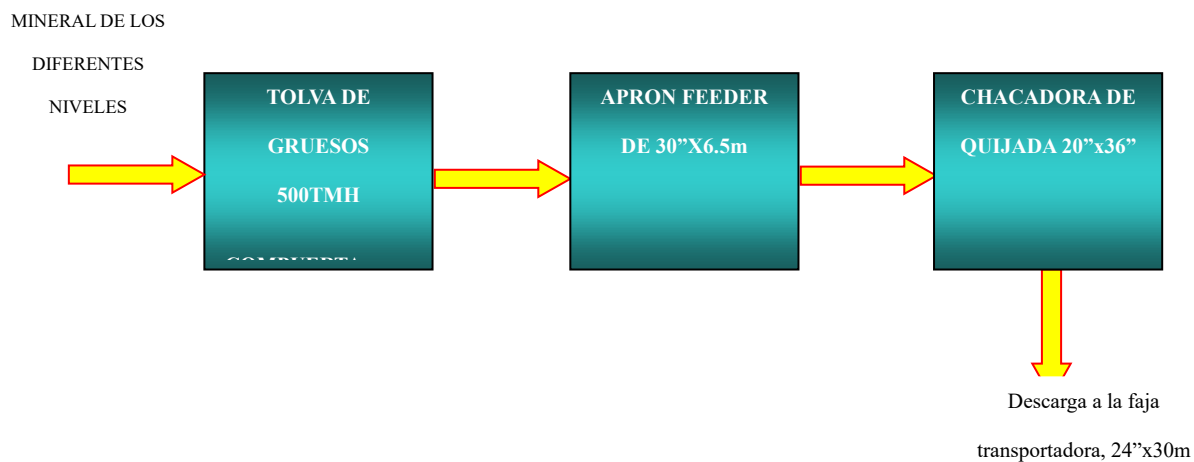
#### 4.1. Cálculo de la potencia de los equipos electromecánico

##### 4.1.1. Proceso de chancado

Para el análisis del proceso de chancado primario y secundario, se presenta a continuación un esquema del funcionamiento del proceso, así mismo se muestra un consumo energético de los equipos electromecánicos que dispone la planta.

##### 4.1.1.1. Proceso de chancado primario

**Gráfico 5**  
*Chancado primario*



**Nota.** *Elaboración propia (2025)*

#### 4.1.1.2. Proceso de chancado secundario

**Gráfico 6**

Chancado secundario



**Nota.** Elaboración propia (2025)

### 4.2. Apron feeder

#### 4.2.1. Diseño actual

**Tabla 15**

Parámetros actuales

Parámetro	Valor
Ancho del Apron Feeder	30" = 0.762 m
Longitud	6.5 m
Tipo de material	Mineral (mezcla gruesa)
Densidad del mineral	$\rho = 2.5 \text{ t/m}^3 \rightarrow 2500 \text{ kg/m}^3$
Factor de llenado típico (material suelto)	$f=0.4 \text{ a } 0.5f = 0.4$ (usamos 0.45)
Altura de carga sobre la bandeja (h)	Supongamos 0.4 m

**Nota.** Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Área transversal de carga

El área efectiva de carga sobre la bandeja se calcula basándonos en la ecuación (2)

$$A = 0.762 \times 0.4 \times 0.45$$

$$A = 0.1372 m^2$$

#### 4.2.3. Velocidad de Apron Feeder

La velocidad típica de un Apron feeder es **baja**, usualmente entre **0.05 y 0.3 m/s**, dependiendo del tipo de material y uso carga primaria.

Adoptamos una velocidad conservadora y segura:

$$V = 0.15 m/s$$

#### 4.2.4. Cálculo de capacidad de carga volumétrica

Se determino la capacidad volumétrica a partir de la ecuación (3)

$$Q_{vol} = A \times V = 0.1372 m^2 \times 0.15 m/s \rightarrow 0.02058 m^3/s$$

$$Q_{vol} = 0.02058 \times 3600 = 74.09 m^3/h$$

#### 4.2.5. Cálculo de capacidad de carga másica

Se determino la capacidad de carga a partir de la ecuación (4)

$$Q_{masa} = Q_{vol} \times \rho \rightarrow 74.09 m^3/h \times 2500 = 185,225 kg/h$$

$$Q_{masa} = 185.225 t/h$$

#### 4.2.6. Cálculo de velocidad angular del eje

Para calcular la velocidad de giro del eje motriz, necesitamos saber el paso de las zapatas (es decir, la distancia entre eslabones). Usualmente es de:

$$paso\ típico = 300mm = 0.3m$$

Entonces:

- velocidad lineal:  $V=0.15\text{ m/s}$
- RPM del eje:

Reemplazando en ecuación (7)

$$RPM = \frac{V}{paso} \times 60 = \frac{0.15}{0.3} \times 60 = 30RPM$$

#### 4.2.7. Selección de motor y caja de reducción

Según los datos obtenemos que el motor estándar que tiene es de 1170 RPM (motor de 4 polos, 50 Hz).

Entonces, la relación de reducción necesaria será:

$$i = \frac{1170}{30} = 39:1$$

Se requiere una caja reductora con relación 39:1

#### 4.2.8. Estimación de potencia del motor

El cálculo de la potencia del Apron Feeder depende de la fricción, la carga, la eficiencia y el tipo de arranque.

Haciendo uso de la ecuación (18) se determina la potencia del motor.

Donde:

- $Q = 185,225 \text{ kg/h} = 51.45 \text{ t/s}$
- $L = 6.5 \text{ m}$
- $f = \text{coef. de fricción} \approx 0.04$  (placa metálica con rodillo)
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- $\eta = 0.85$  eficiencia estimada

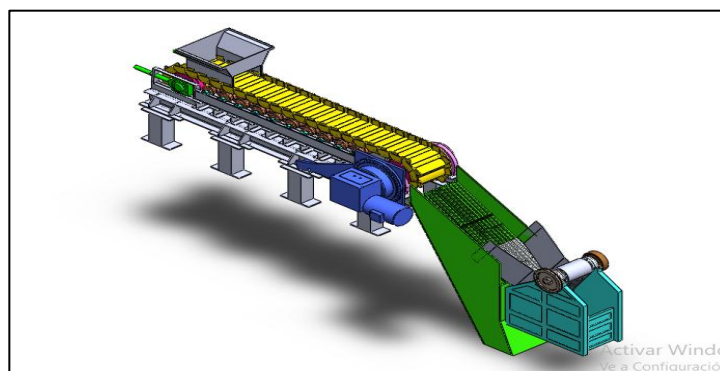
$$P = \frac{51.45 \text{ kg/s} \times 6.5 \text{ m} \times 0.04 \times 9.81 \text{ m/s}^2}{0.85}$$

$$P = 15.4 \text{ KW}$$

NOTA: Potencia requerida del motor: 15.4 KW

Se recomienda instalar un motor de 20kW (30 HP) para operar con holgura.

**Figura 19**  
*Chancado primario*



**Nota.** *Elaboración propia (2024)*



### 4.3.Chancadora de quijada

#### 4.3.1. Cálculo material volumétrico entre las mandíbulas

**Tabla 16**

*Parámetros de Chancadora*

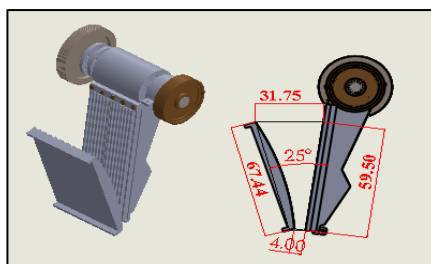
Modelos	Apertura (mm)	Capacidad (T/h)	Potencia (kW)	Lado cerrado (mm)	Peso (Kg)
ROC 25.15	250 x 150	1 - 5	11	10 - 20	1000
ROC 07.15	750 x 150	5 - 16	15	10 - 40	3200
ROC 07.25	750 x 250	10 - 26	22	20 - 50	4700

**Nota.** *Tabla extraída de Roc Impact*

Partiremos desde la figura adjunta posteriormente.

**Figura 20**

*Mandíbula de la chancadora de quijada*



**Nota.** *Elaboración propia*

Para determinar las principales dimensiones de las mandíbulas dentadas se tomará en cuenta el parámetro de la  $L_{m\acute{a}x}$  que es el tamaño máximo del material que será triturado por la chancadora y que para este proyecto según dato obtenido será  $L_{m\acute{a}x} = 10''$

Por las recomendaciones de empresas fabricantes como (ROC IMPACT) nos indican que la dimensión de  $L$  en la (Figura 17) debe ser.

A partir de la ecuación (9) se determinó el tamaño máximo del material que será triturado.

Despejando L:

$$L = \frac{L_{max}}{0.8} \rightarrow \frac{10" \times \frac{25.4mm}{1"}}{0.8} = \frac{254mm}{0.8} \rightarrow 317.5mm = 31.75cm$$

Según las recomendaciones de los fabricantes, la dimensión A puede oscilar entre 1 y 1.5 veces el valor de L. En este caso específico, se ha optado por tomar el valor mínimo, es decir, 1.

Por lo tanto:

$$A=1 \times L \quad A=1 \times 31.75 \text{ cm} \quad A=31.75 \text{ cm}$$

En cuanto al tamaño máximo del material que puede ser procesado ( $T_{mt}$ ) por una chancadora de quijada, se establece que, conforme a las especificaciones técnicas del fabricante, este no debe superar 1.5 veces el valor del reglaje r.

Para encontrar el tamaño máximo que puede ser triturado nos apoyaremos de la ecuación (10)

$$T_{mt} = 1.5xr$$

Donde:            r: reglaje

De acuerdo al rediseño se pretende obtener una granulometría de 5cm puesto que para el chancado secundario cuenta con una boca de alimentación de 5.4cm, es por ello que para evitar atascamientos en la entrada del molino.

$$T_{mt} = 6cm = 1.5xr = 4cm$$

Calculamos el largo de la mandíbula fija.

Elegimos el Angulo  $\theta$  entre las mandíbulas, que de acuerdo a las recomendaciones por los fabricantes debe ser menor de  $26^\circ$ , para este rediseño tomaremos un ángulo de  $\theta = 25^\circ$

A partir de la ecuación:

$$\tan \theta = \frac{\text{Lado opuesto}}{\text{Lado adyacente}}$$

Aplicando la ecuación

$$h = \frac{L - r}{\tan \theta}$$

De los datos obtenidos anteriormente se remplaza en la formula.

$$h = \frac{31.75 - 4}{\tan 25^\circ}$$

$$h = 59.5cm$$

Para calcular la dimensión de  $L_{mdi}$  que es el largo de la mandíbula móvil (figura 18)

Se utilizamos la ecuación (12)

$$L_{mdi} = \sqrt{59.5^2 + (27.75)^2}$$

$$L_{mdi} = 65.6cm$$

De acuerdo a los cálculos realizados, se obtuvieron los datos que son factores importantes para determinar el volumen total de material en las mandíbulas.

- $A=0.3175m$
- $L=0.4763$
- $r=0.04m$
- $h=0.59m$
- $L_{mdi} = 0.65$

- $H_b=0.5$

El factor  $H_b$  es en base a las maquinas trituradoras existentes semejantes a la que se está diseñando.

El cálculo del volumen total dentro de las mandíbulas se determina.

De acuerdo a la figura que se obtiene entre las dos mandíbulas, se hace uso de la fórmula para un trapecio.

$$V_{trapezio} = \left( \frac{B_{mayor} - B_{menor}}{2} \right) x h x P$$

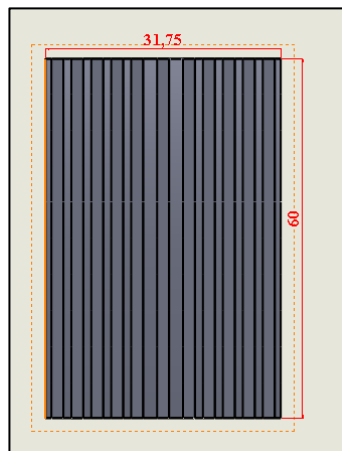
$$V_{trapezio} = \left( \frac{0.4763m - 0.04m}{2} \right) x 0.59.5m x 0.3175m$$

$$V_{trapezio} = 4.877m^3$$

#### 4.3.2. Cálculo del área de aplastamiento

Para el cálculo del área de aplastamiento se realizará en las dimensiones de la mandíbula fija de la chancadora de quijada.

**Figura 21**  
*Placa dentada fija*



*Fuente: Elaboración propia.*

Determinamos el are en base a partir de la ecuación (3).

$$Area = base \times altura$$

Reemplazamos datos según la imagen.

$$A_{aplasta} = 0.3175 \times 0.60$$

$$A_{aplasta} = 1.905 \times 10^{-1} m^2$$

$$A_{TOTAL APLAS} = 0.478 \times 1.905 \times 10^{-1} m^2 = 9.1 \times 10^{-2} m^2$$

#### 4.3.3. Cálculo de la presión real en la placa dentada (Pr)

Para determinar la fuerza de ruptura del mineral provenientes de los diferentes niveles de Huaura y huayllapon, se tomó a bien de una toma de muestra para luego con el apoyo de una prensa hidráulica verificar cual es la presión de la ruptura, para el ensayo se escogieron 6 muestras rocosas a fin de contar con diferentes datos, de las cuales se tendrá en cuenta el mayor resultado.

**Tabla 17**  
*Resultados del ensayo realizado.*

N° DE PROBETA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PRESIÓN (MPa)	FUERZA	
			(kg)	(N)
1	7.015x10 <sup>-4</sup>	1.075	76.87	754.0947
2	2.152x10 <sup>-4</sup>	2.4	52.65	516.4965
3	2.866x10 <sup>-4</sup>	2.3	67.2	659.232
4	1.503x10 <sup>-4</sup>	2.3	35.23	345.6063
5	1.332x10 <sup>-4</sup>	2	27.15	266.3415
6	2.104x10 <sup>-4</sup>	2	42.9	420.849

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo a los ensayos se toma la mayor fuerza de ruptura y se le adiciona un 35% para una mayor confiabilidad, se reemplaza en la ecuación (14)

$$F_R = 76.87kg \times 1.35 = 103.77kg = 1018N$$

$$P = \frac{F_R}{A_N}$$

Reemplazando datos en la ecuación.

$$P = \frac{1018N}{9.1 \times 10^{-2} m^2}$$

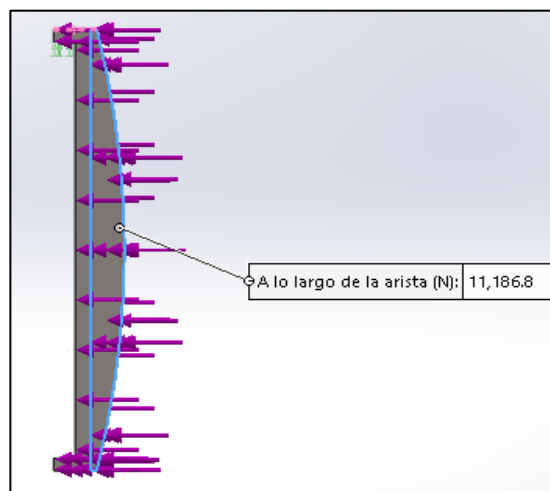
$$P = 11186.8 N/m^2$$

#### 4.3.4. Calculamos la fuerza total en la placa dentada (FTPD)

Para el cálculo de la fuerza total sobre las placas se asume una presión distribuida en cada placa, por lo que se tiene una fuerza uniforme.

#### Figura 22

*Distribución de fuerzas*



*Fuente: Elaboración propia*

Para determinar la fuerza en la placa fija, utilizamos la siguiente formula.

$$P_R = \frac{F_T}{A_T}$$

Despejando  $F_t$  de la ecuación ()

$$F_T = P_R \times A_T$$

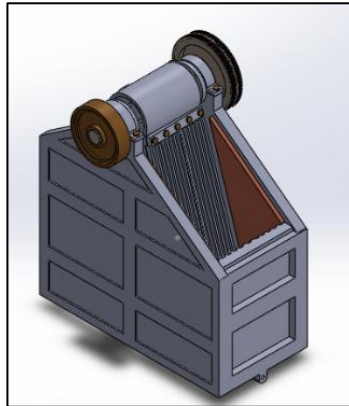
Reemplazando datos en la ecuación ()

$$F_T = 11186.8 \text{ N/m}^2 \times 1.905 \times 10^{-1} \text{ m}^2$$

$$F_T = 2131.08 \text{ N}$$

**Figura 23**

*Chancadora de Quijada*



*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.3.5. Determinamos la potencia mecánica**

Del dato tomado en la planta concentradora tenemos que la chancadora de quijada cuenta con un motor eléctrico Delcrosa de 30hp.

$$P_m = 30 \text{ Hp.}$$

$$\eta_m = \frac{P_s}{P_m}$$

Dato:

- $\eta_m = \text{eficiencia del motor. (Para una banda trapesoidal (0.85 – 0.91))}.$
- $P_s = \text{Potencia salida (eje excentrico). (W)}$
- $P_m = \text{Potencia del motor (Hp)}$

$$P_s = P_m \times \eta_m$$

Reemplazamos datos:

$$P_s = 30Hp * 0.85$$

$$P_s = 25.5Hp = 19KW = 19015.35W$$

Determinamos la potencia en función de la ecuación (13)

$$\text{Potencia} = \text{torque} * \text{velocidad angular} \rightarrow P = F * r_2 * \omega_2$$

Dato: De acuerdo a las recomendaciones técnicas por el fabricante (*Metso*) la velocidad angular en una trituradora esta entre (260 y 350rpm)

Para esta investigación tomaremos el mayor parámetro.

$$n_2 = 350rpm = 5.8rev/s$$

$$\omega_2 = 2\pi * n_2 \quad \omega_2 = 2\pi * 5.8rev/s \quad \rightarrow \quad \omega_2 = 36.44 rad/s$$

Determinamos la fuerza.

$$P = F * r_2 * \omega_2$$



Despejando F de la ecuación obtenemos.

$$F = \frac{P}{r_2 * \omega_2} \rightarrow = \frac{19015.35W}{0.32m * 36.44 rad/s} = \frac{19015.35}{11.661} = 1630N$$

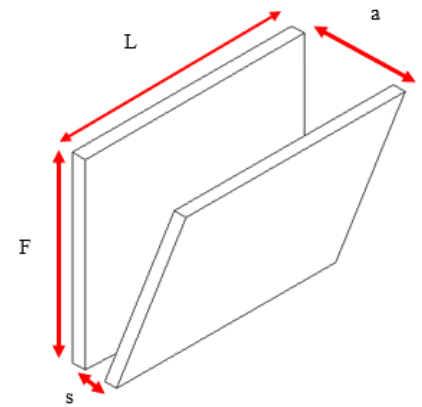
$$F = 1630N$$

#### 4.4.Determinamos la capacidad de chancado.

De acuerdo a los datos obtenidos en campo tenemos.

- Modelo: funvesa 20"x36"
- Apertura de salida de 2"

Aplicaremos las tres fórmulas que nos permitirán realizar un cálculo más exacto, esto nos permitirá realizar una comparación de los datos



Modelo taggart

$$T = 0.6 * L * S$$

Modelo Hersam

$$T = \frac{(108 * 10^{-5}) * t * (25 + t) * l * a * n * \rho * k}{a - s}$$

Modelo michaelson

$$T = \frac{500 * L * k' * (s * t)}{n}$$

Donde:

T: capacidad de la chancadora (Tc/Hr)

L: Longitud de la chancadora en la boca (36 Pulg)

S: Abertura del set de descarga (2 pulg)

A: Ancho de la boca de alimentación en la chancadora (pulg)

R: Grado de reducción

A: Área de abertura de la boca de la chancadora (pulg<sup>2</sup>)

t: recorrido de la mandíbula móvil (para este modelo según recomendación metso =1/3)

n: velocidad de quijada (350 Rpm)

a: ancho de la boca de alimentación.(pulg)

Reemplazamos datos en la formula obtenemos

#### CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CHANCADORA

L (pulg)	s (pulg)	a (pulg)	t (pulg)	n (RPM)	d (g/cm <sup>3</sup> )	K	k"	Tipo de forro	TAGGAR	HERSAM	MICHAELSON
36	2	20	0.33	350	2.5	0.75	0.3	Estriado	43.2	40.95	39.6

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.5.Faja transportadora

Para el estudio y el rediseño en la faja transportadora es necesario, tener en cuenta el flujo volumétrico que pasa por la chancadora de quijada, además de tener los datos referenciales de la faja transportadora.

#### 4.5.1. Datos iniciales

- Flujo volumétrico:  $Q = 5m^3 = 0.0833 m^3 / \text{min}$
- Ancho de faja: 24 pulgadas = 0.61 m
- Longitud de faja: 30 m

Tipo de material: es necesario indicar que el mineral procesado en la planta es del tungsteno, pero en la mena existe diversidad de minerales lo cual para este estudio se tomara una densidad aparente de:

$$\rho = 2.5t/m^3$$

#### 4.5.2. Tipo de faja transportadora

De acuerdo a la visita técnica se determinó que tipo faja es **troughing** con polines en forma de artesa (3 polines). El ángulo de artesa típico es de  $20^\circ$  a  $35^\circ$ .

Usaremos:

- **Ángulo de artesa (polines):**  $\theta = 20^\circ$
- **Factor de carga (K):** depende del ángulo de artesa  $\rightarrow$  para  $20^\circ$ ,  **$K \approx 0.075$**

Este factor se usa para estimar la sección transversal del material sobre la faja:

$$A = K \times B^2$$

donde:

- A: Área transversal ocupada por el material en  $m^2$
- B: Ancho de la faja en m

Se determino el área transversal ocupada por el material

$$A = 0.075 \times (0.609)^2 \rightarrow 0.0279 m^2$$

#### 4.5.3. Calculamos la velocidad de la faja

Empezando con la ecuación (16):

$$Q = AxV \rightarrow V = \frac{Q}{A}$$

Reemplazamos datos obtenemos:

$$V = \frac{0.0833}{0.0279} = 2.99 m/s$$

Velocidad recomendada para minerales gruesos: **entre 1.5 y 3.5 m/s**

$$1.5 m/s < 2.6 m/s > 3.5 m/s$$

NOTA: el resultado obtenido indica que está dentro de los parámetros recomendados.

#### 4.5.4. Capacidad real de transporte (verificación)

$$Q_{transp} = AxVx\rho$$

Verificando datos obtenidos.

$$Q_{transp} = 0.0279 m^2 \times 2.6 m/s \times 2.5 TM/m^3$$

$$Q_{transp} = 0.1814 TM/s$$

$$Q_{transp} = 652 TM/H$$

NOTA: La faja puede transportar el flujo requerido.

Polines: disposición y dimensiones

Polines en artesa (3 rodillos):

- **Ángulo artesa: 20°**
- **Longitud del polín central:**  $\approx 50\%$  del ancho de la faja = 0.305 m
- **Longitud de los laterales:**  $\approx 30\%$  del ancho de la faja = 0.183 m
- **Espaciamiento entre estaciones de polines:** 1.0 a 1.2 m (usamos **1.0 m**)

#### 4.5.5. Ángulo de inclinación de la faja

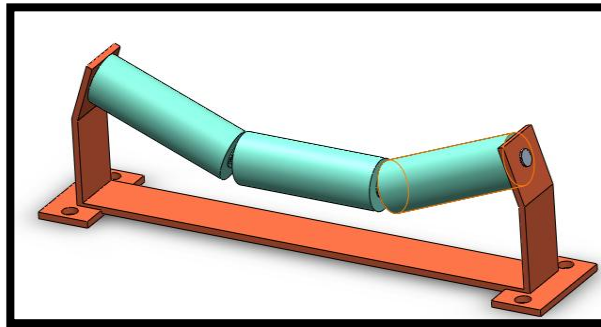
Para fajas con mineral seco y granulometría media, el ángulo máximo de inclinación segura está entre **12° y 18°**.

