

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMAS MECÁNICOS PARA LA INSTALACIÓN
DE BANDAS TRANSPORTADORAS, HIDROCICLÓN Y CRIBA EN LA PLANTA
SECUNDARIA DEL QUEBRADOR OCHOMOGO.**

**Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Ingeniera en Mantenimiento
Industrial, grado Licenciatura**

REALIZADO POR:

Diana Marcela Vargas Bolaños

ASESOR DE PRÁCTICA:

Carlos Otárola

COORDINADOR DE PRÁCTICA:

Ing. Ignacio del Valle

Cartago, junio, 2021



Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board
Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

Profesor Guía:

Ing. Carlos Otárola.

Asesor Industrial:

Ing. Henry Ureña Fonseca.

Tribunal Examinador

Ing. Manuel Mata Coto

Ing. Luis Felipe Córdoba

I. INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE Y LA EMPRESA

1.1. Datos personales

Nombre completo: Diana Marcela Vargas Bolaños

Número de cédula: 115060888

Número de carné: 201071660

Edad: 28 años

Números de teléfono: 8523-1505

Correos electrónicos: diana.vargasb12@gmail.com

Dirección exacta de domicilio: 200 oeste y 25 metros sur de la entrada principal del ITCR.

1.2. Datos de la empresa

Nombre: Quebrador Ochomogo

Actividad Principal: Extracción de agregados para la construcción

Dirección: 1,5 km al norte del Colegio Seráfico, carretera a Llano Grande, Cartago.

Contacto: Ing. Henry Ureña.

Teléfono: 2537-1000

Quebrador Ochomogo Ltda.
1,5 km norte del Colegio Seráfico, Cartago, Costa Rica
Correo electrónico: contactenos@8mogo.com
Tel: 2537-1000



Jueves, 17 de junio de 2021

Sr. Ignacio del Valle
Coordinador de prácticas.
Ing. en Mantenimiento Industrial
Escuela de Electromecánica
Tecnológico de Costa Rica

Reciban un cordial saludo. Sirvase la presente para informar que la estudiante Diana Marcela Vargas Bolaños, cédula 1-1506-0888 carné 201071660 entregó una copia de su proyecto de graduación denominado: **Propuesta de diseño de sistemas mecánicos para la instalación de bandas transportadoras, hidrociación y criba en la planta secundaria del Quebrador Ochomogo Ltda.**, el día 17 de junio del 2021.

Quien recibió el documento fue mi persona, Henry Ureña Fonseca, gerente de operaciones a cargo del área de mantenimiento, datos de contacto: 8846-1125 o bien, henry.urena@8mogo.com.

Agradezco su atención,

**HENRY
UREÑA
FONSECA
(FIRMA)** Firmado
digitalmente por
HENRY UREÑA
FONSECA (FIRMA)
Fecha: 2021.06.17
17:10:40 -08'00'

Henry Ureña Fonseca
Gerente de Operaciones
Quebrador Ochomogo Ltda.
henry.urena@8mogo.com



Este trabajo está sujeto a una [licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Compartir igual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) .

“Propuesta de diseño de sistemas mecánicos para la instalación de bandas transportadoras, hidrociclón y criba en la planta secundaria del Quebrador Ochomogo.” © 2021 by Diana

Vargas Bolaños is licensed under Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0

International.

ÍNDICE GENERAL:

I. Información del Estudiante y la Empresa.....	3
1.1. Datos personales.....	3
1.2. Datos de la empresa.....	3
Resumen	14
Abstract	15
1. Introducción	17
2. Generalidades	18
2.1. Reseña de la empresa.....	18
2.2. Justificación	21
2.3. Planteamiento del problema	23
2.4. Objetivos.....	24
2.5. Viabilidad	25
2.6. Alcance y limitaciones.....	26
3. Marco metodológico	28
4. Marco teórico	29
4.1. Normativas vigentes	29
4.2. Bandas transportadoras.....	30
4.3. Hidrociclón	41
4.4. Áridos y materiales para la construcción.....	43
4.5. Procesos de cribado y equipo de trituración.....	45
5. Situación Actual del proceso productivo.....	51
5.1. Introducción.....	51
5.2. Metodología.....	51
5.3. Informe actual.....	53
6. Diseño y comprobación de los componentes electromecánicos propuestos para la Ampliación	62
6.1. Alternativas de solución al problema planteado.....	62
6.2. Diseño del sistema de soporte del hidrociclón	69
6.3. Diseño de bandas transportadoras	79
6.4. Determinación de los criterios de diseño para las bandas transportadoras.....	80

6.5.	Rediseño de bandas transportadoras.....	91
6.6.	Comprobación de los cálculos.....	95
6.7.	Selección de componentes.....	97
6.8.	Diseño para el soporte del sistema de cribado.....	99
7.	Análisis Financiero	101
8.	Conclusiones y Recomendaciones	104
8.1.	Conclusiones.....	104
8.2.	Recomendaciones	105
9.	Referencias bibliográficas.....	106
10.	Apéndices.....	110
10.1.	Memoria de Cálculos de Diseño.....	110
10.2.	Planificación y Coordinación de la Instalación.	148
11.	Anexo -	154
11.1.	Tabulación de parámetros para el diseño de Bandas.....	154
11.2.	Tablas de coeficientes Manual Rulmecca.	157
11.3.	Dimensiones y pesos de Vigas	163
11.4.	Fichas Técnicas.....	164
11.5.	Cotizaciones	166
11.6.	Planos	1

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura. 1. Diagrama del proceso productivo de la empresa	21
Figura 2: Diagrama del debiera versus la realidad.	24
Figura 3: Parte de la banda transportadora	32
Figura 4. Área de transporte en una banda.	34
Figura 5: Ejemplos de planta compacta de hidrociclonado.....	41
Figura 6: Partes de un hidrociclón.....	43
Figura 7. Partes de la criba vibratoria inclinada.	46
Figura 8: Ejemplo de un molino de impacto.	49
Figura 9: Gráfico de consumo eléctrico en la planta.....	59
Figura 10: Croquis de ubicación de materiales en el patio de inventario.....	61
Figura 11: Croquis de la propuesta #1 para hidrociclón.....	62
Figura 12:: Croquis de la propuesta #2 para el hidrociclón.....	63
Figura 13: Croquis de la propuesta #3 para el hidrociclón.....	63
Figura 14: Croquis: Vista de planta para propuesta #1	65
Figura 15: Croquis: Vista de planta para propuesta #2.	65
Figura 16: Vista de planta para propuesta #3.	66
Figura 17: Ejemplo de planta compara de hidrociclonado, criba y bandas transportadoras. .	68
Figura 18: Planta compacta ERAL 625.....	70
Figura 19: Vista superior de la losa a instalar para el hidrociclón.	72
Figura 20: Vista lateral de la estructura de soporte para el sistema de lavado con hidrociclón.	72
Figura 21: Estructura metálica de soporte para le hidrociclón.	73
Figura 22. Ubicación de nodos y esfuerzo para análisis de carga	74

Figura 23: Análisis de tensiones de la estructura del hidrociclón	75
Figura 24: Análisis de deformación unitaria, estructura del hidrociclón.	75
Figura 25: Factor de seguridad de la estructura del hidrociclón.....	76
Figura 26: Croquis Vista Superior y lateral del diseño propuesto para el hidrociclón.....	78
Figura 27: Diagrama inicial del proceso esperado.	79
Figura 28: Ejemplo de estación de 3 rodillos lisos a utilizar.....	83
Figura 29: Software utilizado para comprobación del diseño de bandas.	96
Figura 30: Muestra de resultados del software para bandas.	96
Figura 31: Muestra de resultados de tensiones del software para bandas	97
Figura 32: Propiedades mecánicas del ASTM A36.	98
Figura 33. Resultado del análisis financiero.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metodología por objetivos para el desarrollo del proyecto.....	28
Tabla 2: Coeficientes para la superficie de cribado.....	48
Tabla 3: Áreas correspondientes a la planta del Quebrador Ochomogo.	54
Tabla 4: Codificación de activos.	55
Tabla 5: Características de las bandas instaladas en el Quebrador Ochomogo.....	56
Tabla 6: Listado de motores y características.	58
Tabla 7: Costos de energía y demanda bajo la tarifa MT.....	59
Tabla 8: Demanda total instalada en la empresa.	60
Tabla 9. Ventajas y desventajas de las alternativas planteadas para hidrociclón.	64
Tabla 10: Comparación ventajas y desventajas de las alternativas de solución de criba y bandas.	67
Tabla 11: Características del fabricante para el hidrociclón 625.	69
Tabla 12: Cargas estáticas sobre la losa del hidrociclón.	71
Tabla 13: Resumen de caudal de las tuberías del hidrociclón.	76
Tabla 14: Propiedades físicas teóricas de los materiales a transportar.	80
Tabla 15: Resumen de coeficientes y valores para calcular el esfuerzo total en las bandas.	85
Tabla 16: Tabla de coeficientes para selección de rodillos.	89
Tabla 17: Resumen de requerimientos de diseño.	91
Tabla 18: Determinación de la capacidad de transporte.....	92
Tabla 19: Determinación de la fuerza tangencial.	92
Tabla 20: Cálculo de tensiones.....	93
Tabla 21: Determinación de la potencia requerida.	93
Tabla 22: Momento y deflexión para el diámetro del eje.....	94

Tabla 23: Resumen de cargas en los rodillos.	94
Tabla 24: Carga de rotura para banda de 16" y 24"	95
Tabla 25. Acero ASTM 36 requerido para el diseño.....	98
Tabla 26. Elementos seleccionados según norma CEMA para las bandas transportadoras ..	98
Tabla 28. Cargas sobre la estructura de la criba	99
Tabla 27: Elementos requeridos para la criba e hidrociclón.....	100
Tabla 29. Costos del traslado de material.....	101

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres, Johanny y Maribel.