Adoptamos un valor seguro:

- **Ángulo de inclinación: 15°**

**Figura 24**

*Estructura interna Faja transportadora*



**Nota.** *Elaboración propia*

#### 4.5.6. Potencia requerida

Potencia teórica sin pérdidas usando ecuación (18):

$$P = \frac{Qx\rho xg xh}{n}$$

De acuerdo al Angulo de inclinación de  $15^\circ$  determinamos la altura.

$$H = 30 \sin 15^\circ \Rightarrow 7.76m$$

Datos:

- $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
- $Q = 5 \text{ m}^3/\text{min}$
- $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- Rendimiento  $n = 0.85$
- $H = 7.76m$

Reemplazando datos obtenemos la potencia.

$$P = \frac{5 \text{ m}^3/\text{min} \times 2500 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 7.76m}{0.85}$$

$$P = \frac{1118.71 \text{ kJ/min}}{60}$$

$$P = 18.65 \text{ kW}$$

Potencia requerida: **18.65 kW** (aprox.)

$$1 \text{ kW} = 1.341 \text{ HP}$$

$$18.65 \text{ kW} \times 1.341 = 25.02 \text{ HP}$$

Se recomienda un motor de **30 HP** para operación segura.

#### 4.5.7. Síntesis de resultados

#### Tabla 18

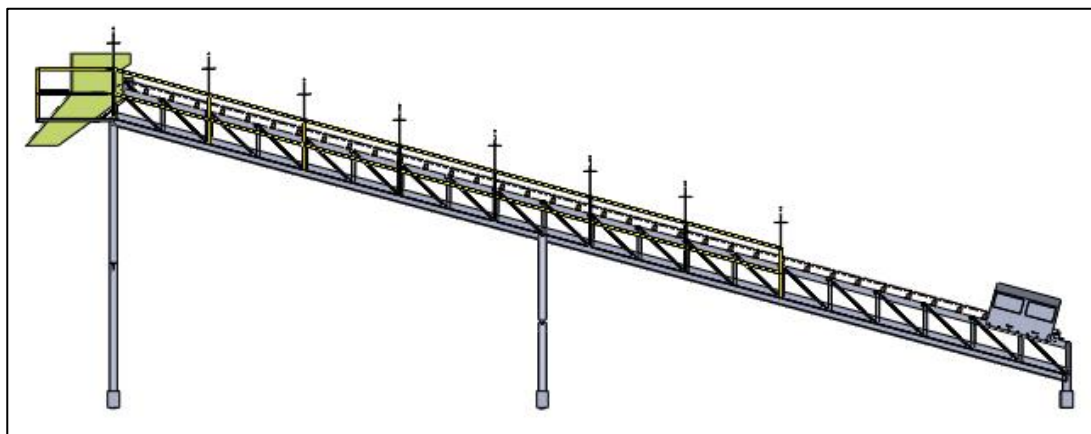
*Parámetros Faja transportadora*

Parámetro	Valor
Ancho de faja	24" = 0.61 m
Longitud total	30 m
Velocidad de la faja	3.0 m/s
Flujo volumétrico	5 m <sup>3</sup> /min
Ángulo de inclinacion	15°
Disposición de polines	Artesa de 3 rodillos (20°)
Longitud de polines	Central: 305mm, Laterales: 183mm
Espaciamiento entre polines	1.0 m
Área transversal de material	0.0279m <sup>2</sup>
Potencia requerida	~18.65 kW
Densidad del material	2500 kg/m <sup>3</sup> (estimada)

**Nota.** Elaboración propia

**Figura 25**

*Faja transportadora*



**Nota.** Elaboración propia

#### 4.6. Zaranda vibratoria

Al realizar los cálculos de una zaranda vibratoria a partir de sus datos iniciales, determinando parámetros que nos permitan conocer su capacidad de trabajo frecuencia de operación, y el Angulo de inclinación.

##### 4.6.1. Características actuales del equipo

- Tipo: Zaranda vibratoria inclinada
- Dimensiones: 5 pies x 10 pies (1.524m x 3.048m)
- Área efectiva de clasificación: 15 m<sup>3</sup>
- Malla: Apertura de ½"
- Movimiento: Vibración mecánica
- Producto recibido:  $\leq 2 \frac{1}{2}$ " desde chancadora de quijada
- Producto descargado: Pasante  $\leq \frac{1}{2}$ " , retenido  $> \frac{1}{2}$ "

##### 4.6.2. Problemas existentes

- Cegado o taponamiento de mallas por finos húmedos.
- Desalineamiento de vibradores o rodamientos desgastados.
- Baja eficiencia de clasificación a altas tasas de alimentación.
- Transmisión excesiva de vibración a componentes contiguos.
- Consumo energético elevado en operación continua.

##### 4.6.3. Área efectiva de cribado

Usando ecuación (22)



$$A = LXW$$

$$A = 1.524m \times 3.048 = 4.645m^2$$

Factor de reducción por inclinación (90% del área)

$$A_{efectiva} = 0.9 \times 4.56 = 4.18m^2$$

#### 4.6.4. Determinamos la frecuencia de operación

Del dato obtenido de la placa del motor eléctrico y al tener en cuenta el **sistema de contrapesos excéntricos que funciona las zarandas vibratorias obtenemos una relación de 2:1**

- Motor 1755RPM
- Amplitud (A): 4mm (doble amplitud)

$$RPM\ efectiva = \frac{1755}{2} = 877RPM$$

$$f = \frac{877}{60} = 14.6HZ$$

#### 4.6.5. Capacidad teórica de la zaranda

La **capacidad depende del área, tipo de material, apertura de la malla y eficiencia.**

Según manuales como Tyler o Allis-Chalmers, para mineral seco con apertura de 1/2" se usa una capacidad base de **18-25 t/h\*m<sup>2</sup>**, dependiendo del tamaño de partícula y distribución.

- Capacidad base  $C_b = 20t/hxm^2$
- Factor de corrección por humedad = 1.0 (*mineral seco*)
- Eficiencia de cribado  $E = 0.85$

- Factor de carga  $k = 0.9$

A partir de la ecuación tenemos:

$$Q = A \times C_b \times K \times E$$

Reemplazamos datos en la ecuación.

$$Q = 4.18m^2 \times 20t/h \times m^2 \times 0.9 \times 0.85 = 63.954t/h$$

Capacidad estimada  $64t/h$

#### 4.6.6. Determinamos la masa vibrante

A partir de la potencia del motor y los datos obtenidos anteriormente tenemos.

$$P = \frac{g \cdot m \cdot A \cdot f}{\eta}$$

DONDE:

- Masa vibrante:
- Gravedad  $g = 9.81 m/s^2$
- Amplitud  $A = 0.004m$
- Frecuencia  $f = 14.6Hz$
- Eficiencia mecánica  $\eta = 0.85$

A partir de la ecuación despegamos la masa vibrante.

$$m = \frac{\eta \cdot P}{g \cdot A \cdot f}$$

$$m = \frac{0.85 \times 11185w}{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.004m \cdot 14.6Hz}$$

$$m = \frac{9517.3W}{0.574} = \mathbf{16.6toneldas}$$

#### 4.6.7. Velocidad del mineral en la zaranda

Para determinar la velocidad con la que se desplaza el mineral en una zaranda utilizaremos la ecuación siguiente.

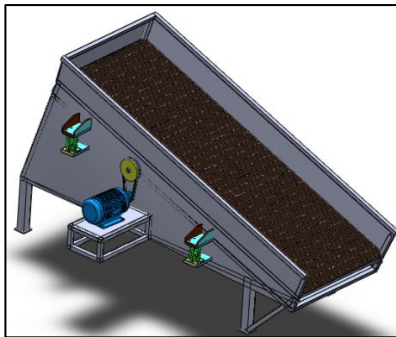
$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A =$$

$$v = 2 \cdot \pi \times 14.6 \cdot 0.004 = \mathbf{0.367 \text{ m/s}}$$

$$t_{residencia} = \frac{3.048m}{0.367 \text{ m/s}}$$

$$t_{residencia} = \mathbf{8.3s}$$

**Figura 26**  
*Zaranda vibratoria*



*Fuente: elaboración propia*

### 4.7. Balance metalúrgico

#### 4.7.1. Balance metalúrgico planta

**Tabla 19**  
*Balance metalúrgico planta*

	TMS	% Peso	%WO <sub>3</sub>	TMS FINO	Distribución	Radio
Cabeza	2422.82	100.00	0.68	16.59	100	
Preconcentrado	<b>99.52</b>	4.11	<b>13.40</b>	13.33	<b>80.39</b>	24.34
Relave	2323.30	95.89	0.14	3.25	19.61	

FUENTE: *Datos proporcionados por el laboratorio de la empresa.*

#### 4.7.2. Balance metalúrgico concentración magnética

**Tabla 20**  
*Balance metalúrgico concentración magnética*

	TMS	% Peso	%WO <sub>3</sub>	TMS FINO	Distribución	Radio
Cabeza	99.52	100.00	13.40	13.33	100.00	
(preconcentrado)						
Concentrado	<b>17.64</b>	17.72	<b>73.36</b>	<b>12.94</b>	<b>97.05</b>	5.64
(magnético)						
Relave	de 81.88	82.28	0.48	0.39	2.95	
Separación						
Magnética (RSM)						

FUENTE: *Datos proporcionados por el laboratorio de la empresa.*

#### 4.7.3. Producción concentrado magnético total

**Tabla 21**  
*Concentrado magnético total*

	TMS	%WO <sub>3</sub>	TMS FINO	UTM
<b>Concentrado</b>	17.64	73.36	12.94	1294.07
<b>Magnético</b>				

<b>Aporte</b>	0.00	72.66	0.00	0.00
<b>Especial</b>				
PRODUCCIÓN	<b>17.64</b>	<b>73.36</b>	<b>12.94</b>	1294.07
CONC.				
MAGNÉTICO				
TOTAL				

FUENTE: *Datos proporcionados por el laboratorio de la empresa.*

#### 4.7.4. Balance concentrado WO3 despachado a Lima

**Tabla 22**

*Balance concentrado WO3 despachado*

<b>Stock</b>	<b>Conc.</b>	<b>0.00</b>	<b>73.25</b>	<b>0.00</b>
<b>Magnetico Cierre</b>				
<b>Conc.</b>	<b>Mag.Total</b>	17.64	73.36	12.94
<b>(incluyendo Aporte</b>				
<b>Terceros)</b>				
<b>Stock Concentrado</b>	0.00	73.36	0.00	
<b>al cierre</b>				
Concentrado WO3	<b>17.64</b>	<b>73.36</b>	<b>12.94</b>	
Despachado a Lima				

FUENTE: *Datos proporcionados por el laboratorio de la empresa.*

#### 4.8.Cálculo de nuevo consumo energético.

Para determinar el nuevo consumo energético en el proceso de chancado primario y secundario se presentarán a continuación cuadros para

##### 4.8.1. Consumo de planta

**Tabla 23**  
Consumo en kW-H (ANTES)

<u>DATOS DE FACTORES A UTILIZAR EN LOS CALCULOS</u>		DATOS DE PLACA			CORRIENTE TOMADA IN SITU		CALCULOS REALIZADOS	
Factor de conversion de HP a kw	0.74							
Tensión promedio en planta (V)	460.00							
Factor para obtener kw-hr en motores	0.8							
					(I)			
<u>1. CHANCADO PRIMARIO</u>		RPM	HP	kw	Amp	kw	kw-hr	
1.1.	Apron Feeder 30"	1170	30	22.08	16.9	10.772	8.6176	
1.2.	Chancadora Quijada 20"x36"	1175	30	22.08	30.5	19.441	15.5524	
1.3.	Faja Trasportadora N°1, de 24" x	1765	30	22.08	16.4	10.453	8.3626	
				66.24				32.53
<u>2. CHANCADO SECUNDARIO</u>								
2.1.	Zaranda Vibratoria 5'x10'	1755	15	11.04	9.8	6.246	4.9972	
2.2.	Chancadora Symons 3' Cabeza Corta	1775	100	73.60	32.5	20.715	16.5723	
				84.64				21.57
		TOTAL			66.24	TOTAL		54.10

**Tabla 24**  
**Datos de factores a utilizar (CON EL REDISEÑO)**

DATOS DE FACTORES A UTILIZAR EN LOS CALCULOS		DATOS DE PLACA			CORRIENTE TOMADA IN SITU		CALCULOS REALIZADOS	
Factor de conversion de HP a kw	0.74							
Tensión promedio en planta (V)	460.00							
Factor para obtener kw-hr en motores	0.8							
<b>1. CHANCADO PRIMARIO</b>		<b>RPM</b>	<b>HP</b>	<b>kw</b>	(I)		<b>kw</b>	<b>kw-hr</b>
1.1. Apron Feeder 30"		1170	30	22.08	15.548		9.910	7.9282
1.2. Chancadora Quijada 20"x36"		1175	30	22.08	28.06		17.885	14.3082
2.5. Faja Transportadora N°1, de 24" x		1765	30	22.08	15.088		9.617	7.6936
		<b>44.16</b>					<b>29.93</b>	
<b>2. CHANCADO SECUNDARIO</b>								
2.1. Zaranda Vibratoria 5'x10'		1755	15	11.04	9.016		5.747	4.5974
2.2. Chancadora Symons 3' Cabeza Corta		1775	100	73.60	29.9		19.058	15.2465
		<b>84.64</b>					<b>19.84</b>	

RESUMEN		
AREA	CONSUMO kw-hr ANTES	CONSUMO kw-hr CON EL REDISEÑO
CHANCADO PRIMARIO	32.53	29.93
CHANCADO SECUNDARIO	21.57	19.84
<b>TOTAL CONSUMO EN PLANTA</b>	<b>54.10</b>	<b>49.77</b>

<b>GRAN TOTAL EN kw-hr</b>	54.10	49.77
<b>CONSUMO POR 24 HORAS</b>	1298.45	1194.57
<b>CONSUMO POR 30 DIAS kw-mes</b>	38953.48	35837.2058

**Nota.** Elaboración propia (2024)

$$\%R_{EE} = \frac{54.10 - 49.77}{49.7} = 8.7\%$$

#### **4.9. Metodología de análisis vibracional**

El análisis vibracional se lleva a cabo mediante la instalación de acelerómetros en puntos estratégicos de la máquina, tales como rodamientos, soportes de ejes y estructuras principales. Estos sensores registran señales que posteriormente se transforman en espectros de frecuencia para identificar posibles fallas.

En el caso de la chancadora de 20"x36", los puntos críticos de medición se ubican en los rodamientos principales, motor de transmisión y acoplamientos. Para la zaranda vibratoria de 5'x10', las mediciones se realizan en los ejes excéntricos, rodamientos y estructura de soporte.

El procedimiento general incluye:

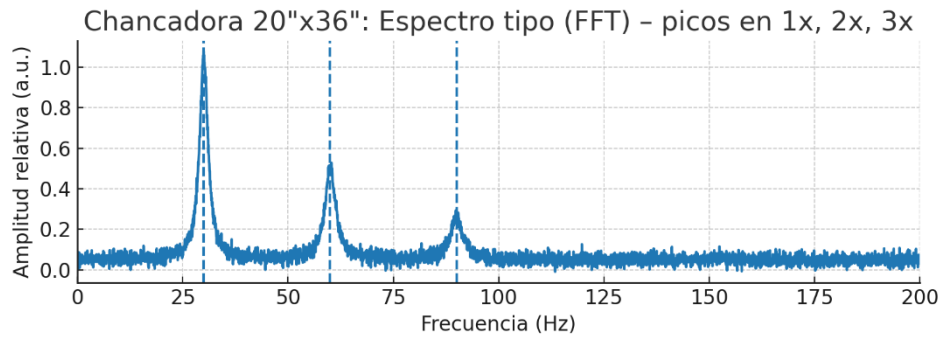
1. Recolección de datos en condiciones normales de operación.
2. Análisis de espectros FFT (Transformada Rápida de Fourier).
3. Comparación con valores de referencia normativos.
4. Identificación de patrones de falla.

##### **4.9.1. CHANCADORA 20"X36"**

(Scheffer & Girdhar, 2004). En la chancadora, los puntos de medición clave son los rodamientos principales y el motor. El espectro vibracional debe presentar un pico dominante en la frecuencia de rotación del motor. Armónicos adicionales (2x, 3x) suelen indicar desalineación o desbalance.



**Figura 27:** Espectro tipo (FFT) de la chancadora 20"x36".

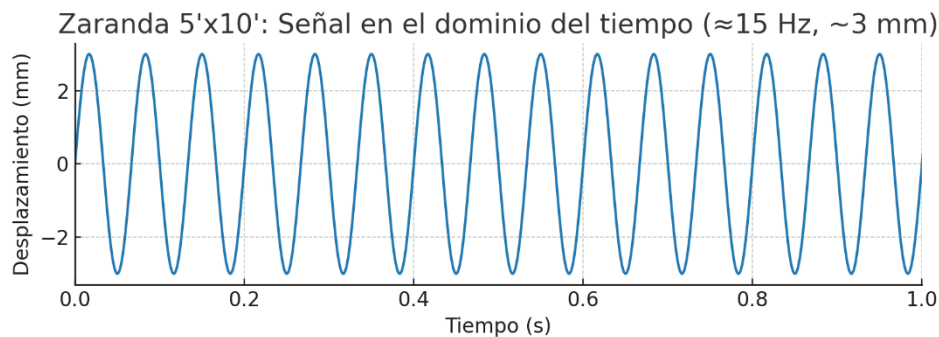


Fuente: Normativa ISO 10816-3

#### 4.9.2. Zaranda vibratoria de 5'x10'

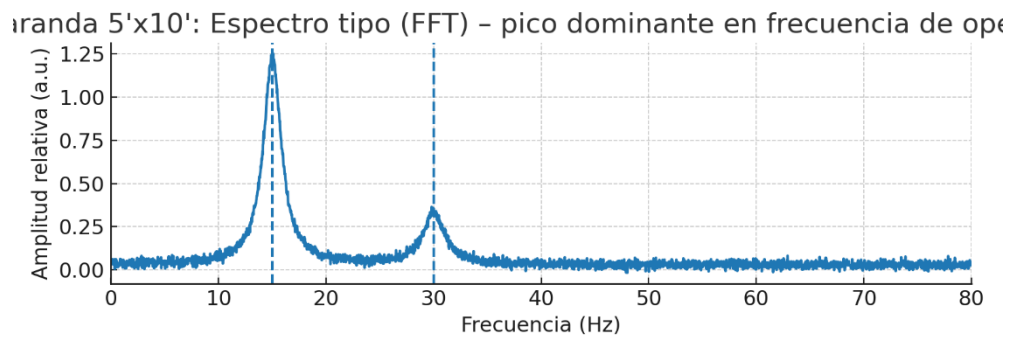
(Scheffer & Girdhar, 2004). La zaranda vibratoria trabaja en su frecuencia natural ( $\sim 13\text{--}20$  Hz). La amplitud de desplazamiento recomendada es de 2–5 mm. Valores fuera de este rango sugieren desbalance o daño en rodamientos. La señal en el dominio del tiempo permite verificar que la amplitud sea estable y que no existan resonancias adicionales.

**Figura 28:** Espectro tipo (FFT) de la zaranda vibratoria 5'x10'.



Fuente: Normativa ISO 10816-3

**Figura 29:** Señal en el dominio del tiempo de la zaranda (~15 Hz, amplitud 3 mm).



Fuente: *Normativa ISO 10816-3*

## CAPITULO V.

## RESULTADOS

## 5.1.Análisis de costos

## 5.1.1. Costos de materiales.

**Tabla 25***Costos de Materiales.*

N° Ítem	Descripción	Cantidad	Marca Del Equipo	Modelo	Precio Total (\$)
1	Conjunto de Compuerta neumática	1	ORBINOX	BC	5000.00
2	Motor eléctrico de 30 HP (IE3) Apron Feeder 30"x6.5mts	1	BERKLIN	Y3-180M2	4090.50
3	Instalación de sistema vibratorio en el grizzli estacionario de 42"x2"	1	Italvibras, OLI, Vibtech		4000.00
4	Revestimiento en la quijada de la chancadora de 20"x36"	1	Aleación	18%Mn 2%Cr	4500.00
5	Cambio del sistema de tensión de Faja transportadora de 24"x30mts	1	EP 315/3	-	2500.00
6	Mejora de aislamiento de vibración en la Zaranda vibratoria de 5'x10'	1	-	-	4000.00
7	Chancadora cono	1	HP100		120000.00
<b>Total</b>					<b>\$ 144,090.50</b>

Nota Fuente: *Elaboración propia (2025)*

## 5.2.Costo de mano de obra

**Tabla 26**

*Costo de mano de obra*

N° Ítem	Descripción	Cantidad	Hora/Día	Días	Precio/Hora	Precio/Total
1	Ingeniero Residente	1	6	21	80	S/ 10,080.00
2	Supervisor de taller	1	9	21	35	S/ 6,615.00
3	Electricista	2	8	7	30	S/ 3,360.00
4	Mecánico de planta	3	8	21	30	S/ 15,120.00
5	Soldador	2	8	7	45	S/ 5,040.00
6	Operarios	8	10	21	20	S/ 33,600.00
<b>Total</b>						<b>S/ 73,815.00</b>

Nota Fuente: *Elaboración propia (2025)*

## 5.3.Costo de insumos

**Tabla 27**

*Costo de insumos*

Ítems	Costo de Insumos y Materiales	
1	Materiales de calderería	S/ 25,000.00
2	Transporte de equipos	S/ 10,000.00
<b>Total</b>		<b>S/ 35,000.00</b>

Nota Fuente: *Elaboración propia (2024)*

Con los costos presentados se analizarán el costo total de inversión para este proyecto de rediseño en la planta concentradora.

**Tabla 28**  
*Inversión*

<b>Costos Totales</b>		
Nº Ítems	Descripción	Costos
<b>1</b>	Trabajadores	<b>S/ 73,815.00</b>
<b>2</b>	Materiales	<b>S/ 512,962.18</b>
<b>3</b>	Insumos	<b>S/ 35,000.00</b>
<b>Total</b>		<b>S/ 621,777.18</b>

Nota Fuente: *Elaboración propia (2024)*

#### **5.4. Análisis del VAN y TIR**

Para analizar si nuestro proyecto es viable realizaremos una evaluación económica del proyecto de manera general, considerando los equipos que fueron modificados, el recurso humano y otros gastos.