A mis hermanas, Johanna y Paula.

Y a mis amigos Elena, Joel y Katerin

por el apoyo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, que me han enseñado el valor del esfuerzo y dedicación para dar lo mejor de mí, que durante este largo camino han estado a mi lado apoyándome y haciendo un gran sacrificio para que nunca me faltará nada.

A todos los profesores y compañeros de la Escuela de Electromecánica y del Tecnológico de Costa Rica, que colaboraron en mi crecimiento personal y profesional. En especial al Ing. Carlos Otárola por su apoyo durante este proyecto.

A la empresa Quebrador Ochomogo, a Don Jorge Vásquez y al Ing. Henry Ureña, por permitir realizar este proyecto bajo su tutela y por todos los conocimientos que han compartido conmigo durante el proceso, así también a todo el personal de la compañía que desde el inicio me han hecho sentir parte de esta, Ana, Walter, Doña Marí, Alejandra, Mónica, Fran, Helmer, Rigoberto, Víctor y Erlyn.

A mis amigos Elena, Joel y Katerin, por impulsarme a seguir adelante.

RESUMEN

En el siguiente proyecto, se muestra una propuesta de diseño y costos necesarios para la ampliación de la planta de producción del Quebrador Ochomogo, que consiste en el diseño de las bandas transportadoras, así como comprobación del diseño mecánico de las bases estructurales, para los equipos que componen la ampliación de dicha planta.

Se llevó a cabo la recolección de información, para el conocimiento del proceso y sus necesidades, los sistemas actualmente instalados, su funcionamiento y consumos energéticos; se realizó el diseño mecánico de los componentes de las bandas y la posterior verificación de los cálculos, mediante un programa independiente llamado “Cinta Transportadora”. También se verifican el diseño de las estructuras actuales de la criba e hidrociclón, a través del programa CAD Solidworks. Finalmente, se realizó un análisis de costos previo a la etapa de instalación por parte de la empresa.

El proyecto otorga a la empresa una memoria de cálculos del diseño de una ampliación para aprovechar el espacio y tiempo en la línea de producción. Esto les facilitará la fabricación simultánea de hasta 5 productos, aumentando la disponibilidad de material para la venta y favorecerá la reducción de los costos de traslado de material dentro del inventario.

El proyecto requiere una inversión inicial de ₡141 610 000, con un tiempo de recuperación de 3 años, se obtuvo un valor actual neto positivo mayor a ₡36 000 000 y una tasa de retorno de 42,6 % a lo largo de 5 años, lo que determina que el proyecto es viable para su implementación.

Palabras Claves: *Banda transportadora, criba, hidrociclón, diseño mecánico.*

ABSTRACT

In the following project, a design proposal and necessary costs are shown for the expansion of the Quebrador Ochomogo production plant, which consists of the design of the conveyor belts, as well as verification of the mechanical design of the structural bases for the equipment.

Information was collected to learn about the process and its needs, the systems currently installed, their operation and energy consumption; The mechanical design of the belt components was carried out and the subsequent verification of the calculations was carried out by means of an independent program called "Conveyor Belt". The design of the current structures of the screen. Information was collected to learn about the process and its needs, the systems currently installed, their operation and energy consumption; The mechanical design of the belt components was carried out and the subsequent verification of the calculations was carried out by means of an independent program called "Cinta Transportadora".

The design of the current structures of the screen and hydrocyclone is also verified, through the Solidworks CAD program. Finally, a cost analysis was carried out prior to the installation stage by the company. and hydrocyclone are also verified, through the Solidworks CAD program. Finally, a cost analysis was carried out prior to the installation stage by the company. The project gives the company a memory of calculations of the design of an extension to take advantage of the space and time in the production line. This will facilitate the simultaneous manufacture of up to 5 products, increasing the availability of material for sale and will favor the reduction of material transfer costs within inventory.

The project requires an initial investment of ₪ 141,610,000, with a payback time of 3 years, a positive net present value greater than ₪ 36,000,000 and a return rate of 42.6% over 5 years was obtained, which determines that the project is viable for implementation.

Key Words: *Conveyor belt, screen, hydrocyclone, mechanical design.*

1. INTRODUCCIÓN

En este proyecto, se muestra una propuesta de diseño y costos necesarios para la ampliación de la planta secundaria de producción del Quebrador Ochomogo, que básicamente consiste en el diseño y esquema de instalación de las bandas transportadoras, soluciones para bases estructurales y sistemas mecánicos, para los equipos que componen el proceso secundario de la planta, los cuales corresponden a un hidrociclón, tres bandas transportadoras y una criba vibratoria.

El proyecto incluye el estado inicial de la planta, un diseño de bandas transportadoras y comprobación de este mediante un método alternativo; planos, costos y la logística para su implementación que permitan realizar la ampliación de la planta, con el objetivo de aumentar la producción de la compañía para satisfacer la demanda normal de sus clientes.

Para desarrollar la ampliación, se divide el proyecto en varias etapas, inicialmente, partiendo de la recolección de información, conocimiento del proceso y sus necesidades, así como de los sistemas actualmente instalados, su funcionamiento y consumos energéticos; continua con una etapa de diseño y comprobación, donde se realizan memoria de cálculos y se comprueba esta mediante un software alternativo llamado “Cinta Transportadora” y, finalmente, una etapa y análisis de costos previo para la toma de decisiones, asimismo, se desarrolla una planificación cronológica para la etapa de instalación a cargo de la empresa.

Entre las limitaciones identificadas, se encuentra la falta de personal para realizar labores de instalación y mantener el trabajo normal dentro del quebrador y condiciones climáticas que pueden significar atrasos importantes, disponibilidad económica inmediata y área reducida disponible para el inventario, así como la variación y disponibilidad de materiales para la fabricación.

2. GENERALIDADES

2.1. Reseña de la empresa

Quebrador Ochomogo Ltda. se encuentra ubicada en la provincia de Cartago, específicamente en el cantón Central, distrito San Nicolás, es una empresa líder dedicada a extracción y suministro de agregados de calidad, la cual cuenta con tecnología de lavado, normalmente utilizada en minería, procesos automatizados para minimizar el consumo de energía y mantener la consistencia granulométrica, asegurando un buen manejo para el manejo y la limpieza del producto. Tiene más de 40 años de experiencia en la comercialización de los agregados desde la provincia de Cartago (Quebrador Ochomogo, s.f.).

La actividad económica de la empresa se remonta al año 1970, cuando se funda el Quebrador Ochomogo S.A de la mano de Rigoberto Zúñiga Meoño con cargadores que lavaban el material en el río, usaban una única criba que separaba las piedras de la arena y estos se vendía en el lugar. En 1991, se desarrolló un plan de explotación para reducir el riesgo de desprendimientos masivos en el cauce del río, momento en el que la compañía pasa a manos de la empresa INCSA. Años más tarde, comprada por Holcim y, posteriormente, adquirida por su actual propietario, el ingeniero Jorge Vásquez, así nace Agregados Ochomogo en 2012 y actualmente toma el nombre de Quebrador Ochomogo Limitada (Rizo, 2015).

Parte del trabajo que realiza la empresa es mantener limpio del cauce del río Reventados, ya que. luego de la erupción del Volcán Irazú. el 14 de marzo de 1963 y de la inundación del 9 de diciembre de 1963, donde la ceniza acumulada durante este proceso eruptivo. al entrar en contacto con el agua de lluvia provoca el desbordamiento del río presentando; afectando principalmente lo que se conoce ahora como “Los Diques” (Calderón, 2019).

Dada la problemática del riesgo de desplazamientos de tierra, agua y piedras, la empresa obtiene la concesión La Murta, la cual tiene gran impacto ambiental, al prevenir riegos, creando una zona de amortiguamiento en casos de afectaciones, como lo son las avalanchas, lluvias excesivas o sismos. Asimismo, exime al gobierno de invertir un costo cercano a 200 000 USD anuales por concepto de limpieza del cauce para mantener la zona libre de represamientos, lo que representaría una carga muy pesada en las circunstancias actuales del país (Quebrador Ochomogo, s.f.).