##### **5.4.1. Inversión estimada**

**Tabla 29**  
*Inversión estimada*

<b>Componente</b>	<b>Inversión (USD)</b>
Chancadora HP100	\$120,000.00
Motor IE3 Apron Feeder	\$4,090.50
Revestimiento Quijadas	\$4,500.00
Aislamiento Zaranda Vibratoria	\$4,000.00
Sistema de Tensión Faja	\$3,500.00
Válvula Guillotina	\$5,000.00
Costo de recurso humano	\$20,774.00
Costo de transporte	\$2,808.00
Total	\$164,672.50

NOTA Fuente *Elaboración Propia*

### Datos a considerar

- Vida útil estimada de proyecto: 5 Años
- Tasa de descuento: 10%
- Flujo neto de caja anual estimado: \$83,000
- Inversión inicial total: \$ 164,672.50

### Fórmulas Utilizadas

- Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

- $F_t$  = Flujo de caja en el año t
- r = tasa de descuento
- $I_0$  = Inversión inicial
- t = número de año
- Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

### 5.5.Flujo de caja de proyecto

**Tabla 30**  
*Flujo De Proyecto*

Año	Flujo de Caja (USD)
0	\$ -164,672.50
1	\$ 83,000.00
2	\$ 83,000.00
3	\$ 83,000.00
4	\$ 83,000.00
5	\$83,000.00

### 5.6.Comprobación de Resultados del VAN y el TIR

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

$$VAN = \frac{\$ 83\,000}{(1+0.1)^1} + \frac{\$ 83\,000}{(1+0.1)^2} + \frac{\$ 83\,000}{(1+0.1)^3} + \frac{\$ 83\,000}{(1+0.1)^4} + \frac{\$ 83\,000}{(1+0.1)^5} - \$ 164\,672.50$$

$$VAN = \$149,962.80$$

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

$$TIR = 41.53\%$$

### 5.7.Diagrama unifilar de planta concentradora

El diagrama unifilar de la planta concentradora es un esquema simplificado que representa gráficamente, mediante una sola línea por circuito, la interconexión de los componentes eléctricos principales: barras, transformadores, interruptores, seccionadores, alimentadores y cargas críticas (motores de chancadoras, fajas transportadoras, zarandas vibratorias, bombas, etc.). Este diagrama permite visualizar de manera clara el flujo de energía desde la subestación de entrada, pasando por los transformadores de potencia, hasta llegar a los tableros de distribución y finalmente a los equipos de proceso de la planta. Se indican también los sistemas de protección y maniobra, como interruptores automáticos, fusibles y relés, así como los niveles de tensión presentes en cada tramo. Su finalidad es facilitar el análisis, operación, seguridad y mantenimiento del sistema eléctrico de la planta concentradora. (ver página 195)

## CAPITULO VI.

## DISCUSIONES

**Tabla 31***Discusiones y resultados*

Objetivos	Antecedentes	Discusiones	Resultados
a) Recalcular la potencia de los equipos críticos y redimensionamiento de la planta concentradora	El sobredimensionamiento de motores genera ineficiencia y costos adicionales (Bhandari, 2010;	Se hallaron motores en subcarga y sobredimensionamiento, en concordancia con lo señalado por la literatura. El redimensionamiento permitió ajustar la potencia instalada a la demanda real.	Se reemplazó el motor del Apron feeder por uno IE3 de 30 HP, se instaló un sistema vibratorio en el grizzly estacionario y se realizó el cambio de chancadora cónica a modelo HP100, lo que incrementó la capacidad de producción.
b) Determinar las capacidades volumétricas de los equipos electromecánicos	Es necesario calcular capacidades de chancadoras, zarandas y tolvas para evitar cuellos de botella (Aguilar & Rodríguez, 2019; Cárdenas, 2017).	Se identificó desbalance de carga entre chancado primario y secundario, lo que coincide con los antecedentes. Al recalcular	La tolva de gruesos tiene 200 m <sup>3</sup> , la chancadora de quijada procesa 43.2 Tc/h y la zaranda vibratoria de 5'×10' alcanza 16.6 t/h,



		capacidades se corrigieron los desajustes.	garantizando flujo continuo en la planta.
c) Calcular el nuevo consumo de energía de la planta concentradora	La implementación de motores eficientes IE3 permite reducir consumo eléctrico (Gonzales & Ramos, 2020).	La planta, tras instalar motores IE3, registró menor consumo de energía y mejor factor de potencia, en concordancia con lo reportado en los antecedentes.	El consumo energético en el chancado primario y secundario se redujo en aproximadamente 8 % mensual (de 54.10 kWh a 49.77 kWh).
d) Rediseñar y modelar equipos electromecánicos usando SolidWorks	El modelado 3D facilita la validación y el rediseño de equipos (López & Herrera, 2018).	Los modelos 3D generados confirmaron la ausencia de interferencias y optimizaron el ensamblaje, lo cual coincide con lo señalado por la literatura.	Se obtuvieron modelos en SolidWorks de tolva de gruesos, Apron feeder, chancadora de quijada, faja transportadora, zaranda vibratoria y chancadora cónica
e) Determinar la rentabilidad que proporciona el rediseño de la	Un VAN positivo y una TIR superior al costo de capital indican viabilidad (Ross et al., 2017).	El análisis económico mostró resultados positivos debido a menor consumo energético y mayor disponibilidad de equipos,	Se obtuvo un VAN positivo de (\$ 149,96) y una TIR de (41 %), con recuperación de inversión a 5 años.

---

planta		en concordancia con lo	
concentradora		esperado.	

---

f) Evaluar y mitigar los impactos ambientales asociados al rediseño de equipos electromecánicos en la planta concentradora	La mitigación de vibraciones, polvo y ruido es esencial en operaciones mineras sostenibles (Torres, 2016).	La implementación de tolvas cerradas, soportes anti vibratorios y válvulas guillotina redujo contaminantes físicos y ambientales, lo que respalda lo planteado en los antecedentes.	Se logró una reducción significativa de polvo, ruido y vibraciones, además de menor huella de carbono indirecta.
--	--	---	--

---

*NOTA: Elaboración propia (2025)*

**Tabla 32**  
Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA:		REDISEÑO Y MODELAMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE TUNGSTENO EN ANCASH				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
¿Es factible realizar el rediseño y modelamiento de equipos electromecánicos para aumentar la producción de la planta concentradora de tungsteno en Ancash?	Rediseñar y modelar equipos electromecánicos para aumentar la producción de la planta concentradora de tungsteno en Ancash.	Es factible el rediseño de equipos electromecánicos de la planta concentradora de tungsteno en Ancash, haciendo uso de equipos modernos para aumentar en un 8% a lo que vendría a ser el chancado secundario.	X= Planta concentradora de tungsteno en Ancash	Capacidad de tolva	Volumen de tolva  Material triturado  Material transportado  Material triturado  Material triturado.	Se tomará las medidas de los equipos electromecánicos presentes en la planta concentradora de tungsteno, así como las dimensiones de la distribución de estos y que tanto porcentaje de la materia prima es aprovechada.  Se buscará información en fichas técnicas de los equipos electromecánicos e instrumentos presentes en la planta.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLE DEPENDIENTE	Capacidad de producción de chancadora primaria		
¿Cómo Recalcular la potencia de los equipos críticos y redimensionamiento de la planta concentradora?	Recalcular la potencia de los equipos críticos y su redimensionamiento en caso sea necesario.	El Recalcular y redimensionamiento de los equipos críticos, establecerán el aumento de producción de la planta concentradora.	Y= Rediseños de equipos electromecánicos	Capacidad de transporte de Faja Transportadora		
¿Cómo determinar las capacidades volumétricas de los equipos electromecánicos?	Determinar las capacidades volumétricas de los equipos electromecánicos.	El determinar las capacidades volumétricas será importante para analizar su proceso de mejora.		Capacidad de producción de chancadora secundaria		
¿Cómo Calcular el nuevo consumo de energía de la planta concentradora?	Calcular el nuevo consumo de energía de la planta concentradora.	Los Calculas del nuevo consumo de energía de la planta concentradora serán indicadores de lo rentable del rediseño.		Capacidad de producción de chancadora Symons		
¿Cómo al Determinar la rentabilidad que proporciona el rediseño de la planta concentradora?	Determinar la rentabilidad que proporciona el rediseño de la planta concentradora.	La rentabilidad que proporciona el rediseño de la planta concentradora debe aumentar en un buen porcentaje.				
¿Cómo Rediseñar y modelar los equipos electromecánicos usando el programa SolidWorks?	Rediseñar y modelar equipos electromecánicos usando el programa SolidWorks.	Al Rediseñar y modelar equipos electromecánicos usando el programa SolidWorks debe contribuir en el análisis de la planta.				
¿Cómo mitigar los impactos ambientales asociados al rediseño de equipos electromecánicos en la planta concentradora?	Evaluar y mitigar los impactos ambientales asociados al rediseño de equipos electromecánicos en la planta concentradora.	Al Evaluar y mitigar los impactos ambientales asociados al rediseño debe contribuir con el cuidado del medio ambiente.				
Y = (F(x))						
X= Planta concentradora de tungsteno en Ancash						
Y= Rediseños de equipos electromecánicos						

### 6.1.Cuadro de resumen

**Tabla 33**

*Cuadro de Resumen*

<b>ZONA/ EQUIPO</b>	<b>IMPLEMENTACION Y/O MODIFICACION</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>EQUIPO NUEVO</b>	<b>EQUIPO ANTIGUO</b>
<b>TOLVA</b>	Válvula guillotina	Tamaño	1200x1200x2"	
		Presión	10bar	NC
		Accionamiento	Neumática	
<b>APRON FEEDER</b>	Motor eléctrico	Marca	Berklín	Siemens
		Modelo	y3-180m2	11a7
		Tensión	220/380/440v	220/380/440
		Numero de polos	4	4
		Eficiencia	ie3	ie1
		Rotación síncrona	1800rpm	1750rpm
<b>GRIZZLY</b>	Sistema vibratorio	Tipo	vibratorio	estacionario
		Sistema vibratorio	2yzs1237	NC
		Capacidad (t/h)	80	40
<b>CHANCADORA DE QUIJADA</b>	Quijadas	Marca	Funvesa	Funvesa
		Modelo	tipo h	tipo h
		Material	Acero manganeso	
<b>FAJA TRANSPORTA DORA</b>	Sistema de tensión	Marca	Hidracar s. a	-
		Modelo	Fuerza constante	Contrapeso
		Tipo	Oleo neumático	Mecánico
		Fuerza de tensión	(60-120) kn	10kn
<b>ZARANDA VIBRATORIA</b>	Sistema de aislamiento vibratorio	Tipo	Resorte más soporte de lona	resorte
<b>CHANCADORA CONICA</b>	-	Marca		Funvesa
		Modelo	hp100	3" cabeza corta
		Capacidad (t/h)		
		PRECIO.		-

**Nota:** Elaboración propia

## **6.2.Aporte de investigación**

### **Productividad**

- Mejora en el flujo de materiales: Al rediseñar componentes como tolvas y alimentadores, se logra un flujo de material más constante. Esto reduce los atascos y los tiempos de inactividad, lo que mantiene la operación en marcha de manera continua.
- Aumento de la producción: Las mejoras en la eficiencia de la maquinaria permiten procesar más mineral en menos tiempo. Esto significa que puedes producir más sin necesidad de expandir la planta de forma significativa.
- Menos interrupciones por fallas: Con la incorporación de equipos más robustos, como motores de alta eficiencia y sistemas hidráulicos avanzados, disminuyen las fallas mecánicas inesperadas. Esto reduce las paradas no planificadas, manteniendo la operación más estable.
- Ahorro de energía: Los equipos optimizados utilizan menos electricidad para procesar la misma cantidad de material. Esto no solo disminuye los costos operativos, sino que también reduce el impacto ambiental de la planta.

### **Medio ambiente**

- 1. Menor impacto energético: Un menor uso de electricidad por cada tonelada de material procesado se traduce en una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de energía.
- Control de emisiones de polvo: Las mejoras en el diseño de tolvas y sistemas de descarga, como el uso de sellos y coberturas, ayudan a minimizar las partículas de polvo en el aire. Esto protege tanto la salud de los trabajadores como el medio ambiente.

- Aprovechamiento de recursos naturales: Al reducir las pérdidas de material durante el proceso, se optimiza la cantidad de mineral que se extrae. Esto significa que se necesita extraer menos material de la tierra para lograr la misma producción, lo cual ayuda a conservar los recursos naturales.
- Reducción de residuos: La implementación de componentes más duraderos prolonga la vida útil del equipo. Como resultado, se disminuye la cantidad de piezas que necesitan ser reemplazadas, lo que a su vez reduce la generación de chatarra y otros residuos.

## CAPITULO VII.

### CONCLUSIONES

- Se analizó las condiciones operativas de los equipos electromecánicos de la planta mediante un cálculo de sus capacidades de producción y potencias requeridas identificando las limitaciones mecánicas y energéticas que afectan la producción de concentrado de  $WO_3$ .
- Se realizó en detalle el rediseño de la planta concentradora, tomando en cuenta el proceso de chancado primario y secundario.
- Se utilizó el software SOLIDWORKS, para modelar el rediseño de los equipos electromecánicos, asegurando una distribución en detalle de la planta concentradora, los resultados obtenidos cumplen con los parámetros de producción establecido, brindando una disponibilidad y confiabilidad en el rediseño.
- El cálculo y rediseño de los equipos electromecánicos en la planta concentradora de tungsteno se realizó de una manera detallada y precisa, asegurando que la implementación y cambio de equipos electromecánicos cumplan con los parámetros de funcionalidad, para el proceso de chancado primario se implementó la compuerta que es fundamental para evitar los atascos y desperdicio de mineral, así mismo se realizó el cambio del motor eléctrico del Apron feeder de 30" x 6.5 por un motor IE3 así como la implementación del sistema vibratorio en el grizzly estacionario y el reforzamiento de las quijadas en la chancadora de 20"x36". Para el proceso de chancado secundario se implementó el sistema de tensión en la faja transportara, además de mejorar el aislamiento de vibración de la zaranda y el cambio de la chancadora Symons por una chancadora cónica HP100.

- Dado a que el resultado obtenido del VAN es positivo (**\$149,962.80**) y el TIR supera ampliamente la tasa de descuento del 10% (**41.53%**), el proyecto de rediseño e implementación de mejoras en la planta concentradora resulta económicamente viable. Se recomienda proceder con la ejecución de las mejoras propuestas para optimizar la productividad y eficiencia en la planta
- El rediseño de los equipos electromecánicos es un gran aporte en la disminución en un 15% del impacto ambiental que conlleva el proceso de producción de tungsteno, reduciendo índices de consumo, partículas en el ambiente y ruido que afectba directamente a los centros poblados cercanos.



## **CAPITULO VIII.**

### **RECOMENDACIONES**

- Implementar el rediseño de equipos clave como la tolva de gruesos, el alimentador Apron feeder y la chancadora Symons. Esta acción busca maximizar la capacidad de procesamiento de la planta, priorizando aquellos componentes que han demostrado una mejora significativa en su eficiencia energética y operativa.
- Capacitar al personal técnico-operativo en el manejo, mantenimiento y supervisión de los nuevos sistemas electromecánicos, para así garantizar una operación continua, segura y eficiente.
- Establecer un formato de control de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos electromecánicos, para aumentar el periodo de vida y prevenir paradas repentinas.
- Monitorear el rendimiento de los equipos rediseñados después de su implementación. Para ello, se usarán indicadores clave como la productividad, el consumo energético y la eficiencia operativa. Esto nos permitirá validar los resultados esperados e identificar oportunidades de mejora continua.

## CAPITULO IX.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre Ishikane, J. A. (1986). *Estudio y optimización de la planta concentradora Emetinsa - Tintaya.*

Andrew L. Mular, D. J. (2002). *Mineral Processing Plant Design, Practice, and Control.*

Barros Campos, C. M. (2020). *Evaluación económica del repotenciamiento de molinos de bolas línea 3, planta concentradora Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.*

Berger Vidal, E., Núñez Ramírez, L. M., & Yarín Achachagua, A. J. (s.f.). *Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad.* Obtenido de DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12033>:  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/12033>

BINDER+CO. (2022). *CLASIFICADOR DE ARENAS HELICOIDAL.* Obtenido de BINDER+CO:  
<https://www.binder-co.es/1172/Clasificador-de-Arenas-Helicoidal#:~:text=El%20clasificador%20helicoidal%20separa%20la,el%20transporte%20del%20producto%20grueso.>

Caibin, W., Junquan, L., Ningning, L., & Huiming, S. (2025). *Energy saving and grinding circuit optimization in tungsten ore processing plant through high pressure grinding rolls and one stage grinding design: An industrial case study.* Obtenido de DOI: 10.1016/j.mineng.2025.109276:  
[https://www.researchgate.net/publication/393237418\\_Energy\\_saving\\_and\\_grinding\\_circuit\\_optimization\\_in\\_tungsten\\_ore\\_processing\\_plant\\_through\\_high\\_pressure\\_grinding\\_rolls\\_and\\_one\\_stage\\_grinding\\_design\\_An\\_industrial\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/393237418_Energy_saving_and_grinding_circuit_optimization_in_tungsten_ore_processing_plant_through_high_pressure_grinding_rolls_and_one_stage_grinding_design_An_industrial_case_study)

- Calero Ramírez, J. M., Montes Arias, D. G., Poma Acevedo, A. K., & Rodríguez Vásquez, F. S. (2022). *Proyecto de automatización de una planta concentradora de 7,500 TMPD*.
- Castillo Maquera, C. A. (2015). *Proyecto de factibilidad para incrementar la producción de 600 a 1000 tm mensuales en u.e.a. nueva bonanza de sociedad minera de r.l. don rafo 2*.
- Castillo Ungaro, R., & Pulido Capurro, V. (2024). *Remoción de los contenidos metálicos procedentes de las aguas del depósito de relaves de la Planta Concentradora Mahr Túnel - Yauli, Junín, Perú*. Obtenido de DOI: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2024.616> : [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572024000300138](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572024000300138)
- Chávez Chávez, L. E., & Pérez Hidalgo, D. A. (2020). *Aplicación de la gestión del conocimiento de la fabricación digital dentro de la industria de productos plásticos en El Salvador*.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2020). *Belt Conveyors for Bulk Materials*.
- CROMANG INGENIERÍA. (2017). *FABRICACIÓN DE ZARANDA VIBRATORIA*. Obtenido de CROMANG INGENIERÍA: <https://cromangingenieria.com/zaranda-vibratoria.html>
- Dunlop, F. (2009). *Conveyor Belt Manual*.
- ERAL. (2020). *MOLINO DE BARRAS Y BOLAS*. Obtenido de ERAL: <https://www.eralchile.com/equipo/molinos>
- Faraz, S., Hossna, D., & Rezgar, B. (2014). *Improved recovery of a low-grade refractory gold ore using flotation–preoxidation–cyanidation methods*. Obtenido de DOI:10.1016/j.ijmst.2014.05.018:

[https://www.researchgate.net/publication/262975004\\_Improved\\_recovery\\_of\\_a\\_low-grade\\_refractory\\_gold\\_ore\\_using\\_flotation-preoxidation-cyanidation\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/262975004_Improved_recovery_of_a_low-grade_refractory_gold_ore_using_flotation-preoxidation-cyanidation_methods)

Franco, J. J. (2019). *Mejora del proceso de la planta concentradora de una compañía minera mediante la implantación e integración de PI System de Osisoft.*

FUNVESA. (2020). *CHANCADORA DE QUIJADA*. Obtenido de FUNVESA: <https://funvesa.com.pe/chancadora-de-quijadas/>

García Asmad, J. P. (2021). *Elaboración de un plan de mantenimiento con fines de reducción de costos utilizando la metodología del RCM para el área de molienda de la Planta Concentradora de Minera Chinalco Perú.*

Gómez Araya, L. A. (2023). *Plan de gestión para la puesta en marcha de una planta concentradora.*

Gonzales Checa, D. A., & Portocarrero Castro, C. G. (2021). *Diseño e implementación de mejoras para incremento de capacidad de chancado primario en una planta concentradora de cobre en el Sur del Perú.*

Guerra, A. J. (2017). *Blogger.com*. Obtenido de Mecanotecnia: <https://mecanotecnia.blogspot.com/2017/04/disenio-mecanico-de-tolvas-industriales.html>

Han., M. C. (2003). *Principles of Mineral Processing.*

Inga Paucar, A., Aramburú Rojas, V. S., & Tiburcio Alva, R. M. (2020). *Optimización en la Recuperación de Zinc de minerales polimetálicos mediante el proceso de flotación en la empresa Mines and Metals Trading Perú - Huancavelica*. Obtenido de DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v23i2.16632>.

INGENIERÍA, QR. (2017). *APRON FEEDER*. Obtenido de INGENIERÍA, QR:  
<https://qringenieria.com/apron-feeder-y-belt-feeder/>

King, R. P. (2012). *Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems*.

Kulwiec., R. A. (2009). *Materials Handling Handbook*.

Mamani Laricano, L. F. (2018). *Optimización del Proceso Productivo en el Área de Producción de una Industria Plástica*.

Mason, A. (2016). *Improved Transfer Chute Design Using DEM*.

Medina Vargas, E. E. (2018). *Evaluación para la recuperación de concentrado de cobre a partir del concentrado Bulk plomo- cobre en Planta Concentradora Ana María, Brexia Gold Plata Perú S.A.C.*

Metso. (2008). *Crushing and Screening Handbook*.

Monago Cajahuamán, J. (2021). *Sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S. A. para mejorar la calidad de aire referente al material particulado*.

Mulani., I. G. (2002). *Engineering Science and Application Design for Belt Conveyors*.

ORBINOX. (2024). *ORBINOX VALVE SOLUTIONS*. Obtenido de ORBINOX:  
<https://www.orbinox.es/productos/valvulas-de-guillotina>

Ortega, Y. (2019). *Técnicas de simulación para optimizar la toma de decisiones de compra de piezas de desgaste en la planta concentradora de la gran minería peruana*.

OSPINA ALARCON, M. A., & BUSTAMANTE RUA, M. O. (2014). Estudio hidrodinámico de equipos de concentración gravimétrica tipo JIG.

PROINAM SAC | Suministro de Bandas Transportadoras y Polines. (2020). *PROINAM*. Obtenido de <https://www.proinamsac.com/faja-transportadora/>

Ríos, J. B. (2024). *Evaluación para incrementar la recuperación y calidad de concentrado de zinc en la flotación polimetálica en el distrito de Yarusyacán, Cerro de Pasco*. Obtenido de DOI : <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v27i1.23709> : [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-99932024000100007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-99932024000100007)

Sánchez, J. A. (JUNIO de 2020). *CIMWORKS*. Obtenido de <https://www.cimworks.es/los-beneficios-de-solidworks-en-el-sector-de-la-automatizacion-industrial/>

Shibang China. (2023). *CHANCADORA SYMONS NUEVA PARA VENTA*. Obtenido de LINKED IN: <https://www.linkedin.com/pulse/chancadora-symons-nueva-para-venta-shibang-china/>

Skocir, M. F. (1997). *Mechanical Conveyors: Selection and Operation*.

Son, T., Trinh, H. B., Kim, S., & Dugarjav, B. (2023). *Estimation of energy consumption for concentrate process of tungsten ore towards the integration of renewable energy sources in Mongolia*. Obtenido de DOI: 10.3390/min13081059.

Sullivan., J. F. (2013). *Screening Theory and Practice*.

TerraSource Global. (2023). *Handbook of Crushing*.

Valdivia Quinteros, M. J. (2022). *Metodología de análisis de impacto económico asociado a la incertidumbre de parámetros operacionales en planta concentradora de minerales de cobre*.

Vílchez Palomares, D., & Medina Ureta, A. (2010). *Remolienda de mixtos en planta concentradora de zinc Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.*

Weir Group. (2021). Rodillos de molienda de alta presión Enduron.

Weiss., N. L. (1985). *SME Mineral Processing Handbook.*

Yan., Ashok Gupta y Denis S. (2006). *Mineral Processing Design and Operations: An Introduction.*

Yantas Ortega, R. (2019). *Técnicas de simulación para optimizar la toma de decisiones de compra de piezas de desgaste en la planta concentradora de la gran minería peruana.*

YESSENIA, A. S. (2016). DISEÑO DE UNA TOLVA DE FINOS CON PLANCHAS DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36 PARA ALMACENAR MINERAL POLIMETÁLICO A 300 MSNM. MACHALA, ECUADOR.

Yuanlin, C., Guangsheng, H., Qinqing, W., & Xueyi, G. (2022). *A sustainable process for tungsten extraction from wolframite concentrate.* Obtenido de DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2022.105903:  
[https://www.researchgate.net/publication/360910832\\_A\\_sustainable\\_process\\_for\\_tungsten\\_extraction\\_from\\_wolframite\\_concentrate](https://www.researchgate.net/publication/360910832_A_sustainable_process_for_tungsten_extraction_from_wolframite_concentrate)

## **CAPITULO X.**

### **ANEXOS**

**Anexo 1: Cálculos adicionales**

**Anexo 2: Montaje planta concentradora de tungsteno**

**Anexo 3: Montaje planta concentradora de tungsteno detallado**

**Anexo 4: Proceso de chancado primario**

**Anexo 5: Chancadora cónica HP100**

**Anexo 6: Faja transportadora**

**Anexo 7: Zaranda vibratoria**

**Anexo 8: Planta concentradora de tungsteno**

**Anexo 9: Hoja de seguridad (MSDS)**



## ANEXO 1

### 10.1. Cálculo del chancado primario

#### 10.1.1. Tolva de gruesos

##### 10.1.1.1. Capacidad de la tolva de gruesos

De acuerdo a la información recopilada, se determinó que la capacidad máxima de esta tolva es de 500(TM<sub>H</sub>)

$$C_{Tolva\ de\ gruesos} = 500TMH = 500000kg$$

De acuerdo a la medición y a los datos verificados, haremos un cálculo para determinar la información.

##### 10.1.1.2. Cálculo de dimensiones de la Tolva

$$T = Vx\rho_m \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

T=Capacidad TM

V=volumen de la tolva  $m^3$

$\rho_m$ =Densidad del mineral húmedo es de  $2.5TM/m^3$

$F_{ev}$ =Factor de espacio vacíos

#### NOTA:

- Para tolvas gruesas se considera 40% espacios vacíos  $F_{ev} = 0.40$
- Para tolvas finas se considera 20% espacios vacíos  $F_{ev} = 0.20$

Reemplazando datos en las fórmulas (1) y (2)

$$T = V \times \rho_c$$

$$\rho_m = 2.5 \text{ TM}/\text{m}^3$$

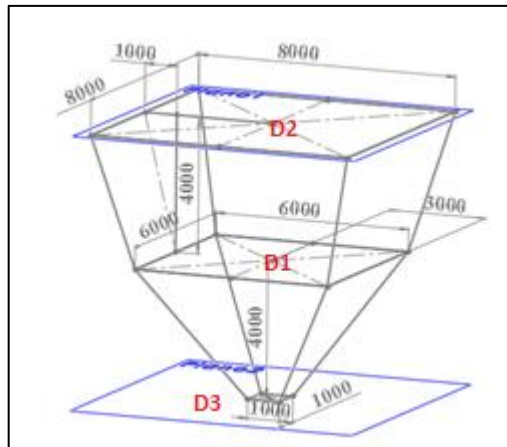
$$500 \text{ TM} = V \times 2.5 \text{ TM}/\text{m}^3$$

$$V = 200 \text{ m}^3$$

### 10.1.1.3. Área y volumen en cada zona de tolva

**Figura 30**

*Tolva de Gruesos*



**Nota.** *Elaboración propia (2025)*

Para este cálculo se consideran las siguientes formulas

$$A_{total} = A_{lateral} + A_{Bsuperio} + A_{Binferior}$$

De acuerdo a la imagen tenemos

$$Ap^2 = (ap - ap!)^2 + h^2$$

$$A_{lateral} = \frac{4(D2 + D1)xAp}{2}$$

$$V = \frac{1}{3}x(A_{D1} + A_{D2} + \sqrt{A_{D1} + A_{D2}})xh$$

Donde:

Ap = apotema tronca

ap = apotema base mayor

ap' = apotema base menor

h = altura del tronco de pirámide

D1 = área base mayor

D2 = área base menor

P = perímetro base mayor

p = perímetro base menor

Reemplazamos datos para determinamos la apotema Ap

$$A_p = \sqrt{(1.5)^2 + 1} = 1.8m$$

$$A_{lateral} = 4x\left(\frac{8+6}{2}\right)x1.8 = 50.4m^2$$

$$A_{D1} = 8x8 = 64m^2$$

$$A_{D2} = 6x6 = 36m^2$$

$$A_{total\ parte\ superior} = 50.4m^2 + 64m^2 + 36m^2 = 150.4m^2$$

Determinamos el volumen total en la parte superior.

$$V = \frac{1}{3}x(64 + 36 + \sqrt{64 + 36})x4 = 146.6m^3$$

Determinamos el área y volumen de la parte inferior.

$$A_p = \sqrt{(3)^2 + 4^2} = 5m$$

$$A_{lateral} = 4x\left(\frac{6+1}{2}\right)x5 = 70m^2$$

$$A_{D1} = 6x6 = 36m^2$$

$$A_{D2} = 1x1 = 1m^2$$

$$A_{total\ parte\ inferior} = 70m^2 + 36m^2 + 1m^2 = 107m^2$$

Determinamos el volumen total en la parte superior.

$$V = \frac{1}{3}x(36 + 1 + \sqrt{36 + 1})x4 = 55m^2$$

$$V = \frac{1}{3}x(43.08)x4 = 57.44m^3$$

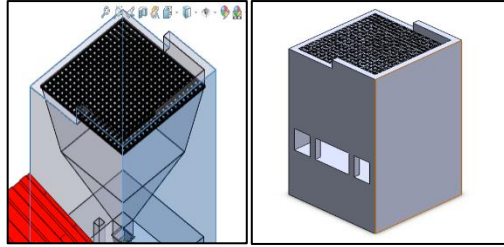
$$V_{total} = 146.6m^3 + 57.44m^3$$

$$\mathbf{V_{total} = 204.04m^3}$$

$$A_{total\ tolva} = A_{total\ parte\ superior} + A_{total\ parte\ inferior}$$

$$A_{total\ tolva} = 107m^2 + 150.4m^2$$

$$\mathbf{A_{total\ tolva} = 257.4m^2}$$



*Fuente: Elaboración: propia*

NOTA: Se corroboro la capacidad volumétrica que cuenta la tolva de gruesos. Apoyándose de la recolección de datos tomados en campo, además de encontrarse el área total de la tolva.

#### **10.1.2. Diseño actual**

Capacidad de alimentación: 500 TPH

Base superior : 8m x 8m

Base inferior : 1m x 1m

Altura: 7m

Problemas comunes: Formación de atascos, diseño sin optimización del ángulo, revestimientos inadecuados.

#### **10.1.3. Objetivo del rediseño**

- Evitar atascos
- Obtener flujo uniforme
- Aumentar autonomía de alimentación
- Mejorar su durabilidad

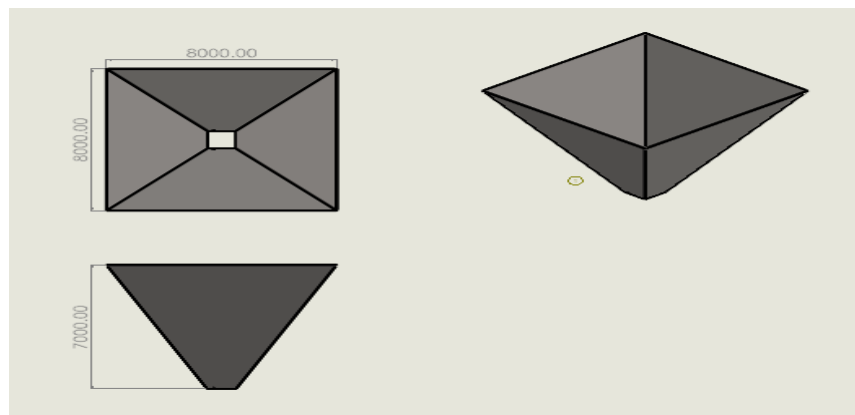
#### 10.1.4. Parámetros de diseño recomendado

- Angulo de inclinación  $\geq 65^\circ$  para evitar atascos
- Buzón con liners de HARDOX
- Capacidad Volumétrica
- Volumen útil  $\geq 40 \text{ m}^3$
- Volumen total recomendado  $45 \text{ m}^3$

#### 10.1.5. Justificación técnica de la mejora propuesta

- El mayor ángulo de inclinación permite una descarga más eficiente.
- Aumentar el flujo de descarga mejora el flujo hacia el alimentador.
- Incremento del volumen útil optimiza la autonomía operativa del equipo.
- Revestimiento reduce el mantenimiento y prolonga vida útil.

**Figura 31**  
*Dibujo tolva actual*



**Nota.** Fuente: Elaboración propia

## **10.2. Válvula guillotina 1m x 1m**

### **10.2.1. Preparación de montaje**

- **Estructura principal de la válvula guillotina:** Elemento que se instala entre la tolva y el chute para su fijación.
- **Placa deslizante (guillotina):** Fabricada en acero inoxidable o ASTM A36, según el grado de abrasividad del material a manejar.
- **Rieles de desplazamiento:** Permiten el movimiento horizontal de la compuerta.
- **Sistema de accionamiento:** Puede ser manual (por medio de palanca o volante), neumático o eléctrico.
- **Sellos o empaquetaduras:** Diseñados para impedir la fuga de material fino.
- **Tornillería de montaje:** Utilizada para asegurar la válvula entre la tolva y el chute.

### **10.2.2. Preparación de montaje**

- Colocar apoyos temporales que mantengan en posición la tolva y el chute durante el proceso de montaje.
- Utilizar sellos industriales o láminas de neopreno en las superficies de contacto para asegurar una unión hermética.

### **10.2.3. Montaje de válvula**

- Posicionar la válvula guillotina de forma precisa entre la tolva y el chute.

- Fijar las bridas superiores a la estructura de la tolva y las inferiores al chute mediante pernos.
- Instalar el actuador correspondiente y realizar pruebas de funcionamiento para verificar la correcta apertura y cierre.

#### 10.2.4. Costo

El precio de una válvula de tipo guillotina va a varias según su tipo de material, sus dimensiones y su tipo de accionamiento

##### 10.2.4.1. Tipos de válvula guillotina

Manual, acero al carbono	→	\$1,500 – \$2,500
Manual, acero inoxidable	→	\$2,500 – \$3,500
Neumática, acero al carbono	→	\$3,000 – \$4,500
Neumática, acero inoxidable	→	\$4,500 – \$6,500+
Personalizada (reforzada minera)	→	\$5,000 – \$8,000+

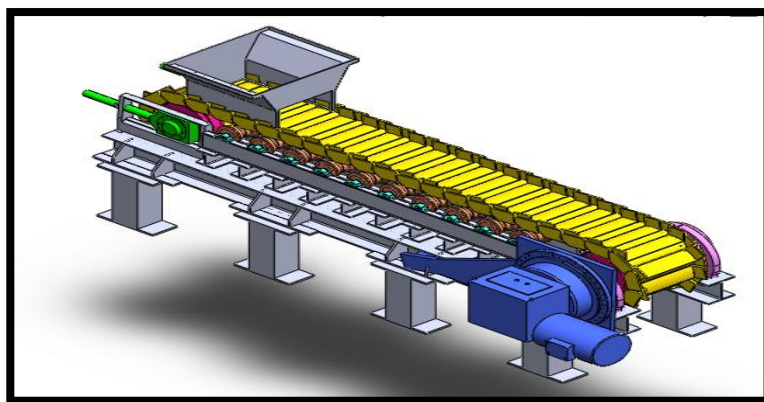
#### 10.2.5. Resumen del diseño del Apron Feeder

Ancho del Apron Feeder	→	<b>30" (0.762 m)</b>
Longitud	→	6.5 m
Altura de carga	→	0.4 m
Factor de llenado	→	0.45
Velocidad de la banda	→	0.15 m/s
Capacidad volumétrica	→	74.1 m <sup>3</sup> /h



Capacidad másica	→	148 t/h
Paso entre zapatas	→	0.3 m
Velocidad del eje (RPM)	→	30 RPM
Relación de caja reductora	→	39:1
Potencia requerida	→	~12.3 kW
Motor sugerido	→	15 kW (20 HP)

**Figura 32**  
*Apron feeder*



Nota: *Elaboración propia*

## **APRON FEEDER**

### **10.2.6. Problemas comunes**

- Alimentación irregular
- Desgaste prematuro
- Alta demanda energética
- Acumulación de finos
- Falta de regulación de velocidad

### **10.2.7. Objetivo del rediseño**

- Aumentar la vida útil del equipo
- Reducir el consumo energético
- Asegurar un flujo constante hacia la chancadora
- Permitir ajuste de velocidad según demanda

### **10.2.8. Parámetros de diseño recomendado**

- Mejorar acceso de mantenimiento
- Revisar alineamiento y tensión de cadena
- Incorporar cubre bandas y raspadores
- Cambio de motor eléctrico por uno de clasificación IE3

### **10.2.9. Impacto estimado de mejora**

Para el rediseño del Apron Feeder nos enfocaremos en la durabilidad, reducir costos de mantenimiento y regular el flujo de material.

MEJORA IMPLEMENTADA	IMPACTO ESTIMADO
Ancho y velocidad ajustados	+10–15% capacidad efectiva
Placas reforzadas	+30–50% vida útil
Motor eficiente con VFD	-10–20% consumo energético
Flujo más constante	+15% eficiencia global

**10.3. Chancadora de quijada**

#### 10.3.1. Diseño actual

- Tipo: Chancadora de quijada de compresión mecánica
- Marca: FUNVESA
- Modelo: 20" × 36"
- Tamaño de alimentación: hasta 10 pulgadas
- Tamaño de descarga: ~2½ pulgadas
- Capacidad estimada: 50–120 TPH (dependiendo de la configuración de la abertura y tipo de material)
- Tipo de operación: Primaria

#### 10.3.2. Problemas detectados

- Desgaste rápido de las quijadas por material abrasivo (tungsteno es muy duro)
- Regulación manual e imprecisa del setting (apertura)

- Acumulación de material fino en la cámara
- Baja eficiencia energética del motor y sistema de transmisión
- Vibraciones excesivas si no hay sistema de amortiguamiento adecuado

### 10.3.3. Propuestas de mejoras técnicas

**Revestimiento.** - La finalidad principal del revestimiento es minimizar el deterioro prematuro de las quijadas ocasionado por el impacto y la abrasión del mineral, con el propósito de extender su durabilidad y conservar una granulometría uniforme en el material chancado.

### 10.3.4. Materiales recomendados para el revestimiento

**Tabla 34**  
*Materiales de revestimiento*

<b>Materiales</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicación común</b>
Aceros Hadfield (Mn 12–14%)	Alta resistencia al impacto, se endurece por trabajo	Uso general en mandíbulas primarias
Acero al manganeso con cromo (Mn 18%, Cr 2%)	Mayor resistencia a desgaste por abrasión + dureza superficial	Ideal para minerales duros como tungsteno
Carburo de tungsteno recargado sobre acero	Muy alta dureza, alto costo, más para laboratorio	No recomendable para producción continua

*Fuente: Elaboración propia*

### 10.3.5. Costo aproximado

**Tabla 35**  
*Costo revestimiento*

Ítem	Unidad	Costo Aproximado (USD)
Placa fija de manganeso Cr (20"×36")	1 und	2,000 – 2,500
Placa móvil de manganeso Cr (20"×36")	1 und	2,000 – 2,800
Pernos de fijación + materiales	kit	200 – 300
Mano de obra (2 técnicos, 1 día)	servicio	300 – 500
Total estimado	—	4,500 – 6,000 USD

Con un buen control de alimentación y mantenimiento, las placas pueden durar entre 6 a 12 meses dependiendo del tipo de mineral procesado.

## **FAJA TRANSPORTADORA**

### **10.3.6. Propuesta para mejora de eficiencia**

- Utilizar motores IE3 con variador de frecuencia (VFD) para controlar la velocidad y adaptarse a la carga variable.
- Implementar sensores de carga, desalineación de banda y rotura para paradas automáticas.
- Añadir tolvas de descarga con faldones anti derrame y guías laterales

- Lubricación automática en rodillos principales.

### 10.3.7. Eficiencia deseada tras rediseño

La faja transportadora que conecta la chancadora de quijada con la zaranda debe diseñarse para soportar alta carga abrasiva, con elementos de seguridad y eficiencia energética. Un diseño adecuado mejora el rendimiento del sistema en conjunto, reduce costos operativos y minimiza pérdidas por derrame.

MEJORA IMPLEMENTADA	IMPACTO ESTIMADO
Banda de mayor ancho y calidad	+10–15% confiabilidad del transporte
Raspadores eficientes	-70% de derrames o atascamientos
Motor eficiente + VFD	-15% consumo eléctrico
Sensores y protecciones	+20% confiabilidad y seguridad
Mantenimiento preventivo adecuado	-30% fallas inesperadas

### 10.3.8. Procedimiento para el cambio de faja transportadora

- Inspección y diagnóstico del estado actual de la faja y componentes.
- Parada del sistema (lockout/tagout).
- Desmontaje de protecciones y retiro de tensores.
- Corte del empalme y retiro de la faja existente.
- Preparación del sistema para recibir la nueva faja.
- Instalación de la nueva faja y alineación inicial.

- Realización del empalme (vulcanizado o mecánico).
- Pruebas en vacío y ajuste fino.
- Prueba con carga progresiva y monitoreo.

#### **10.3.9. Procedimiento para el cambio de sistema de tensión**

- Desmontaje del sistema tensor existente (contrapeso, hidráulico, etc.).
- Diseño de anclajes y guías para el tornillo tensor en el tambor de cola.
- Fabricación o adquisición del sistema de tornillos y placas de ajuste.
- Instalación de los soportes y montaje del tambor en guías ajustables.
- Colocación de los tornillos tensores con tuercas y pernos de seguridad.
- Ajuste inicial de tensión y alineación.
- Prueba en vacío del sistema y calibración final.

#### **10.4. Cálculo de la tensión efectiva.**

Para determinar la tensión efectiva seguiremos la recomendación de los fabricantes en la que describen en una tabla la masa promedio del polín de retorno la cual nos permitirán el cálculo de la tensión.

**Tabla 36**

*Masa promedio del polín de retorno*

Table 5.42 Average weight (lbf) of return idler rotating parts – steel rolls	Belt Width (in)	CEMA Idler Class											
		B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7	F6	F7	F8
	18	13.1	16.3	12.2	16.6	21.6							
	24	16.3	20.9	15.2	20.1	27.1	20.9	30.1					
	30	19.5	24.5	18.2	24.0	32.3	25.8	35.4					
	36	22.7	28.5	21.2	28.0	37.6	30.1	40.5	59.0	70.0			
	42	26.0	33.0	24.6	32.1	43.3	34.3	47.2	67.4	80.1			
	48	27.4	36.1	27.6	36.1	48.4	38.7	54.4	75.6	89.9			
	54						43.4	60.8	83.2	99.9			
	60						49.2	68.1	92.2	109.4	132.0	148.0	163.0
	72						55.1	74.9	109.4	129.0	156.0	175.0	192.0
	84								114.0	136.2	181.0	202.0	222.0
	96								122.0	149.8	205.0	229.0	252.0

Fuente: CEMA 6th 2007

$$m_{p2} = 30.1 \text{ lbf} = 13.65 \text{ kgf}$$

$m_{p2}$  = Masa promedio del polin de impacto

Tabla 37

Peso promedio de polines de carga/impacto

Table 5.41 Average weight (lbf) of troughing idler rotating parts – steel rolls	Belt Width (in)	CEMA Idler Class											
		B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7	F6	F7	F8
	18	15.0	19.2	14.5	19.1	26.7							
	24	18.3	24.2	17.5	23.2	32.6	23.2	32.6					
	30	21.8	28.3	20.5	26.8	38.0	26.8	38.0					
	36	25.3	33.0	23.5	31.3	43.6	31.3	43.6	64.8	81.8			
	42	30.8	38.1	26.5	35.2	49.2	35.2	49.2	73.3	91.7			
	48	32.9	41.6	29.5	39.3	54.8	39.3	54.8	81.9	101.3			
	54				45.9	62.3	45.9	62.3	93.6	121.8			
	60				50.1	68.3	50.1	68.3	102.2	132.7	143.0	162.0	180.0
	72						57.9	77.8	119.4	154.5	169.0	191.0	211.0
	84								132.0	164.0	195.0	219.0	243.0
	96								145.3	173.0	221.0	248.0	274.0

Fuente: CEMA 6th 2007

$$m_{p3} = 32.6 \text{ lbf} = 14.79 \text{ kgf}$$

$m_{p3}$  = Masa promedio del polin de retorno

Tabla 38

Espaciamiento de polines por ancho de faja



**Table 5.19**  
Suggested normal spacing of belt idlers ( $S_i$ ) \*

Belt Width (in)	Troughing Idler Spacing ( $S_i$ )						Return Idlers
	Weight of material Handled, lbf/ft <sup>3</sup>						
	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

\* Spacing indicated in feet. Spacing may be limited by load rating of idler. See idler load ratings in Tables 5.30 – 5.36.

Fuente: CEMA 6th 2007

Con una densidad de:

$$\gamma = 156 \frac{Lb}{ft^3}$$

De la tabla obtenemos el espaciamiento entre polines de carga

$$S_{pc} = \frac{4ft}{fe} = 1.015m$$

$S_{pc}$  = Espaciamiento entre polines de carga.

El espacio de polines de retorno se obtiene de la ecuación siguiente.

$$S_{pr} = \frac{10ft}{Fe} = 2.54m$$

$S_{pr}$  = Espaciamiento entre polines de retorno.

### Tabla 39

Peso recomendado de banda transportadora.

**Table 5.22**  
*W<sub>b</sub> = Estimated Average Belt Weight, Multiple and Reduced Ply Belts (lb/ft)*

Belt Width (in (BW))	Material Carried, lb/ft <sup>3</sup>		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

*For steel cable belts increase the above values by 50%.*

Fuente: CEMA 6th 2007

$$W_B = 6 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} * (1.5) = 13.394 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

**Masa por metro lineal**

$$W_{ml} = \frac{Q_d}{v} * \gamma = \frac{Q_n * \frac{FD}{\gamma}}{v} * \gamma$$

**Reemplazando datos obtenemos**

$$W_{ml} = \frac{\frac{652 \text{ ton} * 0.8}{h * 156 \text{ lb/ft}^3}}{492 \text{ ft/min}} * 156 \text{ lb/ft}^3 = 52,46 \text{ kg/m}$$

$W_{ml}$  = Masa transportadora por metro lineal.