Un dato particular del terreno donde se extrae el material es que normalmente se desplaza 1,24 m y el piso se levanta en promedio 0,7 m por mes, lo que significa que es necesaria la extracción continua, puesto que al cabo de 1 año el piso del cauce se habrá levantado 8,4 m, y el desplazamiento habrá sido de 14,88 m en dirección hacia el cauce, lo que podría ocasionar una acumulación de material en el cauce y una eventual ruptura por la presión ejercida por el agua podría poner en riesgo las comunidades aledañas, su infraestructura y particularmente, los asentamientos sobre los diques (Quebrador Ochomogo, s.f.).

2.1.1. Descripción del proceso productivo

A continuación, se describe el proceso de extracción y producción que realiza la empresa. Este comienza con la etapa de extracción de la materia prima, la cual se obtienen principalmente del cauce del río, incluyendo desde una matriz arenosa hasta bloques de piedra con 5 metros de diámetros, los cuales se trasladan en vagoneta a la planta de procesamiento, donde se clasifican por tamaño en la tolva de alimentación, para facilitar el proceso de

trituration, el material de mayor tamaño ingresa a la trituradora de mandíbula con ayuda de un martillo hidráulico que lo reduce a 8 pulgadas.

Posteriormente, es trasladado mediante una banda transportadora de 60 pulgadas hacia un tambor de lavado para separar el material arcilloso y desemboca dentro de una criba que separa las piedras que sustentan la pila pulmón de la planta secundaria de la arena, esta última es lavada en un hidrociclón y finaliza el proceso de la planta primaria transportando esta piedra por banda hasta una malla de clasificación a la salida que permite separar la piedra bruta de la piedra 200 mm (Gavión).

En la planta secundaria, ingresa el material desde la pila pulmón con ayuda de un alimentador vibratorio y una banda transportadora hacia el impactor. Este fragmenta el material mediante el constante choque contra las paredes del equipo y una banda lo traslada finalmente a una criba que separa por tamaños el agregado en productos como arena industrial y lavada, polvo de piedra, bases de 25 mm, y 38 mm, subbases de 63mm y 75 mm, piedra 75 mm (tercera), 63 mm, 38 mm (cuarta), 25 mm (cuartilla), 12,5 mm (quinta); según la configuración de las mallas instaladas y la necesidad de producción para la venta, como se muestra en la figura 1.

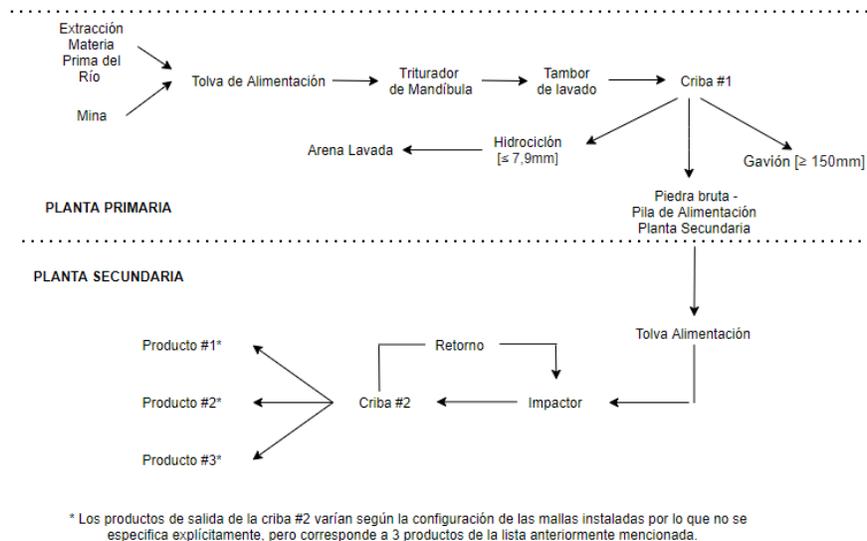


Figura. 1. Diagrama del proceso productivo de la empresa

Fuente: Elaboración propia. DrawIO

2.2. Justificación

El panorama actual de la empresa presenta una tasa de extracción promedio de 900 m³ diarios del cauce del río en los meses de invierno, comparado con una capacidad producción que ronda los 300 m³ y se compone de máximo 3 productos terminados a la vez, está producción carece de diversidad, en cuanto a la elaboración de productos se refiere, puesto que, para solventar la necesidad del mercado meta, es necesario mantener inventario constante de los diferentes productos mencionados párrafos atrás, esto hace a la empresa incurrir en un costo asociado por no tener el material disponible y ligado también a la pérdida de clientes.

Tomando en consideración que el transporte de materiales constituye entre 40-50 % de los gastos de explotación en algunos sectores como el minero, se maneja como un factor importante en la rentabilidad económica de cualquier actividad, lo que hace indispensable un diseño adecuado y eficiente, considerando que la necesidad del Quebrador Ochomogo de mover los productos hacia el inventario hace que se incurran en gastos adicionales de

operación, porque se requiere libre el espacio bajo las bandas actuales para la nueva producción que cambia de productos, de acuerdo con la configuración de las mallas en la criba.

El aumento de la productividad va ligado con beneficios económicos y, para lograrlo, se requiere implementar mejoras y diseños que se adapten a las necesidades reales, considerando todas las áreas involucradas como ventas y producción y no meramente la facilidad mecánica o eléctrica.

Así como lo explican Muñoz y Lagos (2013), el diseño de instalaciones para el procesamiento y la elección del medio del transporte debe favorecer y satisfacer necesidades y disminuir los costos de mantenimiento, aumentar significativamente la producción y, a su vez, poseer suficiente flexibilidad para adaptarse a una amplia variedad de capacidades de transporte o a sobrecargas momentáneas.

Al realizar la ampliación, se pretende modificar el proceso productivo y disminuir la necesidad de reprocesar el material, mediante un sistema en línea, sin la necesidad de detener constantemente los equipos para realizar cambios de mallas, reduciendo el tiempo de inactividad y enfocar la mano de obra a la producción en general; asimismo, no incurrir en elevados gastos de transporte interno de material. Además de estar ligado con el diseño de sistemas electromecánicas, este proyecto colabora con el área de mantenimiento, puesto que no se cuenta con documentación o memoria de cálculo alguna de las bandas instaladas en la actualidad, sino que se manteniendo las características que se instalaron en un inicio hace 40 años.

2.3. Planteamiento del problema

A continuación, se expone la problemática del Quebrador Ochomogo que da pie a este trabajo, donde, básicamente, se trata de solventar una producción limitada y costos asociados con el movimiento de inventarios.

La rentabilidad y producción del Quebrador Ochomogo se basa en el procesamiento de piedras tomadas del río Reventados, las cuales son convertidas en agregados para la construcción, se tiene una tasa de extracción diaria de 900 m³, se almacena en su estado natural hasta que se procesa, pasando un 90 % por la planta primaria y, posteriormente, se procesa la pila pulmón en la planta secundaria, donde gran cantidad de material que ingresa a la criba es enviado nuevamente al impactor, porque no cumple las medidas requeridas para salir como producto terminado, según las mallas colocadas en la criba. Ese material de retorno afecta directamente la producción, puesto que atrasa el ingreso directo de la alimentación para reprocesar el material en las bandas, resultando en un faltante de material para la venta, y un aumento de la corriente consumida del impactor entre un 15 % a 20 %, al ser alimentado por el retorno.

Actualmente, se debe limitar la producción a máximo 3 productos, dada la capacidad de la única criba instalada en la planta secundaria, la cual cuenta con 3 paños, donde todo el material granulado con mayor medida retorna al inicio del proceso, por lo que se parte de una capacidad de producción limitada.

Para elaboración un producto diferente al que se está procesado en un determinado momento se requiere un cambio en las mallas de la criba, implicando una parada de proceso productivo de, al menos, 3 horas y 3 personas, trabajando en esta tarea, lo que aumenta los tiempos muertos; bajo este panorama, se dice que el costo de no tener el material disponible

implica pérdidas económicas significativas y la pérdida de clientes por la falta de disponibilidad cuantificadas, más adelante, en el capítulo 7.

Puesto que la empresa tiene a disposición 2 cribas y un hidrociclón en inventario, lo que se propone es diseñar y planificar la instalación de estos equipos y el transporte del material mediante bandas, lo que incluye diseño mecánico para la instalación, con el objetivo de aumentar la capacidad diaria de producción; es decir, se pueda elaborar hasta 6 productos simultáneamente en la planta secundaria, disminuyendo el retorno y proporcione un inventario de productos terminados constante para la venta.