Se determina el peso del material de descarga, es necesario indicar que se tomara el dato volumétrico de la chancadora.

$$Pes_{MD} = V * g * \gamma$$

Datos:

$$V = 4.877 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 156 \text{ lb/ft}^3$$

Reemplazando datos en la ecuación anterior obtenemos.

$$Pes_{MD} = 4.877m^3 * 156 \text{ lb/ft}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Pes_{MD} = 119.6kN$$

$Pes_{MD}$  = Peso del material de descarga.

La tensión para el corte de material es.

$$T_q = Q_u = 85.2kN$$

**Se determina el movimiento de faldones.**

$$K_a = \left( \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) = 0.043$$

$K_a$  = Factor de presión hidrostática

$$P_H = \left( \frac{Pes_{MD}}{L_h * \left( \frac{B_1 + B_2}{2} \right)} \right) = \left( \frac{119.6kN}{1200 * \left( \frac{610 + 345}{2} \right)} \right) = 208.7kPa$$

$P_H$  = Presión hidrostática

$$P_V = P_H * K_a = 8.97kPa$$

$u_s = 0.2$  coeficiente de fricción

$$T_s = 2 \left( P_V * L_h * \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right) u_s \right) = 0.20kN$$

**Cálculo de tensión adicional en la banda.**

**Datos:**

$$n = 3$$

$$u_{ac} = 0.6$$

$$T_{acc} = n * u_{ac} * F_{ac} * L_b = 0.112kN$$

$$F_{ac} = \frac{88N}{m}$$

$$L_b = 28in$$

Cálculo del tensado que necesita la banda.

$$T_{efectiva} = T_q + T_s + [W_m * H + 0.04(W_B + W_m)l + T_{acc}]$$

$$T_{efectiva} = 85.2kN + 0.20kN + (52.46 * 7.76 + 0.04(65.8) * l + 0.112kN$$

$$T_{efectiva} = 86.99kN$$

Cálculo de tensión por incremento de arranque.

$$P_a = 1.2$$

$$P_a = \text{Factor de arranque de acuerdo a DIN 22101} \leq 1.7$$

NOTA: El tipo de acoplamiento es factor importante ya que esto oscila entre 1.2 y 1.4 sea el caso si el acople es rígido. Además de acuerdo a la norma DIN 22101 indica que el coeficiente para la masa reducida de rodillos es de 0.9

$$T_{efectiva}'' = P_a * T_{efectiva} = 104.38kN$$

Determinamos las tensiones de la banda transportadora.

$$C_w = \frac{1}{e^{\theta ux} - 1} = 0.71$$

$$u_x = u_{x''} * f_x \rightarrow u_x = 0.35 * 0.8 = 0.28$$

$f_x$  Factor de fricción banda transportadora recomendado por CEMA.

$T_2 = \text{Tension lado flojo de arranque.}$

$$T_2 = C_w * T_{efectiva} = 74.11kN$$

$T_1 =$  Tension lado cargado de arranque.

$$T_1 = T_2 * (e^{\theta ux} - 1) + T_2 = 178.6kN$$

$T_{2\theta} =$  Tension lado flojo operando.

$$T_{2\theta} = C_w * T_{efectiva} = 61,76kN$$

$T_{1\theta} =$  Tension con carga.

$$T_{1\theta} = T_{2\theta}(e^{\theta ux} - 1) + T_2 = 163,2kN$$

### 10.5. Selección del cilindro hidráulico

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a las tensiones se determina la carga equivalente en los cilindros hidráulicos.

$$T_2 = 74.11kN$$

$$T_1 = 178.6kN$$

Por las recomendaciones del fabricante y al contar una fricción de acero tenesmos.

- ☐  $u_{cc} = 0.2$
- ☐  $P_{PC} = 1259kgf = 12.3kN$
- ☐  $F_f = P_{PC} * u_{cc} = 0.2 * 12.3 = 2.46kN$
- ☐  $u_{cc} =$  Constante de fricción
- ☐  $P_{PC} =$  peso de polea tensada.
- ☐  $F_f =$  carga en contra del tensado.

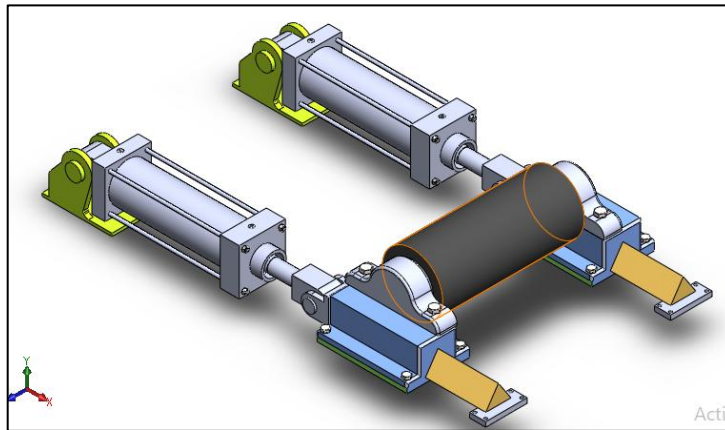
Entonces de los datos obtenidos:

$$F_t = T_1 + T_2 \cos(5) + F_f$$

Reemplazando datos en la ecuación.

$$F_t = 178.6kN + 74.11kN \cos 15 + 2.46kN = \frac{252.6kN}{2} = 126.3kN$$

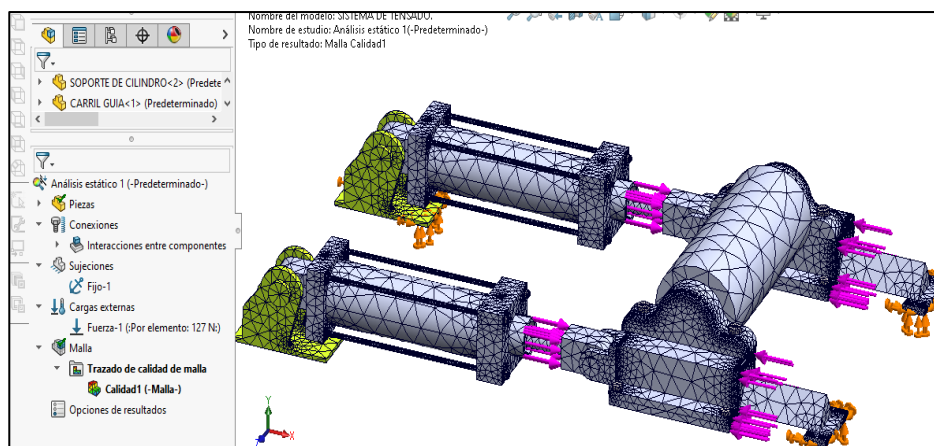
**Figura 33**  
*Cilindro neumático*



FUENTE: *Elaboración propia*

Nota: *De acuerdo a los cálculos obtenidos y el modelamiento se determina que el sistema es el adecuado para la faja transportadora.*

**Figura 34**  
*Cilindro neumático - enmallado*



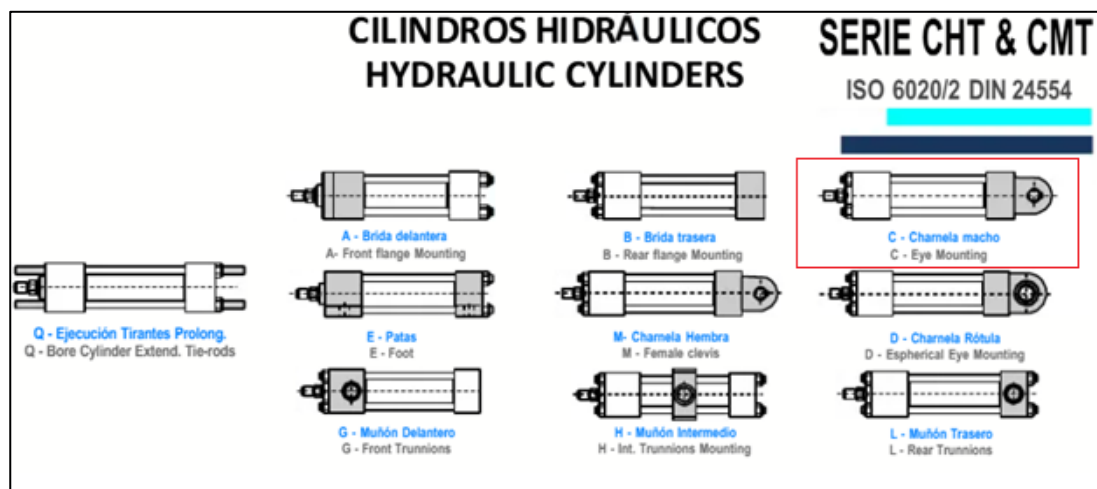
FUENTE: *Elaboración propia*

*NOTA: El modelamiento del nuevo sistema de tensado de la faja transportadora confirma lo eficiente que es el uso de cilindros hidráulicos en comparación de un tensado con contrapesos. Es por ello que se optó por seleccionar Cilindro hidráulico 5"x2.5"x19.7" PARKER*

### 10.5.1. Ficha técnica de los cilindros hidráulicos

**Figura 35**

*Tipos de cilindros actuadores*



FUENTE: *Parker*

**Tabla 40**  
*Características cilindros neumáticos*

CARACTERÍSTICAS										
Norma	ISO 6020/2 - 1991 DIN24554									
Tipo de construcción	Tapas y fijaciones con tirantes									
Presión mínima	15 bar									
Presión nominal	160 bar									
Presión de prueba	240 bar									
Posición de montaje	s/pedido									
Temperatura de fluido	-20°C + 80°C con juntas tipo M									
	-20°C + 150°C con juntas tipo W									
Fluido	Aceite mineral									
Viscosidad	12...90 m.m <sup>2</sup> ./s									
Filtración	Grado de filtración según NAS 1638									
Tipo de estanqueidad	Ver código para pedido									
Ø Camisa - Pistón (m/m)	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
Ø Vástago	12/18	14/22	18/28	22/36	28/45	36/56	45/70	59/90	70/110	90/140
Velocidad max. (m/s) tipo M	0,5				0,4		0,25			
Velocidad max. (m/s) tipo Y	1						0,7			
Tolerancia para carrera	0 + 2 mm Norma ISO 8131									
Carrera máxima	4000 mm									

SPECIFICATIONS										
Norm	ISO 6020/2 - 1991 DIN24554									
Sort of construction	Lids and fixings with tie-rods									
Minimal pressure	15 bar									
Nominal pressure	160 bar									
Test pressure	240 bar									
Assembly position	As desired									
Fluid temperature	-20°C + 80°C with seals type M									
	-20°C + 150°C with seals type W									
Fluid	Mineral oil									
Viscosity	12...90 m.m <sup>2</sup> ./s									
Filtration	Dil contamination NAS 1638									
Sort of estanqueidad	See ordering code									
Shirt - Piston (m/m)	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
Scion	12/18	14/22	18/28	22/36	28/45	36/56	45/70	59/90	70/110	90/140
Speed max. (m/s) type M	0,5				0,4		0,25			
Speed max. (m/s) type Y	1						0,7			
Stroke tolerance	0 + 2 mm ISO 8131									
Max stroke	4000 mm									

FUENTE: *Parker*



## ZARANDA VIBRATORIA

### 10.5.2. Estimación de costos

Ítem		Costo estimado
Faja transportadora 30 m (tipo EP 315/3, 600 mm ancho)	→	\$1,200.00
Sistema de tornillo tensor (materiales + fabricación + instalación)	→	\$700.00
Mano de obra (2 técnicos por 2 días)	→	\$400.00
Transporte y logística	→	\$200.00
Total	→	\$1,200.00

### 10.5.3. Parámetros de diseño recomendado

Parámetro	→	Recomendación técnica
<b>Tipo de malla</b>	→	Malla modular de poliuretano (PU) con apertura de ½"
<b>Ángulo de inclinación</b>	→	15° – 20° (para material < 3")
<b>Frecuencia de vibración</b>	→	850 – 950 RPM (dependiendo del diseño)
<b>Amplitud de vibración</b>	→	6 – 8 mm (ajustable según carga)
<b>Tipo de excitación</b>	→	Doble eje contrarrotante o moto-vibradores sincronizados
<b>Aislamiento vibratorio</b>	→	Resortes helicoidales o bloques de caucho de alta resistencia
<b>Motores</b>	→	2 × 7.5 HP o 2 × 10 HP, motores trifásicos con protección IP55
<b>Capacidad estimada</b>	→	80 – 120 TPH (dependiendo del material y del estado del equipo)
<b>Tipo de descarga</b>	→	Canaletas con faldones anti derrame + tolva intermedia

10.5.4. Propuestas de mejora

- Sustitución de mallas metálicas por módulos de poliuretano para mayor durabilidad y menor cegado.
- Verificación de alineamiento y balanceo de los ejes vibradores.
- Instalación de sensores de vibración y temperatura en rodamientos.
- Reemplazo de resortes metálicos desgastados por elementos de caucho vulcanizado para mayor aislamiento.
- Incorporar cubierta contra polvo y sistemas de lavado (si el material lo permite).

10.5.5. Impacto estimado de mejora

La zaranda vibratoria 5' × 10' puede operar eficientemente si se actualizan elementos clave como las mallas, el sistema de vibración y los apoyos estructurales. Con estas mejoras, se puede alcanzar una eficiencia de clasificación superior al 85%, reduciendo el retrabajo y optimizando la carga que llega a la chancadora Symons.

MEJORA IMPLEMENTADA	IMPACTO ESTIMADO
Mallas de poliuretano	+50% vida útil, -30% mantenimiento
Aislamiento vibratorio optimizado	+20% confiabilidad estructural
Sensores de monitoreo	-25% paradas no planificadas
Ajuste óptimo de inclinación	+15% eficiencia de clasificación
Lubricación automática	-30% intervención manual

Nota. Elaboración propia

### 10.5.6. Componentes de sistema de aislamiento

**Tabla 41**

*Componentes sistema de aislamiento*

Componente	Descripción	Material / Tipo
Resortes helicoidales industriales	Soportan el peso de la zaranda y absorben vibraciones verticales	Acero templado
Amortiguadores o pads de caucho	Reducen la transmisión de vibración a la estructura	Caucho natural, neopreno o poliuretano
Base metálica de soporte (opcional)	Permite montaje de resortes y distribución de carga	Acero estructural ASTM A36
Topes de seguridad	Evitan desplazamientos excesivos	Pernos + bujes de goma

**Nota.** Elaboración propia

### 10.5.7. Cantidad y dimensionamiento estimado

- Número de resortes o almohadillas: Usualmente se emplean entre 4 y 6 unidades, en función de las dimensiones y masa de la zaranda.
- Carga soportada por cada resorte: Cada resorte debe absorber aproximadamente una cuarta parte del peso dinámico total.
- Frecuencia natural sugerida: Se recomienda un rango de 3 a 6 Hz, adecuado para aislar vibraciones generadas entre 15 y 20 Hz.

### 10.5.8. Tiempo de Implementación

Actividad	→	Tiempo estimado
Cálculo y selección de resortes/pads	→	1 día
Fabricación o compra de componentes	→	5 a 7 días
Instalación y nivelación de zaranda	→	1 a 2 días
Total, estimado	→	7 a 10 días

### 10.5.9. Costo estimado

**Tabla 42**  
*Costos zaranda*

Ítem	Costo Unitario (USD)	Cantidad	Subtotal (USD)
Resortes helicoidales industriales	250 – 400	4 – 6	1,000 – 2,400
Pads de caucho o poliuretano	80 – 150	4 – 6	320 – 900
Base metálica estructural (opcional)	300 – 500	1	300 – 500
Topes de seguridad y pernos	50 – 100	4	200 – 400
Mano de obra (2–3 personas, 1 día)	—	—	300 – 500
Total aproximado	—	—	1,500 – 3,800

**Nota.** Elaboración propia

## 10.6. Chancadora secundaria Symons

### 10.6.1. Datos actuales

- Tipo: Chancadora cónica Symons 3" cabeza corta
- Tipo de trituración: Secundaria
- Apertura de alimentación: 2 ½"
- Ajuste de descarga: 3/8" – ½"
- Capacidad estimada: 50 – 90 TPH
- Sistema de lubricación: Por bomba + depósito
- Sistema de ajuste: Mecánico
- Tipo de transmisión: Correas en V + polea + motor
- Tipo de revestimientos: Cóncavo y manto de acero de manganeso

### 10.6.2. Problemas comunes

Problema indicado	Efecto técnico
Desgaste acelerado del manto cóncavo	Reducción en la eficiencia de trituración
Ajuste de abertura poco preciso	Tamaño de producto inestable
Paradas frecuentes por recalentamiento	Interrupciones en la línea de chancado
Baja eficiencia energética del motor antiguo	Mayor consumo por tonelada
Sistema de lubricación básico	Riesgo de falla por fricción

### 10.6.1. Fundamentación por Ficha Técnica

**Tabla 43**

*Cuadro comparativo chancadora cónica*

Parámetro	Symons 3' SH	HP100 SH	Ventaja HP100
Potencia instalada	60–75 HP (~45–55 kW)	125 HP (~90–110 kW)	Mayor capacidad de trituración
Tipo de regulación	Mecánica / manual	Hidráulica + automática	Precisión y rapidez en el ajuste
Sistema de protección	Mecánico	Hidráulico + sensores	Menor riesgo de daño
Tipo de cavidad	Fina / Media	Fina / Media / Extra fina	Mayor versatilidad
Capacidad máxima	126 TPH aprox.	Hasta 200 TPH	Mayor producción
Rango de CSS	6 – 19 mm	6 – 17 mm	Granulometría equivalente o mejor
Soporte técnico	Limitado	Amplio (Metso)	Facilidad de mantenimiento

**Nota.** Elaboración propia

### 10.6.2. Fundamentos por producción

- Producción Symons 3': 58–126 TPH.
- Producción HP100: hasta 200 TPH.
- El control automático del CSS permite mantener un caudal constante.
- La cámara optimizada mejora el tratamiento de minerales duros sin perder eficiencia.

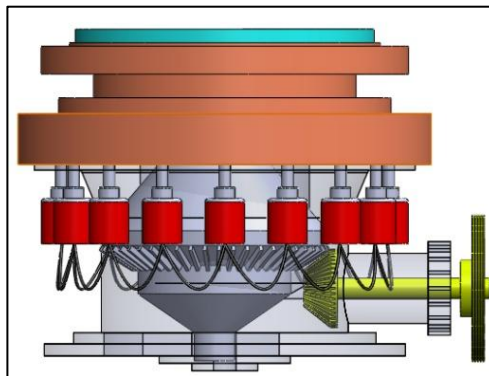
### 10.6.3. Fundamentos por operatividad

- La Symons requiere ajustes manuales y detenciones para configuración.
- La HP100 cuenta con:
  - Regulación hidráulica automática.
  - Protección contra intriturbables.
  - Control mediante sensores o PLC.
  - Sistema de lubricación centralizado.

### 10.6.4. Fundamentos por operatividad

- Menor consumo específico de energía (kWh/t).
- Menor desgaste de componentes por cámara constante.
- Reducción de costos operativos a mediano plazo.
- Mejor control de granulometría final.

**Figura 36**  
*Chancadora HP100*



*Nota. Elaboración propia*

### 10.6.5. Costo de Chancadora HP 100

**Tabla 44**

*Costo y detalles HP100*

Concepto	Detalle	Costo estimado (USD)
Trituradora de cono Metso HP100	Incluye bastidor, bowl, cabeza, sistema de lubricación	180,000 – 240,000
Motor eléctrico (90 – 110 kW)	Motor de alta eficiencia (IE3 – IE4)	9,000 – 12,000
Variador de frecuencia (opcional)	Permite control preciso de RPM	5,000 – 7,000
Sistema hidráulico de ajuste y protección	Incluido en versiones estándar	Incluido
Subtotal equipo principal	—	194,000 – 259,000

**Nota.** Elaboración propia

### 10.6.6. Costo de adaptación

**Tabla 45**

*Costo de adaptación HP100*

Concepto	Detalle	Costo estimado (USD)
Retiro de Symons 3' cabeza corta	Corte de base, desmontaje, maniobra	4,000 – 6,000
Base de concreto para HP100	Cimentación reforzada, anclaje, vibrado	6,000 – 10,000



Estructura metálica soporte	Chasis o bastidor de acero	7,000 – 12,000
Montaje y alineamiento del equipo	Grúa, herramientas especiales, supervisión	5,000 – 8,000
Instalación eléctrica e instrumentación	Cableado, tableros, sensores, protecciones	3,000 – 5,000
Subtotal servicios e instalación	—	25,000 – 41,000

---

**Nota.** Elaboración propia

### 10.6.6.1. Hoja de Seguridad de Materiales de Wolframio

NOMBRE		QUÍMICO:	
Tungsteno y material de tungsteno, tungsteno-níquel-cobre o de aleaciones pesadas de tungsteno-níquel-hierro			
Nombre Comercial y Sinónimos: Todos los productos de tungsteno CHINATUNGSTEN'S ONLINE			
Familia química: Carburo de metal refractarios		Peso molecular: N/A	
DATOS FÍSICOS			
Apariencia y olor: Dark Metal Gris / n olor			
Punto de ebullición: 5927°C		Peso Específico (H20=1): 11.0 to 15.5	
Presión de vapor (mm Hg): N/A		Porcentaje de volatilidad por Volume: 0	
Densidad de vapor (Air=1): N/A		Tasa de evaporación: N/A	
Solubilidad en agua: Insoluble		La mejor manera monitoreada: Las muestras de aire	
INGREDIENTES PELIGROSOS			
Material	% por peso	OSHA PEL	ACGIH TLV
El carburo de tungsteno (límites de polvo de tungsteno)	41-97%*	---	5 mg/m 3
Cobalto y otros elementos	3-10% *	0.1 mg/m3	0.1 mg/m3
Depende de la calidad para			
SALUD DE DATOS DE PELIGRO			
Vías de exposición: Producción y la aplicación de proceso podría llevar a polvo de ingredientes potencialmente peligrosos, que puede ser por inhalación, ingestión o entrar en contacto con la piel o los ojos.			
Efectos de la sobreexposición:			
La inhalación - El polvo de amolado puede causar irritación de la nariz y la garganta. Tiene también tiene el potencial para causar enfermedad respiratoria transitoria o permanente, incluyendo asma bronquial y fibrosis intersticial, en un pequeño porcentaje de los individuos expuestos. Se ha informado de que el polvo de cobalto es la causa más probable de tales enfermedades respiratorias. Los síntomas incluyen tos productiva, sibilancias, dificultad para respirar, opresión en el pecho y pérdida de peso. La fibrosis intersticial (cicatrización del pulmón) puede causar discapacidad permanente o muerte. Ciertas afecciones pulmonares pueden agravarse por la exposición.			
Contacto con la piel -Puede causar irritación o una erupción cutánea alérgica por sensibilización al cobalto en el caso de tungsteno se utilizan en el proceso de producción. Ciertas condiciones de la piel, como sequedad de la piel, pueden agravarse por la exposición.			
Contacto con los ojos - Puede causar irritación.			
Ingestión - Informes fuera de la industria sugieren que la ingestión de cantidades significativas de cobalto tiene el potencial para causar la sangre, problemas del corazón y otros órganos.			
Procedimientos de Emergencia y Primeros Auxilios: aplicable para polvos o nieblas.			
La inhalación - Si los síntomas de afectación pulmonar desarrollar (tos, sibilancias, dificultad para respirar, etc), retire de la exposición y buscar atención médica.			
Contacto con la piel - Si la irritación o salpullido, es necesario lavar completamente la zona afectada con jabón y agua y aislar de la exposición. Si la irritación o erupción persiste, busque atención médica.			
Contacto con los ojos - En caso de irritación, lavar con abundante cantidad de agua. Si la irritación persiste, busque atención médica.			
Ingestión - Si se ingieren grandes cantidades, diluir con una gran cantidad de agua, provocar el vómito y buscar atención médica.			
Cancerígeno Evaluación (NTP Informe Anual, Monografías del IARC, otros):			
Ninguno de los componentes de este material han sido identificados como cancerígenos por la sospecha NTP, IARC or OSHA			
Nombre		químico:	
Tungsteno y material de tungsteno, tungsteno-níquel-cobre o de aleaciones pesadas de tungsteno-níquel-hierro			

DATOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN			
<b>Punto de inflamación:</b> N / A <b>Método de prueba:</b> el --- <b>inflamable</b> <b>Límites:</b> N / A <b>LEL:</b> --- <b>UEL:</b> --- <b>Las partículas de tungsteno de alta densidad de aleación de carburo cementado y Hard producto no son los riesgos de incendio. El polvo generado en las operaciones de rectificado puede incendiarse si se permite que se acumule y se somete a una fuente de temperatura de ignición de ultra-alta.</b>			
<b>Medios</b>		<b>de</b>	
Para polvo, sofocar con arena seca, dolomita seco, tipo ABC extintor de fuego, o una inundación con agua.			
<b>Procedimientos</b>		<b>especiales para combatir incendios:</b>	
Por un incendio en polvo confinado a un área pequeña, utilice un respirador aprobado para polvos y humos tóxicos. Para un gran incendio, los bomberos deben usar aparatos autónomos de respiración.			
<b>Riesgos</b>		<b>inusuales de incendio y explosión:</b>	
Durante el proceso de producción, los polvos pueden presentar un peligro de incendio o explosión en raras condiciones favorables del tamaño de partícula, la dispersión y la fuente de ignición temperatura ultra-alto. Sin embargo, esto no se espera que sea un problema en los envases normales y condiciones de manejo a prueba de polvo.			
DATOS DE REACTIVIDAD			
<b>Estabilidad:</b>	Inestable		<b>Condiciones que deben evitarse:</b> N/A
	Estable	X	
<b>Incompatibilidad:</b> Contacto de polvo con oxidantes fuertes puede causar incendios o explosiones.			
<b>Materias que deben evitarse:</b> ácidos fuertes			
<b>Productos de descomposición peligrosos:</b> Ninguno			
<b>Polimerización peligrosa:</b>	May Occur		<b>Condiciones que deben evitarse:</b> N/A
	No ocurrirá	X	
DERRAME O FUGAS DE LOS PROCEDIMIENTOS			
<b>Pasos a tomar si el material es liberado o derramado:</b> Ventile el área del derrame. Limpiar utilizando métodos que eviten la generación de polvo como de vacío (con un filtro adecuado para evitar que los niveles de polvo en el aire que sobrepasan el PEL o TLV), polvo trapee o mojados limpieza. Si se genera polvo en el aire, utilice un respirador aprobado por NIOSH.			
<b>Método de eliminación de residuos:</b> Eliminar de acuerdo con los reglamentos gubernamentales correspondientes. Puede ser vendidos como chatarra para recuperar.			
INFORMACIÓN DE PROTECCIÓN ESPECIAL			
<b>Protección respiratoria:</b> Utilice un respirador aprobado por NIOSH adecuado si las concentraciones de polvo en el aire superior a la correspondiente PEL o TLV. Todos los requisitos pertinentes establecidos en la norma 29 CFR 1910,134 deben ser satisfechas.			
<b>Ventilación:</b> Usar un sistema de ventilación que es adecuado para limitar la exposición personal al polvo en el aire a niveles que no excedan del PEL o TLV. Si dicho material no esté disponible, utilice respiradores como se especifica arriba.			
<b>Guantes de protección:</b> Guantes de protección o crema protectora se recomiendan cuando el contacto con polvo o niebla es probable. Antes de aplicar la crema de barrera o el uso de guantes de protección, lávese bien las.			
<b>Protección para los ojos:</b> Gafas de seguridad con protectores laterales o gafas de protección, se recomienda.			
<b>Equipo de protección:</b> N/A			
PRECAUCIONES ESPECIALES			
<b>Precauciones a tomar para el manejo y almacenamiento:</b> Mantener una buena procedimientos de limpieza para evitar la acumulación de polvo durante la molienda. Evitar la inhalación de polvo y el contacto directo con el polvo.			
<b>Otras precauciones:</b> Limpiar utilizando métodos que eviten la generación de polvo como de vacío (con un filtro adecuado para evitar que los niveles de polvo en el aire que sobrepasan el PEL o TLV), polvo trapee o mojados limpieza. Si se genera polvo en el aire, use un respirador adecuado un respirador aprobado.			

Lávese bien las manos después de manipular, antes de comer o fumar. Lavar la piel expuesta al final del turno de trabajo. No sacuda la ropa, trapos u otros objetos para eliminar el polvo. El polvo debe eliminarse por lavado o pasar la aspiradora (con filtros adecuados) la ropa, trapos, u otros artículos.

Reconocimientos médicos periódicos que se recomiendan para las personas regularmente expuestas a polvo o niebla.

#### INFORMACIÓN DE CONTACTO DE EMERGENCIA

**EMPRESA:** CHINATUNGSTEN ONLINE (Xiamen) MANU. & Sales Corp.

**PERSONA DE CONTACTO:** DR.HANNS , MS. CHEN, MR.LEO

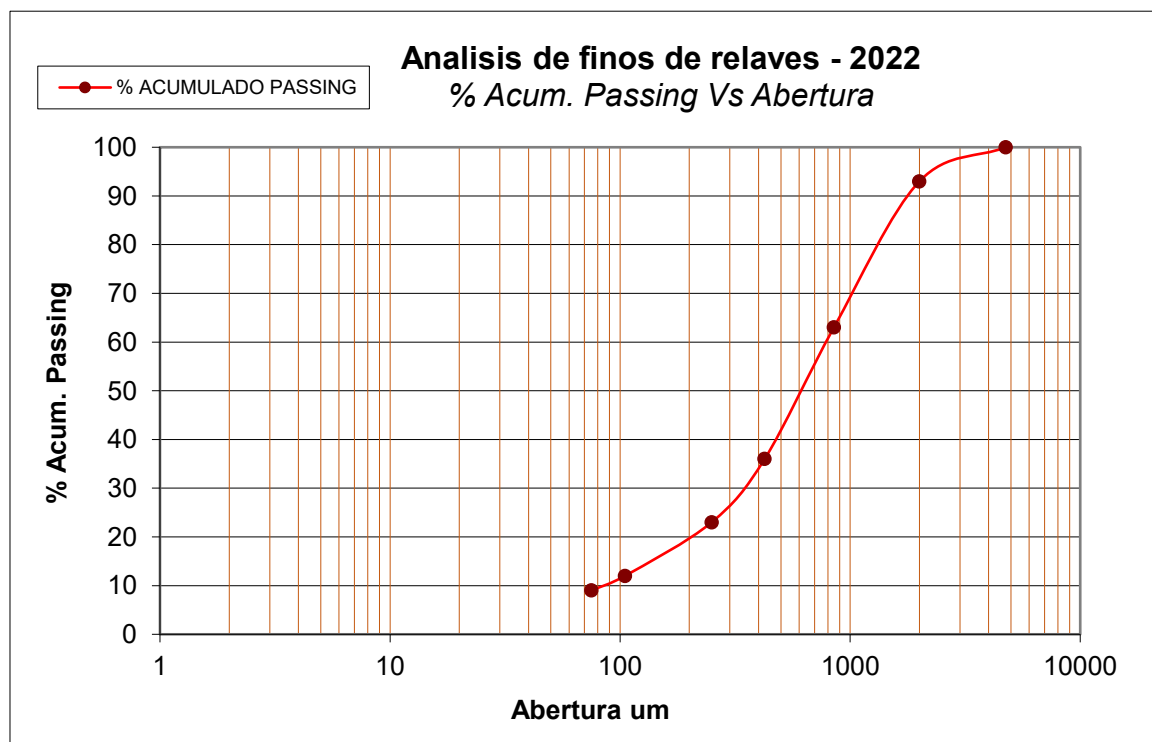
**EMERGENCY CALL:** +86 592 512 9595 +86 594 7659998 +86 13806045308

**EMAIL** info@chinatungsten.com

### 10.6.7. Análisis de relave general-planta concentradora

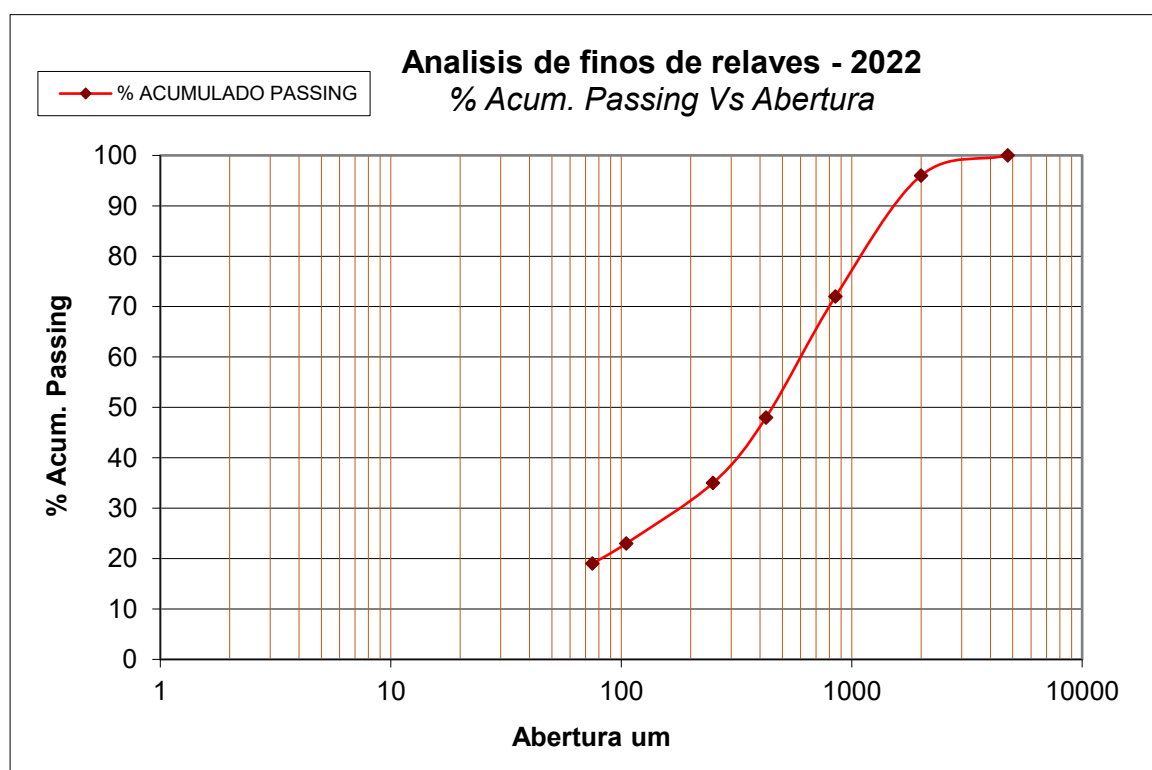
#### 10.6.7.1. Análisis granulométrico finos de relaves

MALLA N°	ABERTURA (um)	Alimentación % PESO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO PASSING
4	4750	0.00	0.00	100.00
10	2000	7.00	7.00	93.00
20	850	30.00	37.00	63.00
40	425	27.00	64.00	36.00
60	250	13.00	77.00	23.00
140	105	11.00	88.00	12.00
200	75	3.00	91.00	9.00
-200	S/N	9.00	100.00	0.00
<b>Total</b>		100.00		



### 10.6.7.2. Análisis granulométrico finos de relave

MALLA N°	ABERTURA (um)	Alimentación % PESO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO PASSING
4	4750	0.00	0.00	100.00
10	2000	4.00	4.00	96.00
20	850	24.00	28.00	72.00
40	425	24.00	52.00	48.00
60	250	13.00	65.00	35.00
140	105	12.00	77.00	23.00
200	75	4.00	81.00	19.00
-200	S/N	19.00	100.00	0.00
<b>Total</b>		100.00		



### 10.6.7.3. Análisis granulométrico valorado – gruesos del relave

Malla	Abertura (micras)	ALIMENTACION			Over size Ac +			Under size Ac -		
		Peso ( % )	WO3 ( % )	% Distrib. WO3	Peso	% WO3	Distrib.WO3	Peso	% WO3	Distrib.WO3
6	3350	0.45%	0.07%	0.22%	0.45%	0.07%	0.22%	99.54%	0.141%	99.78%
12	1700	3.65%	0.32%	8.29%	4.10%	0.29%	8.51%	95.89%	0.134%	91.49%
30	600	35.38%	0.07%	17.58%	39.48%	0.09%	26.09%	60.51%	0.172%	73.91%
70	212	37.43%	0.05%	13.28%	76.91%	0.07%	39.38%	23.08%	0.370%	60.62%
100	147	7.04%	0.06%	3.00%	83.95%	0.07%	42.38%	16.04%	0.506%	57.62%
140	106	5.70%	0.12%	4.86%	89.65%	0.07%	47.23%	10.34%	0.719%	52.77%
200	74	4.55%	0.14%	4.52%	94.20%	0.08%	51.75%	5.79%	1.174%	48.25%
270	52	3.03%	0.80%	17.21%	97.23%	0.10%	68.96%	2.76%	1.584%	31.04%
325	44	1.34%	1.03%	9.80%	98.57%	0.11%	78.76%	1.42%	2.107%	21.24%
400	37	0.80%	1.47%	8.35%	99.37%	0.12%	87.11%	0.62%	2.930%	12.89%
-400	S/N	0.62%	2.93%	12.89%			100.00%			0.00%
Total		1.000	0.14%	100.00%						

Malla	Abertura (micras)	ALIMENTACION		
		Peso ( % )	WO3 ( % )	% Distrib. WO3
+ m6	3350	0.45%	0.07%	0.22%
- m6, + m 70	> 212	76.46%	0.07%	39.16%
- m70	> 212	23.08%	0.37%	60.62%

El contenido de % WO3 en la parte gruesa de los relaves en el año 2022, fue de 0.14%, encontrándose alto contenido de %WO3 en las mallas finas (entre la malla #200 y la malla #400, sin embargo, su respectivo porcentaje en peso (%) son menores.

Malla	Abertura (micras)	ALIMENTACION			Over size Ac +			Under size Ac -		
		Peso ( % )	WO3 ( % )	% Distrib. WO3	Peso	% WO3	Distrib.WO3	Peso	% WO3	Distrib.WO3
6	3350	0.28%	0.05%	0.10%	0.28%	0.05%	0.10%	99.72%	0.225%	99.90%
12	1700	2.20%	0.17%	2.65%	2.48%	0.16%	2.75%	97.52%	0.227%	97.25%
30	600	18.18%	0.05%	6.45%	20.66%	0.06%	9.21%	79.34%	0.267%	90.79%
70	212	33.10%	0.05%	11.75%	53.76%	0.05%	20.95%	46.24%	0.423%	79.05%
100	147	12.78%	0.08%	7.26%	66.54%	0.06%	28.21%	33.46%	0.553%	71.79%
140	106	12.50%	0.05%	4.44%	79.04%	0.06%	32.65%	20.96%	0.854%	67.35%
200	74	9.38%	0.28%	18.64%	88.42%	0.08%	51.29%	11.58%	1.318%	48.71%
270	52	3.41%	0.57%	13.80%	91.83%	0.10%	65.09%	8.17%	1.630%	34.91%
325	44	2.77%	1.46%	28.71%	94.60%	0.14%	93.80%	5.40%	1.718%	6.20%
400	37	3.84%	1.53%	41.70%	98.44%	0.19%	135.50%	1.56%	2.180%	-35.50%
-400	S/N	1.56%	2.18%	24.14%			159.64%			-59.64%
Total		1.000	0.22%	159.64%						

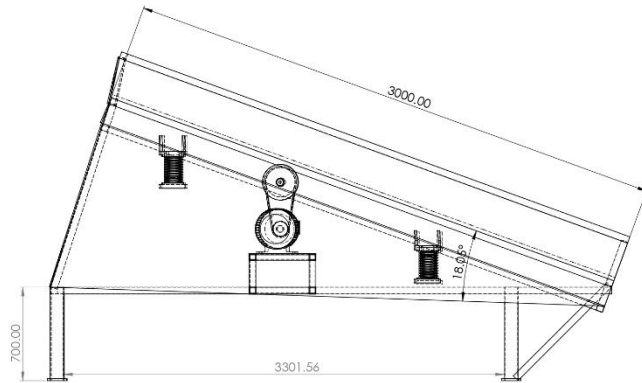
Malla	Abertura (micras)	ALIMENTACION		
		Peso ( % )	WO3 ( % )	% Distrib. WO3
+ m6	3350	0.28%	0.05%	0.06%
- m6, + m 70	> 212	53.48%	0.05%	20.85%
- m70	> 212	46.24%	0.42%	138.69%

El contenido de %WO<sub>3</sub>, en la zona de finos en el año 2022, fue de 0.22%, encontrándose alto contenido de %WO<sub>3</sub> en las mallas finas (entre la malla #200 y malla #400), sin embargo, su respectivo porcentaje en peso (%) son menores.

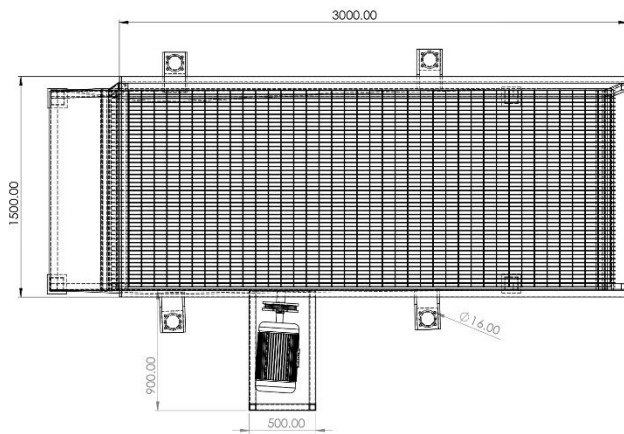
Es posible observar para ambas muestras (Relaves de la zona de finos y gruesos), las partículas mixtas cuyos tamaños son superiores a la malla #70 pueden ser liberadas con una remolienda. Así mismo las partículas inferiores a la malla #200 ya se encuentran liberadas, las cuales serán enviadas a los equipos pre-concentradores para su recuperación.

**PLANOS DE EQUIPOS  
ELECTROMECÁNICOS**

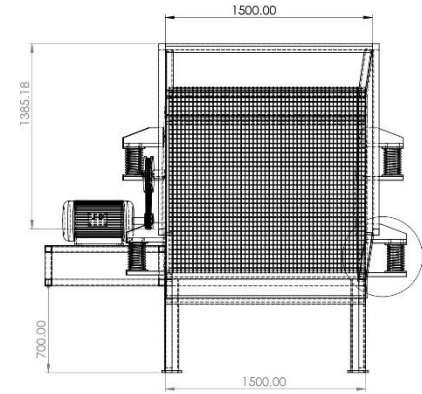




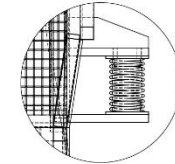
VISTA LATERAL  
ESCALA 1:20



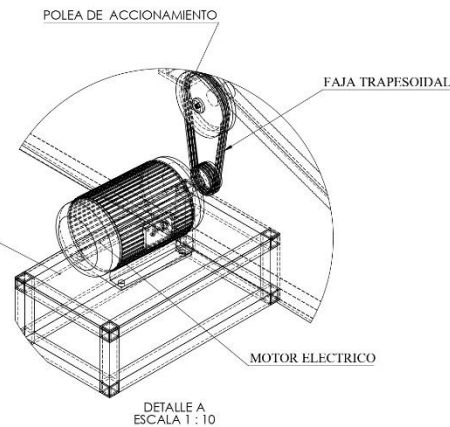
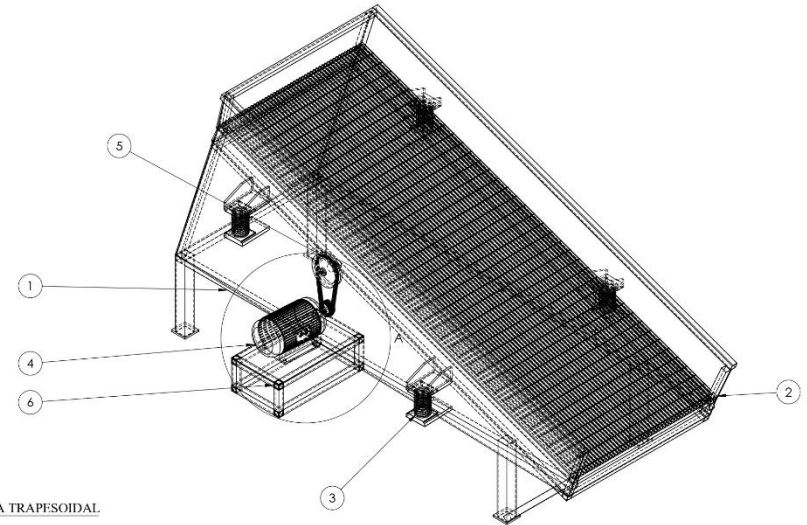
VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1:20



VISTA FRONTAL  
ESCALA 1:20



SISTEMA DE AMORTIGUACION  
DETALLE B  
ESCALA 1:10



DETALLE A  
ESCALA 1:10

Pos.	Descripción	Material	Cant Conj		Peso en Kg		Observaciones
			Pieza Conjunto	Total	Pieza	Total	
1	BASTIDOR PRINCIPAL	ASTM A36	-	1	-	-	
2	PANEL DE MALLA	ACERO 1020	-	1	-	-	
3	CONJUNTO AMORTIGUACION	RPR208.2	-	4	-	-	
4	MOTOR ELECTRICO	15HP	-	1	-	-	
5	FAJA	TRAPEZOIDAL	-	3	-	-	
6	SOPORTE DE MOTOR	ASTM A36	-	1	-	-	

NOTA:  
1. Todas las medidas están en milímetros (mm).  
2. El material de los equipos electromecánicos varía de acuerdo al fabricante.