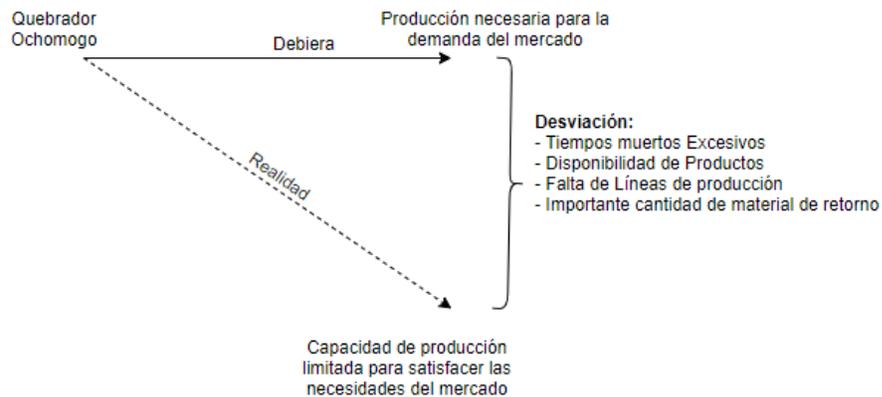


Figura 2: Diagrama del debiera versus la realidad.

Fuente: Elaboración propia. Draw.io

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Diseñar los sistemas mecánicos que permitan la instalación de 3 bandas transportadoras, un hidrociclón y una criba en la planta secundaria de la empresa Quebrador Ochohogo.

2.4.2. Objetivos específicos

- 1- Recopilar información del estado actual de la planta de la planta, los equipos utilizados, el consumo eléctrico e inventario.
- 2- Diseñar la adaptación de la planta secundaria para la inclusión los componentes electromecánicos necesarios, 3 bandas transportadoras y estructuras de soporte para el hidrociclón y una criba.
- 3- Verificar los diseños mecánicos del hidrociclón mediante programa CAD SolidWorks y componentes de las bandas, a través de un paquete informático de diseño de cintas transportadoras.
- 4- Realizar un análisis de viabilidad técnico-financiero que oriente a la empresa para toma de decisiones referente a la implementación de la propuesta, mediante indicadores como VAN y TIR.

2.5. Viabilidad

El proyecto se encuentra agendado entre los objetivos estratégicos para el 2021-2022, por lo que se cuenta con la disponibilidad administrativa y con posibilidad de un crédito para solventar la parte económica, el desarrollo del proyecto de graduación y su ejecución posterior, así como también, se cuenta con recursos humanos altamente capacitados para llevar a cabo el proyecto.

La empresa ha adquirido los equipos necesarios para la implementación aprovechando oportunidades de costo-beneficio; específicamente, se cuenta con 3 cribas, un hidrociclón y el espacio físico donde se instalarán, lo que permite conocer gran parte de los aspectos técnicos para adaptar los diseños según la necesidad de cada equipo.

2.6. Alcance y limitaciones

El proyecto de ampliación es de vital importancia e impacto, pues asegura la continuidad del negocio, se encuentra en etapa de preparación y planificación actualmente, por lo que está contemplado en los objetivos de la empresa para el año próximo.

Al ser un proyecto grande, se debe diseñar detalladamente para las exigencias de la industria y planificar de manera adecuada el uso de recursos, ya que se parte de la falta de personal como una limitación de la empresa para realizar el trabajo necesario para la implementación y mantener el mantenimiento normal de la producción. También, se realiza el análisis constante de las precipitaciones y los pronósticos de lluvias y condiciones climáticas que puedan afectar la instalación o poner en peligro a los colaboradores, ya que, por el tipo de actividad, se realiza completamente en el exterior.

Otro aspecto importante por considerar corresponde al traslado de las cribas, las cuales son propiedad del quebrador, pero se encuentran en las localidades de Belén, Nicoya y Limonal, todas pendientes de traslado, pero en condiciones diferentes: una de ellas colocada en la estructura de soporte y otra en funcionamiento, por lo que no se puede contar inmediatamente con el equipo; asimismo, una limitante es la falta de productos de hierro que enfrenta el mercado nacional producto de la pandemia, como láminas, angulares y vigas, las cuales son requeridas para este desarrollo.

El alcance del proyecto comprende el conocimiento del sistema actual, así como el diseño de los sistemas requeridos para los nuevos equipos, los planos y el análisis financiero de la implementación. Se entregarán planos de diseño, memoria de cálculos realizados durante el desarrollo del proyecto y cotizaciones para conocer el costo, un preliminar de la planificación de la instalación del equipo e información de costos que permita la toma de decisiones.

3. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección, se detallan las actividades, los indicadores de logro y las fuentes para cumplir con los objetivos de este trabajo. La metodología comienza con una investigación previa de los equipos, funciones y requerimientos, la inspección de la planta para observar el espacio, así como la investigación de los estándares utilizados para el diseño mecánico y concluye con un análisis financiero para conocer si es factible la implementación. Para ello, se plantean las siguientes actividades:

Tabla 1: Metodología por objetivos para el desarrollo del proyecto.

Objetivo	Actividades	Indicador de logro	Fuentes
Recopilar información del estado actual de la planta de la planta, los equipos utilizados, el consumo eléctrico e inventario.	<ul style="list-style-type: none"> * Listar los equipos instalados y sus consumos. * Obtención de horarios de trabajo y producción actual. 	<u>Informe del estado actual de la planta.</u> (Obtención del consumo energético actual, costos y producción actual)	Visitas a la empresa para las mediciones de distancias y consumos. Comunicaciones personales con los encargados y colaboradores de la empresa. Catálogos de fabricantes
Diseñar la adaptación de la planta secundaria para la inclusión los componentes electromecánicos necesarios, 3 bandas transportadoras; y estructuras de soporte para el hidrociclón y una criba.	<ul style="list-style-type: none"> * Definir los componentes a implementar. * Bosquejo inicial de la ampliación. * Diseñar los sistemas mecánicos e necesarios para la instalación de los equipos y componentes. * Seleccionar los materiales y equipos 	<u>Memoria de Cálculos y planos de diseño.</u> Planos de distribución de la ampliación en general. Identificación de equipo y necesidades. Lista de elementos a utilizar, materiales y marcas elegidas.	<u>Teóricos:</u> Libros, repositorios y Bases de Datos. <u>Prácticos:</u> Mediciones in situ, reuniones con los interesados y comunicación con proveedores.
Verificar los diseños mecánicos del hidrociclón mediante programa CAD SolidWorks y componentes de las bandas mediante paquete informático de diseño de cintas transportadoras.	<ul style="list-style-type: none"> * Comprobar los cálculos mediante simulación. * Análisis de cargas de las estructuras. 	<u>Memoria de cálculo e informe final.</u> (Figuras de análisis de cargas y planos finales de diseño. Archivos CAD de simulación.)	<u>Programas:</u> Autocad, Solidworks, diseño de convoyer IPP, y/o similares.
Realizar un análisis de viabilidad técnico-financiero que oriente a la empresa para toma de decisiones referente a la implementación de la propuesta mediante indicadores como VAN y TIR.	<ul style="list-style-type: none"> * Hacer un análisis de viabilidad técnico-financiera para conocer la factibilidad de la implementación. * Crear la planificación cronológica para la instalación y de recursos que sirva de guía para el desarrollo del proyecto. 	<u>Informe de viabilidad del proyecto.</u> Con indicadores financieros como TIR, VAN y tiempo de recuperación. Cronograma y programación de la instalación con los recursos y horas en Microsoft Project.	Libros, Bases de datos, Personal de ventas y contabilidad. Microsoft Project, Word

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Normativas vigentes

Con el fin de conocer las regulaciones que aplican para el desarrollo de este proyecto, seguidamente, se hace una breve mención de aquellas relacionadas con la actividad económica y constructiva de los sistemas electromecánicos a diseñar.

Inicialmente, cabe mencionar que la empresa trabaja regulada por el código de minería bajo una concesión que externa el Ministerio de Ambiente y Energía, para la explotación de aguas y recursos ambientales, con el fin de que toda actividad económica del área minera se desarrolle en armonía con el ambiente y en beneficio de las comunidades. Implicando todos los requisitos expuestos en el artículo 72 de este código para la concesión y permisos de explotación, así como el artículo 26 que posee un apartado que solicita la calidad de los productos; específicamente para el quebrador es requerido el análisis de laboratorio de la calidad de los agregados, en aspectos como abrasión, gravedad específica para finos y gruesos, sanidad, granulometrías para finos y gruesos entre otros.

Lo anterior se encuentra en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), así como AASHTO T27 y AASHTO T11 para granulometrías; también, se aplican los ensayos de la norma INTE 06 y sus secciones, que incluyen ensayos para el análisis granulométrico en mallas de agregado fino y grueso, densidades, toma de muestras y otras especificaciones para los agregados de construcción.

Para la construcción de la ampliación, se debe considerar el reglamento de construcciones dentro de la jurisdicción de la municipalidad del cantón de Cartago, específicamente los artículos 2, 153 y siguientes, 161 y siguientes, asimismo, el artículo 99 de

la Ley Orgánica del Ambiente y, finalmente, el código eléctrico nacional para los diseños eléctricos.

Además, para el diseño, se establece utilizar la norma CEMA de ANSI, la cual tabula parámetros promedio del comportamiento de elementos para banda y materiales para los cálculos requeridos bajo un estándar, también bajo guía de manuales para diseño de rodillos y componente para el transporte por bandas de material a granel, así como también la norma DIN 22102, especialmente para calidades de las bandas.

4.2. Bandas transportadoras

Las bandas o cintas transportadoras, según Valencia (2014), corresponden a uno de los sistemas más versátiles y eficientes para el transporte de materiales, que logra minimizar el trabajo bajo condiciones en las que se requieren transportar grandes volúmenes de manera fluida. Es posible encontrarlas para usos ligeros, así como para pesados, además, para el transporte de material en terrenos inclinados como cintas elevadoras.

Se considera una banda o cinta transportadora como un sistema de transporte continuo formado por una banda, la cual es movida entre dos tambores, empleados, por lo general, cuando es necesario mover grandes volúmenes de material, entre posiciones relativamente grandes.

Se caracterizan por ser normalmente mecanizados y, en ocasiones, automatizados. Ocupan posiciones fijas o móviles, estableciendo las rutas, montados sobre el suelo o suspendidos del techo, están limitados comúnmente a un flujo unidireccional de materiales. Se encuentran diseñadas para cargas voluminosas o continuas y pueden emplearse solo para transporte o para transporte más almacenamiento automático de elementos.

Las primeras bandas transportadas fueron empleadas en la industria minera para el transporte de materiales, tales como tierra y carbón, alrededor del año 1795, se trataba de algo rudimentario, constituido por una cinta de cuero o lona, que se deslizaba por una tabla plana o cóncava, no se consideraba un sistema eficiente, pero fue un incentivo importante para el área ingenieril. Tras esto, The Ford Motor Company introdujo la cadena de montaje a las cintas, con la Segunda Guerra Mundial escasearon los materiales empleados para la construcción de la banda, lo que dio paso a la creación de materiales sintéticos para este fin, y, además, adaptados a una necesidad específica, por ejemplo, en industrias alimentarias, médicas, agraria, textil, química y muchas más (Valencia, 2014).

4.2.1. Funcionamiento

Se busca que la banda transportadora soporte el material y esta pueda movilizarlo, a un punto de descarga establecido, ya sea dentro del proceso productivo, o bien a la salida de este. Es posible transportar elementos por encima de los 45°, sin embargo, se deben utilizar configuraciones distintas a las comunes, aspecto que eleva sus precios considerablemente, además, González y Lobo (2018) explican que el funcionamiento se basa en la fricción generada por los tambores, accionados por un motor, resultante al aplicar tensión a la banda transportadora por medio de un husillo o tornillo tensor, logrando el movimiento, asimismo, tiene un segundo tambor que suele girar libremente, es decir, sin ningún tipo de accionamiento y funciona como retorno a la banda. Se utilizan también rodillos entre los dos tambores o una placa de acero para dar soporte a la banda.

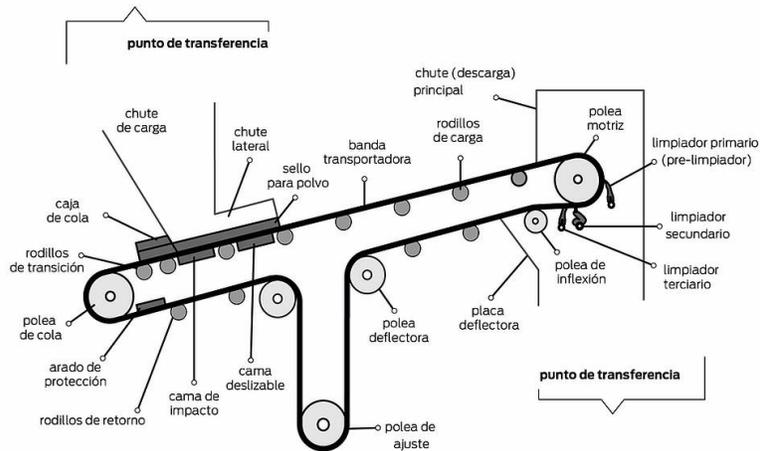


Figura 3: Parte de la banda transportadora

Fuente: Sponozzi (2019).

4.2.2. Partes de la banda transportadora.

Para una mayor comprensión de una banda, se debe conocer sus 5 principales componentes, según González y Lobo (2018):

- a. La banda: componente principal, formado por una cubierta superior normalmente con espesores de 2,5mm y 13mm, según la aplicación; puede encontrarse en materiales como algodón, acero, tela, tejidos sintéticos, entre otros. Básicamente constituido por 3 grandes tipos, las lisas utilizadas en instalaciones con pequeños grados de inclinación; y las rugosas se emplean cuando requiere una mayor adherencia del material transportado y permitiendo transportar productos con mayor grado de inclinación, y la banda con nervio para grandes ángulos de inclinación, en donde se busca evitar la caída o retroceso del producto.

- b. Los rodillos: conocidos también como poleas guías, utilizados en bandas con gran capacidad de transporte, pueden encontrarse desnudos o con un recubrimiento, la calidad de estos influye directamente en aspectos como la fricción y desgaste de la banda reduciendo su vida útil y reflejan un aumento en el consumo de energía.
- c. Tambores: se subdividen en: tambores motrices, encargados de transmitir fuerza a la banda y los no motrices, encargados de cambios de trayectorias, poseen cubiertas de caucho y acanaladuras para evitar deslizamientos con la banda.
- d. Elementos motrices: compuesto por reductor de velocidad, elementos de frenado y un motor eléctrico todos cubiertos por una carcasa de protección.
- e. Bastidores: se trata del componente más simple del sistema, tiene como función soportar las cargas del material, banda, rodillos y demás dispositivos.

4.2.3. Cálculos necesarios para el diseño de una banda transportadora

A continuación, se muestran las ecuaciones utilizadas en el diseño de las bandas transportadoras, es importante mencionar que las variables se explican una sola vez en la ecuación, donde aparece inicialmente, también estos valores se pueden observar en las abreviaturas.

Determinación del área (S):

$$S = A_1 + A_2$$

Ecuación #1

Donde A_1 corresponde al área circular superior, y A_2 al área del trapecio. Como se muestra en la siguiente imagen y su cálculo, en el que se modela a una aproximación mediante derivación.

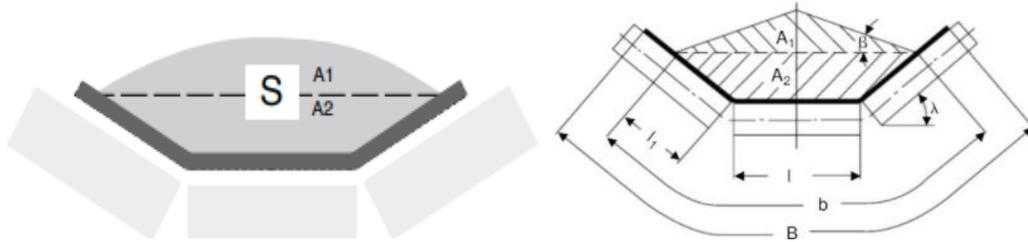


Figura 4. Área de transporte en una banda.

Fuente: Rulmeca (2000)

Se define S utilizando las siguientes las fórmulas:

$$A_1 = 0,25 \cdot \tan(\beta) \cdot [1 + (b - l) \cdot \cos(\lambda)]^2 \quad \text{Ecuación \#2.}$$

$$A_2 = l_1 \cdot \sin(\lambda) \cdot [1 + l_1 \cdot \cos(\lambda)] \quad \text{Ecuación \#3.}$$

Sabiendo que $b = 0,9 \cdot B - 0,05$ y $l_1 = 0,5 \cdot (b - l)$, donde b y B son las medidas, según la figura 4.

Capacidades de transporte:

Se utiliza la ecuación 3 para determinar la cantidad de material por metro lineal, el cual se utiliza para obtener los esfuerzos tangenciales más adelante.

$$q_G = \frac{l_v}{3,6 \times v} \quad \text{Ecuación \#4.}$$

Donde:

q_G = peso del material por metro lineal [Kg/m],

l_v : Capacidad de transporte de la banda [t/h]

v : la velocidad de la banda [m/s].

La capacidad de la banda se determina normalmente con el área, otra forma de calcularlo es utilizar el peso específico y la velocidad, tal que:

$$L_v: Lm/qs \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \textbf{Ecuación \#5.}$$

$$L_{vT}: Lv/v \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \textbf{Ecuación \#6.}$$

$$S = L_{vT}/3600 \text{ [m}^2\text{]} \quad \textbf{Ecuación \#7.}$$

Donde:

L_m : Capacidad de transporte volumétrica.

qs : Peso específico del material

L_v : Capacidad de transporte de la banda.

L_{vT} : capacidad de transporte de la banda a 1m/s.