SISTEMA DE MEDICIÓN	UNIDAD	CALIDAD DE SUPERFICIES				TOLERANCIAS PARA COTAS LINEALES Y GEOMETRICAS SIN INDICACION PRECEDIDA DE TOLERANCIA							
		AS	12.5	6.3	3.2	ALUMINIO DE ALUMINIO	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.0063	0.00315	0.001575
TOLERANCIA DE MEDICIÓN	AS	12.5	6.3	3.2	1.6	ALUMINIO DE ALUMINIO	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.0063	0.00315	0.001575
	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	ALUMINIO DE ALUMINIO	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.0063	0.00315	0.001575
	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	ALUMINIO DE ALUMINIO	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.0063	0.00315	0.001575
	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	ALUMINIO DE ALUMINIO	0.1	0.05	0.025	0.0125	0.0063	0.00315	0.001575



ZARANDA VIBRATORIA 5' X 10'

Plano del conjunto Escala 1:20 Hoja : 5 de 6

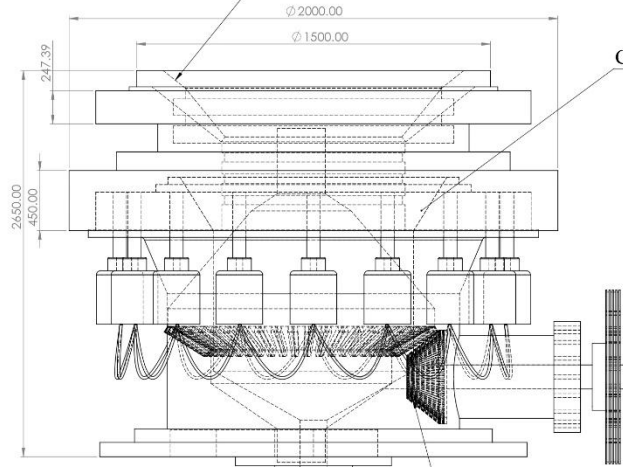
Elaborado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D. Fecha: 19/07/2025

Revisado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D.

Aprobado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D.

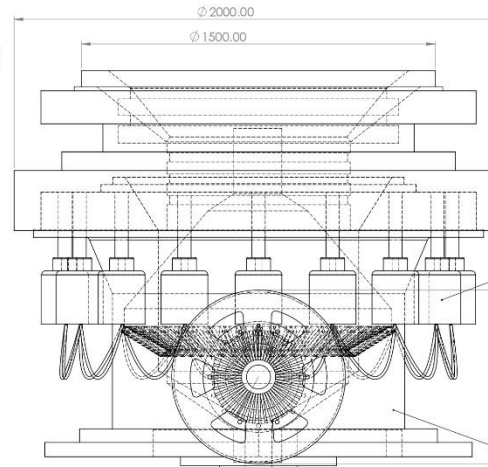
Formato  
**A3**

# APERTURA DE ALIMENTACION



VISTA LATERAL  
ESCALA 1 : 20

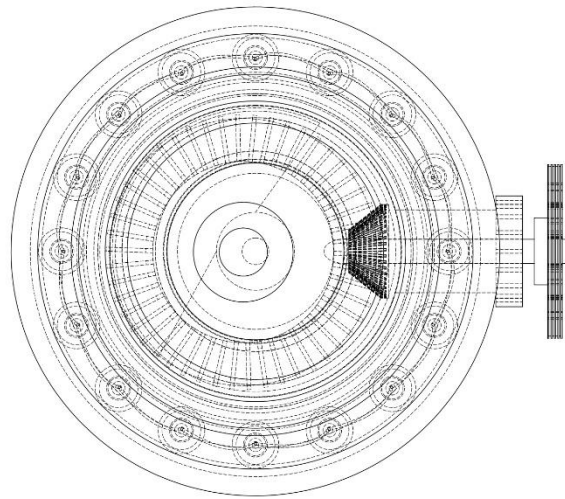
## CONJUNTO DEL TAZON



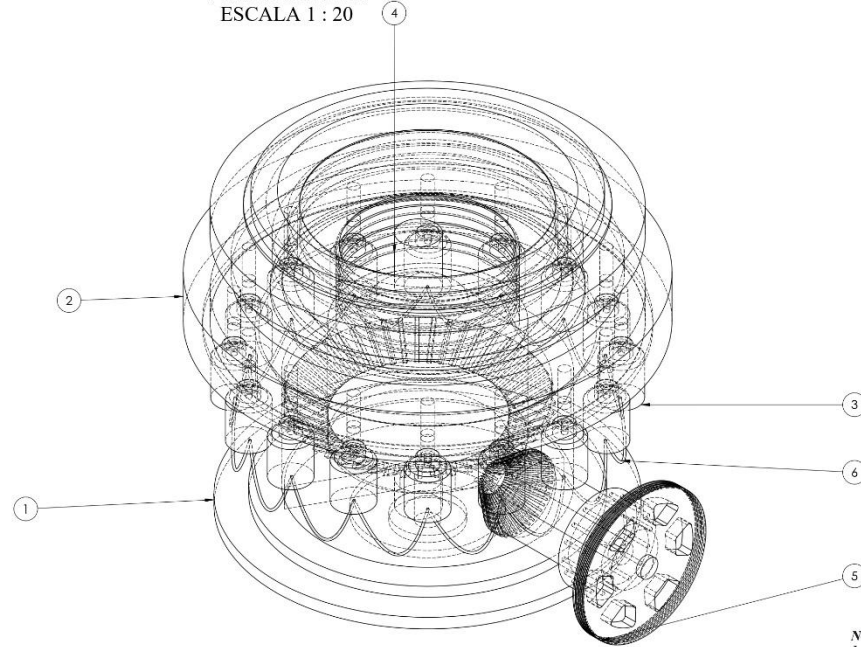
VISTA FRONTAL  
ESCALA 1 : 20

## CILINDRO DE SUJECION

## BASTIDOR PRINCIPAL



VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1 : 20



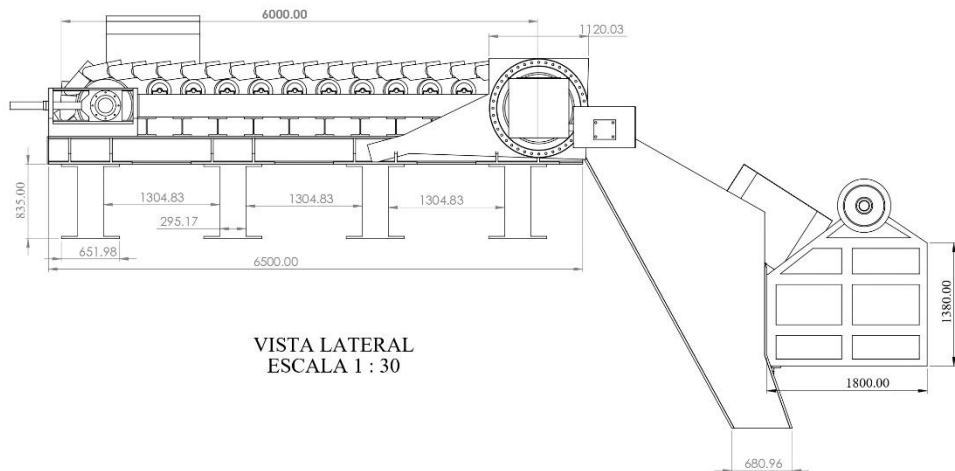
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CUERPO INFERIOR		1
2	CUERPO MEDIO		1
3	PISTONES		16
4	CUERPO SUPERIO		1
5	EJE CONDUCTOR		1
6	MANGUERAS		16

- NOTA:**  
1. Todas las medidas estan enmilímetros (mm).  
2. El material de los diferentes componentes de una chancadora conica HP100 estan determinadas por el fabricante.

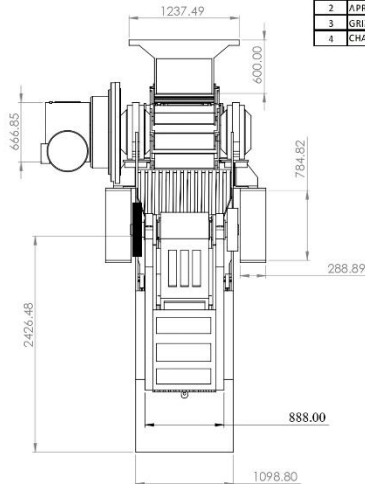
CALIDAD DE SUPERFICIES				TOLERANCIAS PARA COTAS LINEALES Y CUADRICULAS SIN INDICACION INDIVIDUAL DE TOLERANCIA									
SIMBOLO	UNIDAD	VALOR	VALOR	ALCANCE DE LAS MEDIDAS	0	1	2	3	4	5	6	7	8
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200
RA	mm	12.5	25	RA	12.5	25	50	100	200	400	800	1600	3200

CHANCADORA CONICA HP100			
Plano del conjunto	Escala 1:20	Hoja: 6 de 6	
Elaborado por: Daniel Valentin V. / Jon Torres .D	Fecha: 19/07/2025		
Revisado po: Daniel Valentin V. / Jon Torres .D			
Aprobado por: Daniel Valentin V. / Jon Torres.D	Formato		AS

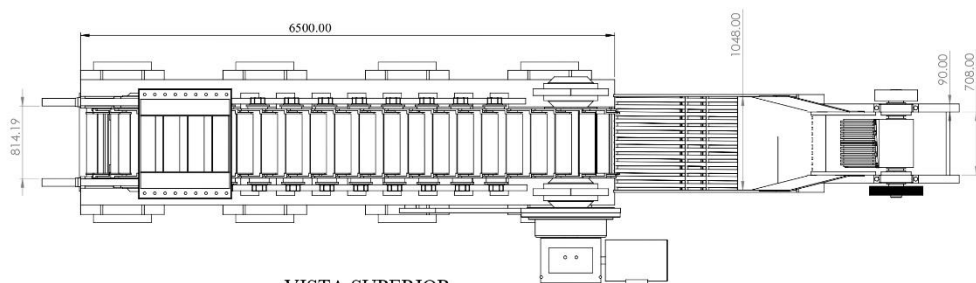




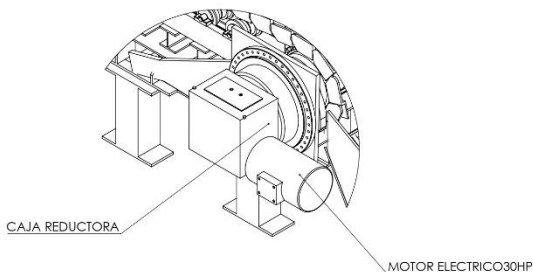
VISTA LATERAL  
ESCALA 1 : 30



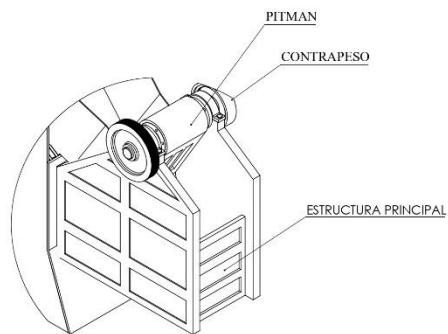
VISTA FRONTAL  
ESCALA 1 : 30



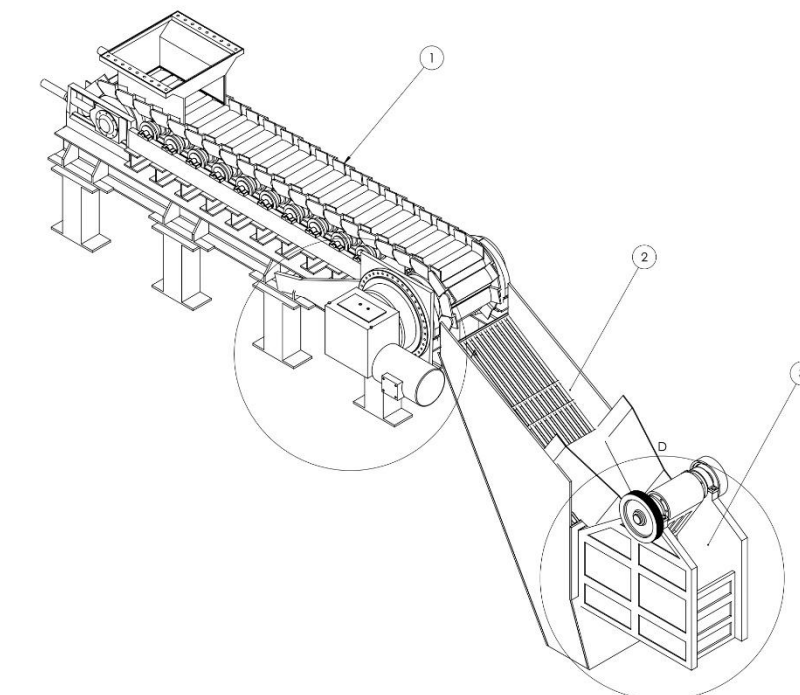
VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1 : 30



DETALLE A  
ESCALA 1 : 25



CHANCADOR DE QUIJADA 20"x36"  
DETALLE D  
ESCALA 1 : 25

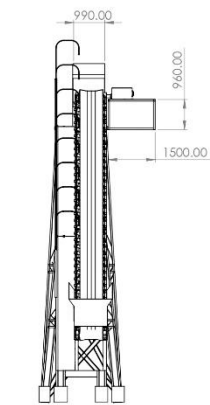
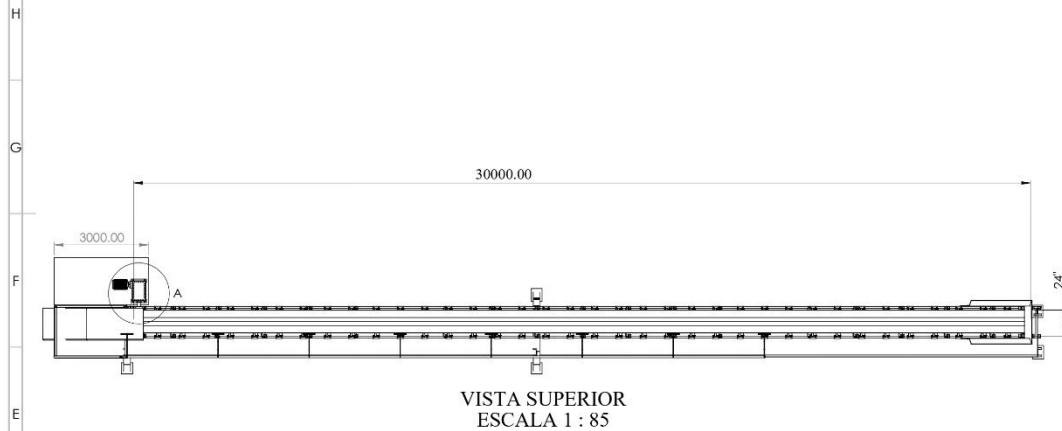


- NOTA:  
1. Todas las medidas estan en milímetros (mm).  
2. El material de los equipos electromecánicos varian de acuerdo al fabricante.

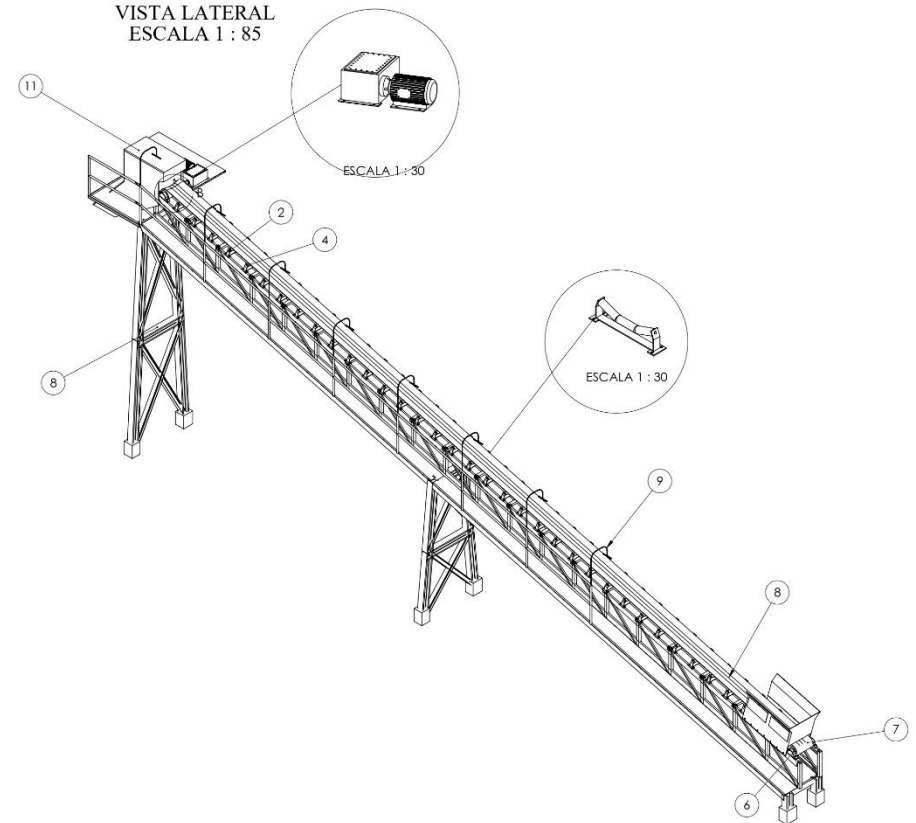
CALIDAD DE SUPERFICIES				TOLERANCIAS PARA COTAS LINEALES Y ANGULARES SIN INDICACION INDIVIDUAL DE TOLERANCIA									
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ALGUNAS DE LAS MEDIDAS	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000
ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	ENGRUPO	6	10	20	40	100	200	500	1000	2000



PROCESO DE CHANCADO PRIMARIO		
Plano del conjunto	Escala 1:30	Hoja: 3 de 6
Elaborado por: Daniel Valentin V. / Jon Torres D.	Fecha: 19/07/2025	
Revisado por: Daniel Valentin V. / Jon Torres D.		
Aprobado por: Daniel Valentin V. / Jon Torres D.	Formato A2	



VISTA LATERAL  
ESCALA 1 : 85

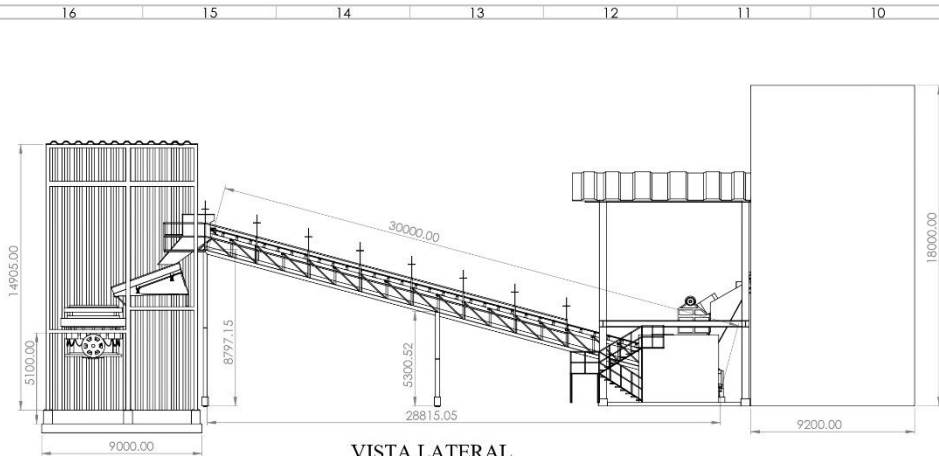


Pos.	Descripción	Material	Canti Conj		Peso en Kg		Observaciones
			Piezas	Total	Piezas	Total	
1	BASE SOPORTE DE POLINES	ASTM A36	-	36	-	-	
2	POLINES	ACERO 1020	-	108	-	-	
3	CHUMACERAS	RP6208.2	-	4	-	-	
4	BANDA TRANSPORTADORA	EP 315/3	-	1	-	-	
5	ILUMINACION		-	8	-	-	
6	PROTECTOR DEL MOTOR	ASTM A36	-	1	-	-	
7	ESTRUCTURA METALICA	ASTM A36	-	1	-	-	

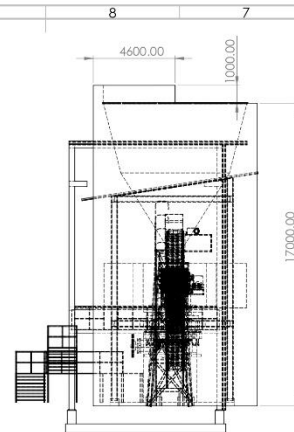
- NOTA:**
1. Todas las medidas están en milímetros (mm)
  2. Los materiales de los equipos se rigen según especificaciones técnicas del fabricante.