Cálculo del esfuerzo tangencial total (F_u):

$$F_u = [L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f(2q_b + q_G + q_{RU} + q_{RO}) + (q_G + H)] \times 0,981 \text{ [daN]} \quad \textbf{Ecuación \#8.}$$

Donde:

L : Distancia entre ejes en metros.

C_q : Coeficiente de accesorios.

C_t : coeficiente de temperatura.

f : Coeficiente de rozamiento interno producto de las estaciones.

q_b : Peso de la banda Kg/m.

q_G : Peso del material en Kg/m.

q_{RU} : Peso de partes giratorias inferiores Kg/m.

q_{RO} : Peso de partes giratorias superiores Kg/m.

H : altura de la cinta en m.

Tensiones en la banda (T):

Para este cálculo, es necesario utilizar la ley de variación exponencial, tal que:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{fa} \quad \text{Ecuación \#9.}$$

Donde, fa corresponde al coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor dado por un ángulo de abrazamiento. Además, se utiliza el análisis de fuerzas en donde:

$$F_U = T_1 - T_2 \quad \text{Ecuación \#10}$$

Obteniendo:

$$T_2 = F_U \frac{1}{e^{fa-1}} = F_U \cdot C_W \quad \text{Ecuación \#11.}$$

El C_W corresponde al factor de abrazamiento que trabaja en función del ángulo de abrazamiento de la banda y coeficiente de rozamiento fa .

Se obtienen las tensiones críticas en el contratambor (T_3), cola (T_0), dispositivo de tensión (T_g) y tensión máxima en la banda (T_{max}), para la tensión del tramo lento del contra tambor se utiliza T_3 de la siguiente manera:

$$T_3 = T_2 + FR_1 + \dots + FR_n \quad \text{Ecuación \#12.}$$

Donde, FR es el esfuerzo tangencial para mover la banda en cada uno de los tramos de retorno, la cual se obtiene:

$$FR = L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f \cdot q_b + q_R U + q_G + H \cdot x_0,981 \text{ [daN]} \quad \text{Ecuación \#13.}$$

Tensión Mínima requerida o tensión en la cola del tambor (T_0):

$$T_0 = 6,25 (q_b + q_G) \cdot a_0 \cdot 0,981 \quad \text{Ecuación \#14.}$$

Donde a_0 es el paso de las estaciones de ida.

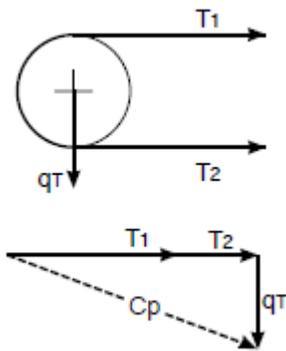
Cargas de trabajo y rotura de la banda:

Se utiliza la tensión máxima para calcular la tensión unitaria máxima y, con ello, obtener la carga de rotura de la banda para comprobar si la banda soporta los esfuerzos obtenidos mediante la siguiente ecuación:

$$T_{Umax} = \frac{T_{max}}{N} \quad \text{Ecuación \#15.}$$

Para el eje del tambor, es fundamental conocer las flexiones a fatiga y torsión, contemplando le resultante de las tensiones anteriores. El momento torsor, momento de flexión ideal y el módulo de resistencia se calcula de la siguiente manera:

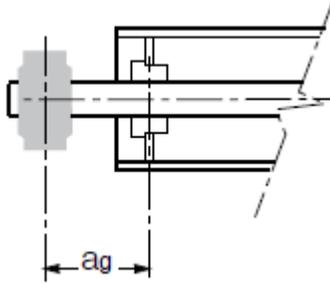
Resultante de la tensión (Cp):



$$Cp = \sqrt{(T_1 + T_2)^2 + q_T^2} \quad \text{Ecuación \#16.}$$

Donde, T1 y T2 corresponden a tensiones en el tambor y qT es el peso del tambor.

Momento flector (Mf):



$$Mf = \frac{Cp}{2} \times a_g \quad \text{Ecuación \#17.}$$

Donde, a_g es la distancia entre el soporte y la brida del tambor.

Momento torsor (Mt):

$$n = \frac{v \times 1000 \times 60}{D \times \pi} [rpm] \quad \text{Ecuación \#18.}$$

$$Mt = \frac{P}{n} \times 954,9 \quad \text{Ecuación \#19.}$$

Donde, P corresponde a la potencia del motor y n al numero de revoluciones por minuto.

Momento resultante (Mr):

$$Mr = \sqrt{Mf^2 + 0,75 \cdot Mt^2} \quad \text{Ecuación \#20}$$

Módulo de resistencia (W) expresada en mm³:

$$W = \frac{1000 \cdot Mr}{\sigma_{adm.}} = \frac{\pi}{32} \times d^3 \quad \text{Ecuación \#21.}$$

Donde, $\sigma_{adm.}$ Es el esfuerzo admisible para el material utilizado.

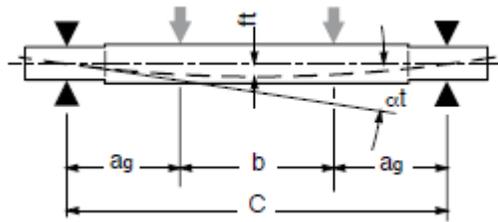
Diámetro del Eje (D):

$$d = \sqrt[3]{\frac{W \times 32}{\pi}} \quad \text{Ecuación \#22.}$$

Comprobación de los diámetros mediante la pendiente (αt) y deflexión (ft) del eje del tambor:

Se debe cumplir el criterio, según el fabricante:

$$ft_{max} \leq \frac{C}{3000} \text{ y } \alpha t \leq \frac{1}{1000} \quad \text{Ecuación \#23 y \#24.}$$



Deflexión del eje:

$$ft = \frac{(Cp \cdot 2)a_g}{24 \cdot E \cdot J} [3(b + 2a_g)^2 - 4a_g^2] \quad \text{Ecuación \#25.}$$

Donde, E es el módulo elástico del material y J corresponde al momento de inercia de la sección del material.

Pendiente del eje:

$$\alpha t = \frac{(Cp \cdot 2)}{2 \cdot E \cdot J} a_g (C - a_g) \quad \text{Ecuación \#26.}$$

Determinación de las cargas:

Para calcular las cargas estáticas y dinámicas en los tambores y rodillos, se utilizan coeficientes tabulados como:

Fp: factor de participación del rodillo sometida a mayor esfuerzo, el cual depende del ángulo del rodillo.

Fd: factor de choque en función del tamaño del material.

Fs: factor de servicio.

Fm: factor ambiental.

Fv: factor de velocidad.

Carga estática en estaciones de ida (Ca):

$$Ca = 0,981 a_o \left(q_b + \frac{lv}{3,6 \cdot v} \right) \quad \text{Ecuación \#27.}$$

Corrección de la carga (Ca1):

$$Ca_1 = Ca \cdot Fa \cdot Fs \cdot Fm \quad \text{Ecuación \#28.}$$

Carga total sobre el rodillo central (ca):

$$ca = Ca_1 \cdot Fp \quad \text{Ecuación \#29.}$$

Carga sobre estaciones de retorno (Cr):

$$Cr = 0,981 \cdot a_u \cdot q_b \quad \text{Ecuación \#30.}$$

Carga dinámica en estación de retorno (Cr1):

$$Cr_1 = Cr \cdot Fs \cdot Fm \cdot Fv \quad \text{Ecuación \#31.}$$

Carga sobre la estación de retorno (cr):

$$cr = Cr_1 \cdot Fp \quad \text{Ecuación \#32.}$$

Rodillos de impacto:

Altura correcta de caída (Hc)

$$Hc = Hf + Hv \cdot \text{sen}^2 \gamma \quad \text{Ecuación \#33.}$$

Donde, Hf es la altura de caída del material desde el equipo la tolva y Hv la altura desde la tolva a la banda.

Fuerza de impacto (pi):

$$pi = lv \frac{\sqrt{Hc}}{8} [Kg] \quad \text{Ecuación \#34}$$

4.3. Hidrociclón

Forma parte de un proceso de lavado y clasificación que permite mejorar la calidad de los productos y, a su vez, efectuar una separación por tamaños granulométricos. Este equipo funciona bajo el principio de centrifugación, donde, mediante una bomba, se envía el material hacia la tubería de alimentación formando una espiral descendente gracias a la entrada en involuta.



Figura 5: Ejemplos de planta compacta de hidrociclonado.

Fuente: Advanced Mineral Processing S.L. (s.f.)

Dentro del hidrociclón, las partículas son sometidas a una fuerza centrífuga, donde las de mayor masa se colocan al borde del cuerpo, creando un movimiento turbulento en el interior, al encontrarse conectado al exterior que por el diferencial de presión crea un movimiento secundario de forma ascendente, arrastrando las partículas no centrifugadas de menor tamaño y poco peso que salen por el vórtex y evacuando por las partículas más gruesas en el ápex, ubicado en la parte inferior (López, 1998).