CALIDAD DE SUPERFICIES		TOLERANCIAS PARA COCERES LINEALES Y GEOMÉTRICAS SIN INDICACIONES ADICIONALES DE TOLERANCIAS										
FIGURA 13-12	 SÍMBOLO PARA SÚPERFICIE (T14) en $\mu\text{m}$	 RUGOSIDAD MEDIDA (Rz) en $\mu\text{m}$	 RUGOSIDAD MEDIDA (Ry) en $\mu\text{m}$	 Ra 12.5	 Ra 2.5	 Ra 1.6	 Ra 12.5	 Ra 2.5	 Ra 1.6	 Ra 12.5	 Ra 2.5	 Ra 1.6
	ALICANTE DE LAS MEDIDAS NOMINALES $\pm 1\%$											
	SÍMBOLO DE TOLERANCIA NOMINALE 0.008-0.016											
	CALCULOS											
TOLERANCIA PARA MEDIDAS DE LONGITUD												
TOLERANCIA PARA MEDIDAS DE ANCHO												
TOLERANCIA PARA MEDIDAS DE PROFUNDIDAD												
TOLERANCIA PARA MEDIDAS DE RENDIMIENTO												
TOLERANCIA PARA MEDIDAS DE PESO												

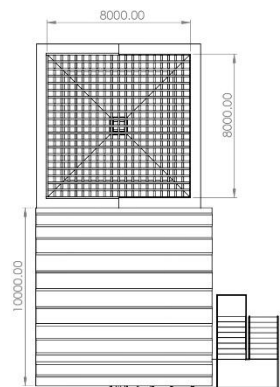
<p>UNIVERSIDAD DE LA PAZ FACULTAD DE DERECHO CARRERA DE ABOGADO</p>	FAJA TRANSPORTADORA DE 24"x30mts		
	Plano del conjunto	Escala 1:85	Hoja: 4 de 6
	Elaborado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D.		Fecha: 19/07/2005
	Revisado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D.		
	Aprobado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D.		Formato A2



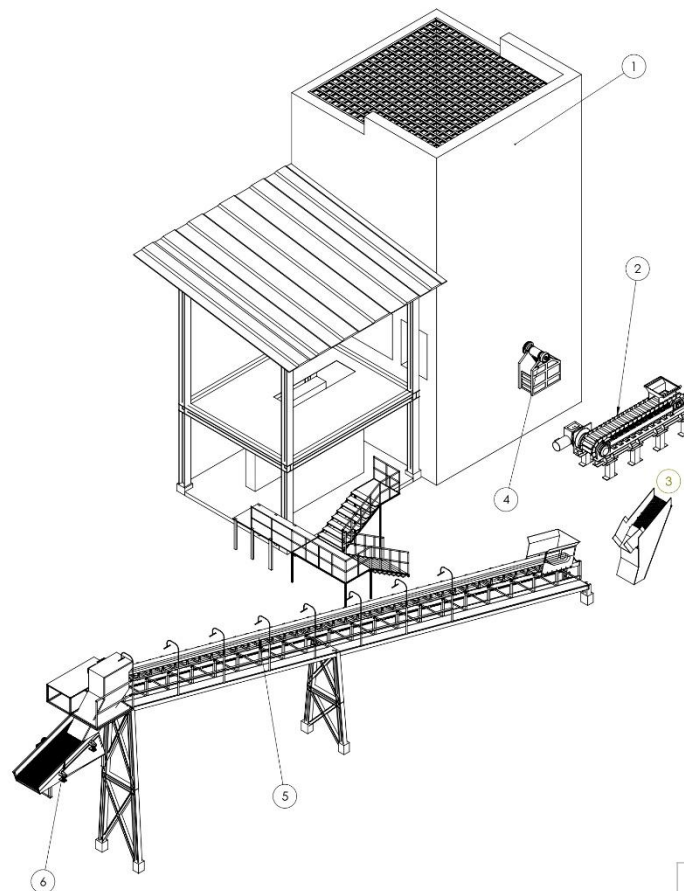
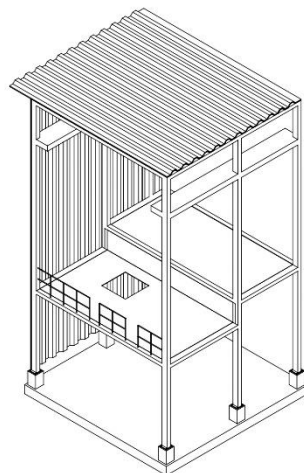
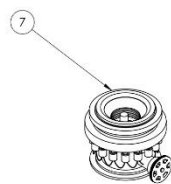
VISTA LATERAL  
ESCALA 1 : 150



VISTA FRONTAL  
ESCALA 1 : 150



VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1 : 150



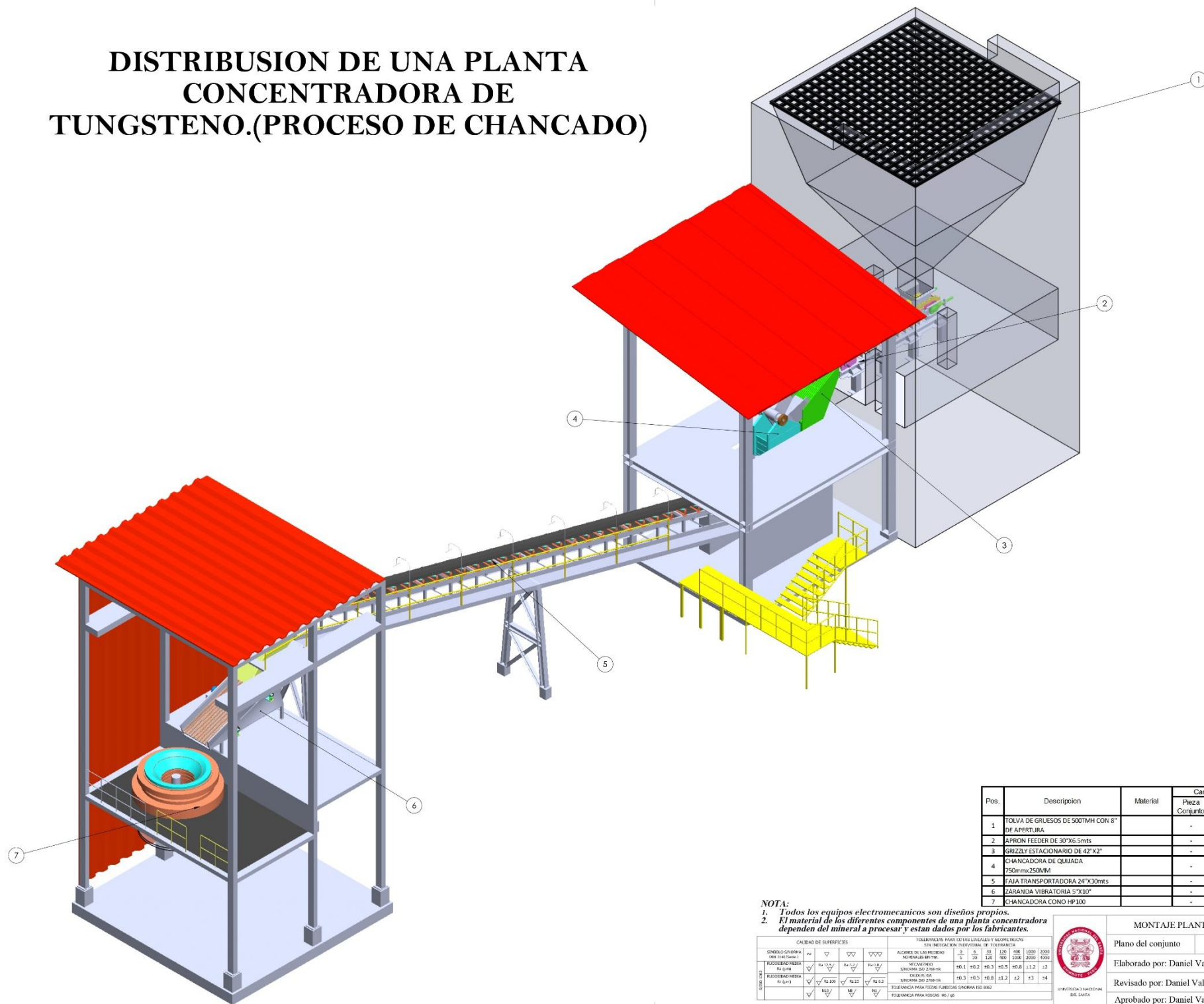
Pos.	Descripción	Material	Cant Conj		Peso en Kg		Observaciones
			Pieza Conjunto	Total	Pieza	Total	
1	TOLVA DE GRUPOS DE 500T/MH CON 8" DE APERTURA		-	1			
2	APRON FEEDER DE 30"x5.5mts		-	1			
3	GRIZLY ESTACIONARIO DE 42"x2"		-	1			
4	CHANCADORA DE QUIJADA 20"x36"		-	1		4700	
5	FAJA TRANSPORTADORA 24"x30mts		-	1			
6	ZARANDA VIBRATORIA 5"x10"		-	1			
7	CHANCADORA CONO HP100		-	1		5400	

NOTA:  
1. Todas las medidas están en milímetros (mm)  
2. Material estructural ASTM 532 GR50

SÍMBOLO O SÍMBOLO 2	R	R <sub>a</sub> 12.5	R <sub>a</sub> 25	R <sub>a</sub> 50	R <sub>a</sub> 100	R <sub>a</sub> 200	R <sub>a</sub> 400	R <sub>a</sub> 800	R <sub>a</sub> 1600	R <sub>a</sub> 3200	R <sub>a</sub> 6400	R <sub>a</sub> 12800	R <sub>a</sub> 25600	R <sub>a</sub> 51200	R <sub>a</sub> 102400	R <sub>a</sub> 204800	R <sub>a</sub> 409600	R <sub>a</sub> 819200	R <sub>a</sub> 1638400	R <sub>a</sub> 3276800	R <sub>a</sub> 6553600	R <sub>a</sub> 13107200	R <sub>a</sub> 26214400	R <sub>a</sub> 52428800	R <sub>a</sub> 104857600	R <sub>a</sub> 209715200	R <sub>a</sub> 419430400	R <sub>a</sub> 838860800	R <sub>a</sub> 1677721600	R <sub>a</sub> 3355443200	R <sub>a</sub> 6710886400	R <sub>a</sub> 13421772800	R <sub>a</sub> 26843545600	R <sub>a</sub> 53687091200	R <sub>a</sub> 107374182400	R <sub>a</sub> 214748364800	R <sub>a</sub> 429496729600	R <sub>a</sub> 858993459200	R <sub>a</sub> 1717986918400	R <sub>a</sub> 3435973836800	R <sub>a</sub> 6871947673600	R <sub>a</sub> 13743895347200	R <sub>a</sub> 27487790694400	R <sub>a</sub> 54975581388800	R <sub>a</sub> 109951162777600	R <sub>a</sub> 219902325555200	R <sub>a</sub> 439804651110400	R <sub>a</sub> 879609302220800	R <sub>a</sub> 1759218604441600	R <sub>a</sub> 3518437208883200	R <sub>a</sub> 7036874417766400	R <sub>a</sub> 14073748835532800	R <sub>a</sub> 28147497671065600	R <sub>a</sub> 56294995342131200	R <sub>a</sub> 112589990684262400	R <sub>a</sub> 225179981368524800	R <sub>a</sub> 450359962737049600	R <sub>a</sub> 900719925474099200	R <sub>a</sub> 1801439850948198400	R <sub>a</sub> 3602879701896396800	R <sub>a</sub> 7205759403792793600	R <sub>a</sub> 14411518807585587200	R <sub>a</sub> 28823037615171174400	R <sub>a</sub> 57646075230342348800	R <sub>a</sub> 115292150460684697600	R <sub>a</sub> 230584300921369395200	R <sub>a</sub> 461168601842738790400	R <sub>a</sub> 922337203685477580800	R <sub>a</sub> 1844674407370955161600	R <sub>a</sub> 3689348814741910323200	R <sub>a</sub> 7378697629483820646400	R <sub>a</sub> 14757395258967641292800	R <sub>a</sub> 29514790517935282585600	R <sub>a</sub> 59029581035870565171200	R <sub>a</sub> 118059162071741130342400	R <sub>a</sub> 236118324143482260684800	R <sub>a</sub> 472236648286964521369600	R <sub>a</sub> 944473296573929042739200	R <sub>a</sub> 1888946593147858085478400	R <sub>a</sub> 3777893186295716170956800	R <sub>a</sub> 7555786372591432341913600	R <sub>a</sub> 15111572745182864683827200	R <sub>a</sub> 30223145490365729367654400	R <sub>a</sub> 60446290980731458735308800	R <sub>a</sub> 120892581961462917470617600	R <sub>a</sub> 241785163922925834941235200	R <sub>a</sub> 483570327845851669882470400	R <sub>a</sub> 967140655691703339764940800	R <sub>a</sub> 1934281311383406679529881600	R <sub>a</sub> 3868562622766813359059763200	R <sub>a</sub> 7737125245533626718119526400	R <sub>a</sub> 15474250491067253436239052800	R <sub>a</sub> 30948500982134506872478105600	R <sub>a</sub> 61897001964269013744956211200	R <sub>a</sub> 123794003928538027489912422400	R <sub>a</sub> 247588007857076054979824844800	R <sub>a</sub> 495176015714152109959649689600	R <sub>a</sub> 990352031428304219919299379200	R <sub>a</sub> 1980704062856608439838598758400	R <sub>a</sub> 3961408125713216879677197516800	R <sub>a</sub> 7922816251426433759354395033600	R <sub>a</sub> 15845632502852867518708790067200	R <sub>a</sub> 31691265005705735037417580134400	R <sub>a</sub> 63382530011411470074835160268800	R <sub>a</sub> 126765060022822940149670320537600	R <sub>a</sub> 253530120045645880299340641075200	R <sub>a</sub> 507060240091291760598681282150400	R <sub>a</sub> 1014120480182583521197362564300800	R <sub>a</sub> 2028240960365167042394725128601600	R <sub>a</sub> 4056481920730334084789450257203200	R <sub>a</sub> 8112963841460668169578900514406400	R <sub>a</sub> 16225927682921336339157801028812800	R <sub>a</sub> 32451855365842672678315602057625600	R <sub>a</sub> 64903710731685345356631204115251200	R <sub>a</sub> 129807421463370690713262408230502400	R <sub>a</sub> 259614842926741381426524816461004800	R <sub>a</sub> 519229685853482762853049632922009600	R <sub>a</sub> 1038459371706965525706099265844019200	R <sub>a</sub> 2076918743413931051412198531688038400	R <sub>a</sub> 4153837486827862102824397063376076800	R <sub>a</sub> 8307674973655724205648794126752153600	R <sub>a</sub> 16615349947311448411297588253504307200	R <sub>a</sub> 33230699894622896822595176507008614400	R <sub>a</sub> 66461399789245793645190353014017228800	R <sub>a</sub> 132922799578491587290380706028034457600	R <sub>a</sub> 265845599156983174580761412056068915200	R <sub>a</sub> 531691198313966349161522824112137830400	R <sub>a</sub> 1063382396627932698323045648224275660800	R <sub>a</sub> 2126764793255865396646091296448551321600	R <sub>a</sub> 4253529586511730793292182592897102643200	R <sub>a</sub> 8507059173023461586584365185794205286400	R <sub>a</sub> 17014118346046923173168730371588410572800	R <sub>a</sub> 34028236692093846346337460743176821145600	R <sub>a</sub> 68056473384187692692674921486353642291200	R <sub>a</sub> 136112946768375385385349842972707284582400	R <sub>a</sub> 272225893536750770770699685945414569164800	R <sub>a</sub> 544451787073501541541399371890829138329600	R <sub>a</sub> 1088903574147003083082798743781658276659200	R <sub>a</sub> 2177807148294006166165597487563316553318400	R <sub>a</sub> 4355614296588012332331194975126633106636800	R <sub>a</sub> 8711228593176024664662389950253266213273600	R <sub>a</sub> 17422457186352049329324779900506532426547200	R <sub>a</sub> 34844914372704098658649559801013064853094400	R <sub>a</sub> 69689828745408197317299119602026129706188800	R <sub>a</sub> 139379657490816394634598239204052259412377600	R <sub>a</sub> 278759314981632789269196478408104518824755200	R <sub>a</sub> 557518629963265578538392956816209037649510400	R <sub>a</sub> 1115037259926531157076785913632418075299020800	R <sub>a</sub> 2230074519853062314153571827264836150598041600	R <sub>a</sub> 4460149039706124628307143654529672301196083200	R <sub>a</sub> 8920298079412249256614287309059344602392166400	R <sub>a</sub> 17840596158824498513228574618118689204784332800	R <sub>a</sub> 35681192317648997026457149236237378409568665600	R <sub>a</sub> 71362384635297994052914298472474756819137331200	R <sub>a</sub> 142724769270595988105828596944949513638274662400	R <sub>a</sub> 285449538541191976211657193889899027276549324800	R <sub>a</sub> 570899077082383952423314387779798054553098649600	R <sub>a</sub> 1141798154164767904846628775559596109106197299200	R <sub>a</sub> 2283596308329535809693257551119192218212394598400	R <sub>a</sub> 4567192616659071619386515102238384436424789196800	R <sub>a</sub> 9134385233318143238773030204476768872849578393600	R <sub>a</sub> 18268770466636286477546060408953537745699156787200	R <sub>a</sub> 36537540933272572955092120817907075491398313574400	R <sub>a</sub> 73075081866545145910184241635814150982796627148800	R <sub>a</sub> 146150163733090291820368483271628301965593254297600	R <sub>a</sub> 292300327466180583640736966543256603931186508595200	R <sub>a</sub> 584600654932361167281473933086513207862373017190400	R <sub>a</sub> 1169201309864722334562947866173026415724746034380800	R <sub>a</sub> 2338402619729444669125895732346052831449492068761600	R <sub>a</sub> 4676805239458889338251791464692105662898984137523200	R <sub>a</sub> 9353610478917778676503582929384211325797968275046400	R <sub>a</sub> 18707220957835557353007165858768422651595936550092800	R <sub>a</sub> 37414441915671114706014331717536845303191873100185600	R <sub>a</sub> 74828883831342229412028663435073690606383746200371200	R <sub>a</sub> 149657767662684458824057326870147381212767492400742400	R <sub>a</sub> 299315535325368917648114653740294762425534984801484800	R <sub>a</sub> 598631070650737835296229307480589524851069969602969600	R <sub>a</sub> 1197262141301475670592458614961179049702139939205939200	R <sub>a</sub> 2394524282602951341184917229922358099404279878411878400	R <sub>a</sub> 4789048565205902682369834459844716198808559756823756800	R <sub>a</sub> 9578097130411805364739668919689432397617119513647513600	R <sub>a</sub> 19156194260823610729479337839378864795234239027295027200	R <sub>a</sub> 38312388521647221458958675678757729590468478054590054400	R <sub>a</sub> 76624777043294442917917351357515459180936956109180108800	R <sub>a</sub> 153249554086588885835834702715030918361873912218360217600	R <sub>a</sub> 306499108173177771671669405430061836723747824436720435200	R <sub>a</sub> 612998216346355543343338810860123673447495648873440870400	R <sub>a</sub> 1225996432692711086686677621720247346894991297746881740800	R <sub>a</sub> 2451992865385422173373355243440494693789982595493763481600	R <sub>a</sub> 4903985730770844346746710486880989387579965190987526963200	R <sub>a</sub> 9807971461541688693493420973761978775159930381975053926400	R <sub>a</sub> 19615942923083377386986841947523957550319860763950107852800	R <sub>a</sub> 39231885846166754773973683895047915100639721527900215705600	R <sub>a</sub> 78463771692333509547947367790095830201279443055800431411200	R <sub>a</sub> 156927543384667019095894735580191660402558886111600862822400	R <sub>a</sub> 313855086769334038191789471160383320805117772223201725444800	R <sub>a</sub> 627710173538668076383578942320766641610235544446403450889600	R <sub>a</sub> 1255420347077336152767157884641533283220471088892806901779200	R <sub>a</sub> 2510840694154672305534315769283066566440942177785613803558400	R <sub>a</sub> 5021681388309344611068631538566133132881884355571227607116800	R <sub>a</sub> 10043362776618689222137263077132266265763768711142455214233600	R <sub>a</sub> 20086725553237378444274526154264
---------------------	---	---------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	--	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	--	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	--	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	--	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	--	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	--	--	---	---



# DISTRIBUSION DE UNA PLANTA CONCENTRADORA DE TUNGSTENO.(PROCESO DE CHANCADO)



- NOTA:**  
 1. Todos los equipos electromecánicos son diseños propios.  
 2. El material de los diferentes componentes de una planta concentradora dependen del mineral a procesar y están dados por los fabricantes.

CALIDAD DE SUPERFICIES				TOLERANCIAS PARA OTROS LINEALES Y GEOMETRICOS									
SÍMBOLO O SÍMBOLO				ALGUNAS DE LAS MEDIDAS NOMINALES EN MM.									
RUGOSIDAD PRA				R/CANALIZADO									
Rz (µm)				SISTEMA ISO 2700-06									
Rz (µm)				SISTEMA ISO 2700-06									
Rz (µm)				SISTEMA ISO 2700-06									
Rz (µm)				SISTEMA ISO 2700-06									
Rz (µm)				SISTEMA ISO 2700-06									
Rz (µm)				SISTEMA ISO 2700-06									
Rz (µm)				SISTEMA ISO 2700-06									

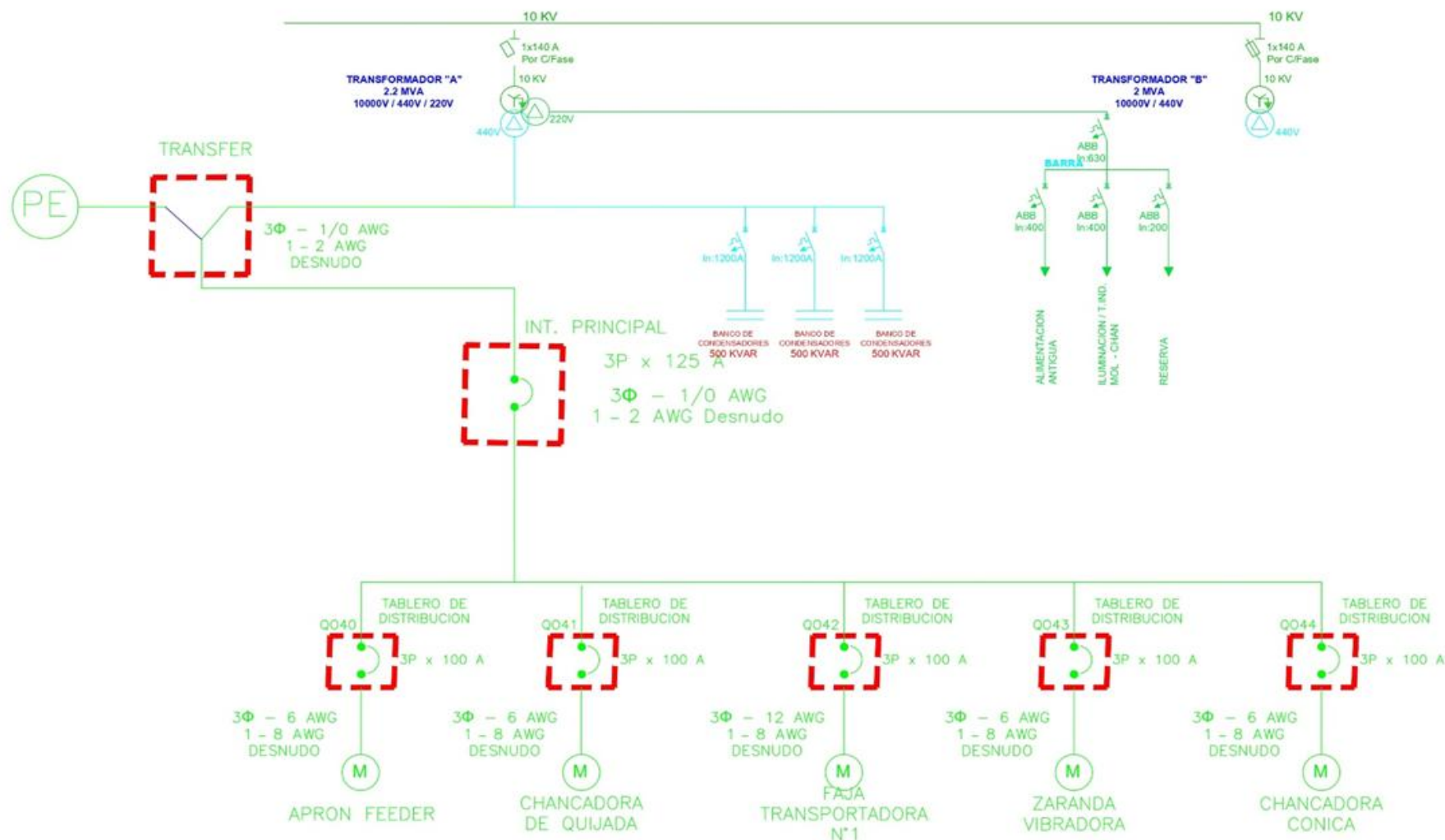
Pos.	Descripción	Material	Cant. Conj.		Peso en Kg.		Observaciones
			Pieza Conjunto	Total	Pieza	Total	
1	POLEA DE GRUESOS DE 500TMM CON 8" DE APERTURA		-	1			
2	APRON FEEDER DE 30"x6.5mts		-	1			
3	GRIZLY ESTACIONARIO DE 42"x2"		-	1			
4	CHANCADORA DE QUIJADA 750mmx2500mm		-	1		4700	
5	FAJA TRANSPORTADORA 24"x30mts		-	1			
6	ZARANDA VIBRATORIA 5"x10"		-	1			
7	CHANCADORA CONO HP100		-	1		5400	



**MONTAJE PLANTA CONCENTRADORA DE TUNGSTENO**  
 Plano del conjunto Escala 1:500 Hoja: 1 de 6  
 Elaborado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D. Fecha: 19/07/2025  
 Revisado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D.  
 Aprobado por: Daniel Valentín V. / Jon Torres D. Formo A2

**DIAGRAMA UNIFILAR DE  
PLANTA CONCENTRADORA DE  
TUNGSTENO**

# Diagrama Unifilar Planta concentradora de tungsteno



**CCM  
MOLIENDA**

TITULO	DIAGRAMA UNIFILAR ELECTRICO	PLANO 1P
PROPIETARIO	TORRES DOMINGUEZ / VALENTIN VALERA	01
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	
ESCALA	1:50	
FECHA	26/08/2025	
	PLANTA CONCENTRADORA	