Se pueden modificar las condiciones de operación del tamaño del corte y la eficiencia mediante algunos parámetros como controlar la densidad de la pulpa, monitoreo de la caída de presión en la alimentación, así como variar los diámetros del vórtex y el ápex. Básicamente el funcionamiento puede cambiar de la siguiente manera:

- Presión de alimentación: cuanto mayor sea esta el corte, se vuelve más fino, ronda entre 0,02 y 0,1 MPa.
- Diámetro del vórtex: varía de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{6}$ pulgadas respecto al diámetro del hidrociclón. Según aumente esta medida, aumenta el grueso del corte.
- Diámetro del ápex: sirve para modificar la capacidad y espesado de la descarga.
- Ángulo del cono: cuanto menos, es el ángulo más fino es el corte.
- Longitud del cuerpo: a mayor longitud, más fino es el corte.

Los hidrociclones de cono tendido con ángulos mayores a 20° , son usados principalmente para clasificar tanto por tamaño como por densidad, normalmente el ángulo de su parte cónica varía entre 20° y 45° , tienen diámetros entre los 250 mm y los 1250 mm, además, su presión de operación entre los 20kPa a los 150kPa, para generar cortes desde los $30\mu\text{m}$ y $150\mu\text{m}$ (ALNICOLSA de Perú, 2009).

El principal objetivo de un hidrociclón es tratar un determinado caudal de pulpa y separarlo en dos fracciones, una llamada sobre flujo u *overflow*, que arrastra los elementos más finos y/o menos densos y otra llamada bajo flujo o *underflow*, que contiene los elementos más grandes y/o más densos y usualmente son más gruesos que el diámetro de corte (Etayo y Barraza, 2009).

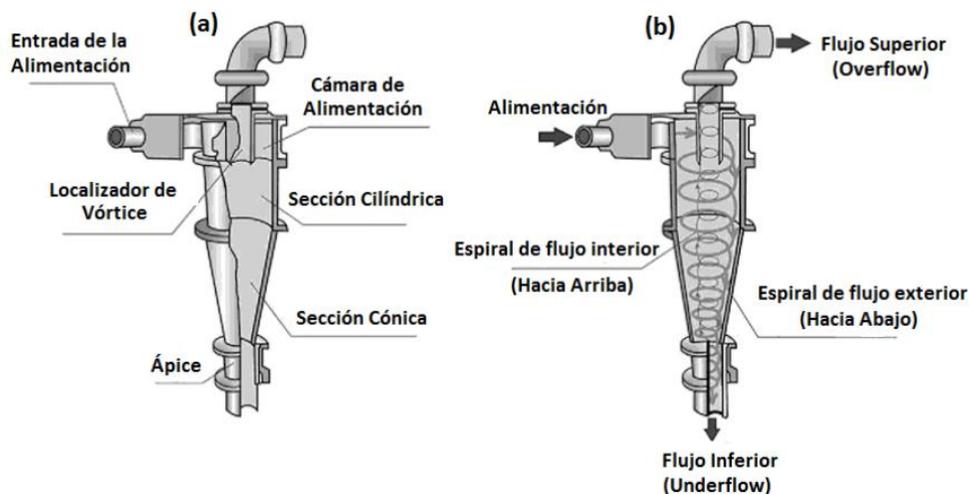


Figura 6: Partes de un hidrociclón.

Fuente: Pedraza (2018).

4.4. Áridos y materiales para la construcción

La utilización de piedras data de era paleolítica millones de años atrás, que da paso a la evolución humana con el desarrollo de herramientas para trabajos de recolección, caza y seguridad. No es hasta 150 años a.C. que se referencia la clasificación en los materiales, gracias al aporte de la civilizaciones griegas, romanas y egipcias (Chinduamba, 2019).

En la actualidad, el estudio de los áridos y la utilización de clasificaciones granulométricas adecuadas dan paso a la fabricación de agregados de gran calidad, con volumen igual, y uniforme según la necesidad de los proyectos. Las curvas granulométricas utilizan escalas logarítmicas para representar los granos gruesos y granos finos.

Existen varios tipos de áridos, como los naturales: constituidos por dos grupos: granulares, aquellos utilizados después de haber sido clasificado y lavado, y áridos de machaqueo, que se obtienen mediante trituración y molienda; otro grupo son los áridos artificiales, correspondientes a subproductos industriales como escorias o materiales de

derribo y por último áridos reciclados: obtenidos de edificaciones y estructuras derribadas (López, 1998).

Asimismo, se puede clasificar también como áridos los materiales de préstamos, los cuales son utilizables con modificación de sus características naturales o con pequeñas modificaciones, mediante utilización de productos estabilizantes o tratamientos mecánicos, según el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes utilizado en Costa Rica (2010), un material de préstamo corresponde a todo aquel material apto para la construcción de rellenos, terraplenes u otras partes de una obra debidamente aprobadas por el ingeniero de proyecto.

Para efectos del proyecto, el término agregado se entiende como un material granular y duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada usado para ser mezclado en diferentes tamaños. Cuando se extraen de fuentes naturales y son manufacturados, se les conoce como agregados de cantera (Ministerio de Obras Públicas y Transportes 2010).

4.4.1. Clasificación de materiales según la granulometría

Entre los materiales se tiene bases granulares, constituidas por partículas duras y durables que se encuentra inmediatamente debajo de la capa superficial o la capa intermedia, puede estar compuesta de escoria triturada, roca triturada, grava y arena triturada o cualquier combinación de estos materiales y pueden ser tratadas con ligantes bituminosos o aditivos químicos (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010) y subbase granulares correspondientes a capas de material colocados sobre un material selecto que soporta la base o, en su defecto, la superficie de un pavimento.

Estas bases y subbases tienen medidas desde 14 mm a 60 mm, mientras que la arena obtenida en el proceso de trituración ronda los 0 mm a 6 mm. Los materiales pétreos, es decir, que utilizan como materia prima la piedra, se pueden clasificar mediante un estar para Costa Rica, según CR-2010, en agregado fino todo aquel que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4) y agregado grueso el retenido en el tamiz de 4.75 mm (No.4). Todo esto debe ser enviado a un laboratorio debidamente acreditado, porque verifica la calidad de pros productos mediante normas nacionales e internacionales como AASHTO y ASTM.

La certificación y clasificación de los materiales permite conocer las especificaciones de cada tipo, mediante la gravedad específica, según el tamaño de la partícula, lo cual es muy importante para el diseño de componentes mecánicos en la industria minera y de construcción.

4.5. Procesos de cribado y equipo de trituración

Es necesario conocer el funcionamiento de todos los equipos que componente el proceso, para saber si tiene una influencia directa en el diseño, por lo que, a continuación, se detallan los equipos de cribado y trituración:

Criba vibratoria: equipo encargado de la clasificación por tamaño y formas obligando al material a enfrentarse a una superficie con aberturas que permite el paso de aquellos con dimensiones inferiores a tamaño de la abertura mediante un movimiento vibratorio. Presenta una pendiente media a lo largo de la superficie haciendo que los agregados descarguen en las tolvas.

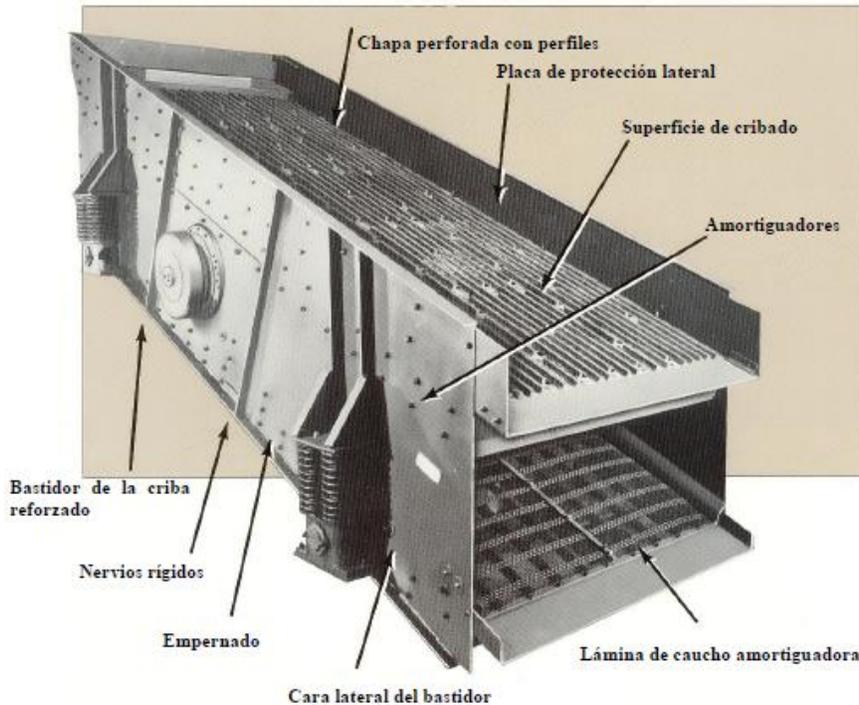


Figura 7. Partes de la criba vibratoria inclinada.

Fuente: Svedala (s.f).

4.5.1. Rendimiento y eficiencia de cribado

Depende de múltiples factores: superficie de cribado como dimensión, forma, paso, inclinación y superficie libre, producto a cribar aspectos como granulometría, coeficiente de forma, distribución de tamaños, humedad y plasticidad y, por último, factores propios del movimiento, como la frecuencia, amplitud coeficiente de aceleración, ángulo de trabajo entre otros.

El rendimiento se puede calcular mediante los porcentajes de material iguales o menores al corte de la malla, utilizando el peso total del material de alimentación, pasante y rechazo en toneladas por hora y los porcentajes que representan.

Según el resultado obtenido, se puede catalogar el cribado en fácil para valores de 1,5 a 2; cribado normal de 2 a 2,5 y cribado difícil para valores de 3 a 3,5. También es tomado en

cuenta las condiciones de trabajo como números de paños, alimentación, disponibilidad y eficiencia empleando:

$$E = 100 \frac{P \cdot p}{A \cdot a} = 100 \frac{p(a-r)}{a(p-r)} \quad \text{Ecuación \#35.}$$

Donde:

P: Masa del material pasante

R: Masa del material de rechazo

A: Masa de Alimentación

m: Abertura de la malla

a, p y r: porcentaje de partículas con dimensiones menores a m en la alimentación, pasante y rechazo.

E: Rendimiento de cribado

Eficiencia del cribado (e):

$$e = 100 - r \quad \text{Ecuación \#36.}$$

La eficiencia de cribado se considera buena cuando se encuentra entre 90-95 %. En el 30 % inicial de la longitud, se criba el 75 % del material, el restante 25 % en el resto de la longitud; cuanto mayor alimentación, menor será la eficiencia (Fueyo, 2014).

4.5.2. Cálculo de superficie

Este cálculo se puede realizar mediante dos formas, utilizando la alimentación total o la capacidad de paso y, posteriormente, se corrige para factores como tipo de apertura, posición del paño forma del material, eficiencia de cribado, porcentaje de desclasificados e gruesos, humedad de material, cribado seco o húmedo, tipo de criba.

Superficie de cribado (S):

$$\frac{T}{Zx Bx CxDxE} [m^2]$$

Ecuación #37.

Tabla 2: Coeficientes para la superficie de cribado.

	Mediante alimentación	Mediante material pasante
B	Sobre tamaño o rechazo	Coeficiente en función de la cantidad de sobre tamaño o rechazo
C	Tamaño mitad	Coeficiente en función del porcentaje de partículas
D	Factor posición de la malla	Coeficiente correspondiente a la posición de la malla.
E	Factor sistema de riego	Coeficiente aplicado en cribado utilizando vía húmeda.
T	Tonelaje por cribar proveniente de la alimentación	Tonelaje que pasa por la criba
Z	Capacidad específica ton/m ² h	Capacidad especifica en ton/m ² h

Fuente: Fueyo (2014).

4.5.3. Molino de impactos

Posee una cámara fija donde la variación granulométrica se alcanza mediante la variación de velocidad; esta va en función de la abrasividad (más abrasividad, menor velocidad), tipo de alimentación (suave y constante velocidad menor, forzada: velocidad mayor) y el tamaño y producción, puesto que entre menor es el tamaño de entrada se requiere mayor velocidad.

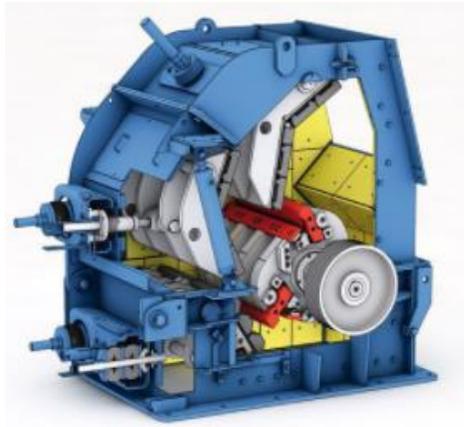


Figura 8: Ejemplo de un molino de impacto.

Fuente: BHS Sonthofen (2020)

De acuerdo con Fueyo (2014):

Un exceso en la velocidad, con un consumo excesivo de energía, una disminución de la producción por la falta de penetración de los materiales y un desgaste muy elevado de los percutores, una falta de velocidad produce descarte incorrecto de los percutores y un desgaste importante anormal en el rotor, que puede genera averías.

Normalmente, ronda velocidades desde 300 y 2000 revoluciones por min. La potencia varía desde 100kW y los 5000kW, mientras la producción entre 70t/h y las 850t/h.

Para calcular la velocidad se utiliza:

Velocidad del rotor [m/s]:

$$\frac{\text{rpm}(\text{rotor}) \cdot \phi_{\text{rotor}} (m) \cdot \pi}{60}$$

Ecuación #38.

Revoluciones por minuto del rotor [rpm]:

$$\text{rev/ min}(\text{motor}) \cdot \frac{\phi_{\text{polea motor}}}{\phi_{\text{polea impactor}}}$$

Ecuación #39.

Formula de bond: para determinar la potencia consumida por tonelada cortada de alimentación, posteriormente, con la corrección a toneladas métricas y multiplicando las toneladas por hora, se obtiene la potencia total consumida.

Altura de caída (H):

$$H = \frac{(R\pi DnN)^2}{2g \cdot 3600 (\pi d - NE)^2} \quad \text{Ecuación \#40.}$$

Donde:

H: Altura de caída.

R: Penetración con respecto al percutor que habitualmente es la mitad de la altura de la cabeza de este.

D: Diámetro exterior barrido por los percutores.

n: velocidad (rpm).

N: Número de Filas de percutores.

E: Espesor de la cabeza del percutor (círculo externo del movimiento).

5. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

5.1. Introducción

Es fundamental conocer de antemano la situación actual la planta, equipos y mantenimiento, que incluya especialmente la identificación, el estado, el consumo energético y el horario de uso de los motores, bombas y equipo en general, puesto que, sin ellos, el proceso productivo se ve afectado. Al momento de ingresar a una planta, nuestra responsabilidad como ingenieros es obtener un conocimiento de los equipos que aquí operan, sus necesidades energéticas, caudales y capacidades, que permitan la toma oportuna de decisiones.

Como este proyecto consiste en el diseño de estructuras y planificación de la instalación de equipos, es más importante aún este análisis previo para no sobrepasar a la capacidad instalada en la planta, o bien sugerir alguna ampliación en los sistemas eléctricos o hidráulicos para soportar el diseño que posteriormente se realizará.

Adicionalmente, se pretende que este capítulo pueda ser utilizado por los encargados para comprender las necesidades actuales de la planta y facilite la planificación y tomar de decisiones, que beneficien a la compañía y sus colaboradores de manera oportuna.

5.2. Metodología

Inicialmente, se comienza con un análisis de consumo eléctrico de los equipos instalados, puesto que muchos de los cuales son utilizados actualmente datan de la época de Holcim como propietario del quebrador, es decir, alrededor de 8 años atrás, por lo que muchos registros se han perdido, así como las placas con información, por lo que, primeramente, se hizo un recorrido por la empresa, donde uno a uno de los motores fue inspeccionados y

documentados respectivamente, se intenta conseguir la mayor información de placa, ya que, por cuestiones de exposición al desgaste, se deteriora rápidamente sin la debida protección.

Fundamentalmente, se pretende obtener modelo y serie, para realizar la ficha técnica con los datos del fabricante, así como redactar las rutinas de mantenimiento con esa información, en caso de que no sea posible el reconocimiento, se procura obtener corriente, tensión, potencia; factor de potencia, eficiencia y rodamientos. En caso contrario, si se encuentran equipos con las placas: pintadas, ilegibles o sin ellas, se realiza la toma experimental de los datos más importantes como corriente y tensión.

Seguidamente, se analiza el manejo en el patio de almacenamiento del producto, ya que, al ser un diseño con el objetivo de aumentar la producción, se desea que los productos terminados requieran un menor manejo dentro de este, que, a su vez, permita reducir el costo de transporte interno. Por último, se pretende comentar el uso de recursos dentro del taller que pueda servir en la planificación de la instalación que se quiere realizar para tener un panorama.

5.3. Informe actual

En esta sección, se trabaja directamente en las instalaciones de la empresa y en constante contacto con los encargados de las áreas: administrativas, de producción, eléctricas, inventarios y taller quienes facilitan la información y colaboran activamente en el proceso.

La idea fundamental de realizar este informe es recopilar características relevantes para el diseño, como, por ejemplo, la capacidad máxima para suministro de energía eléctrica para los nuevos motores, la capacidad de alimentación de agua; cuestiones más administrativas referente al trabajo de los colaboradores, con el objetivo de realizar la planificación cronológica del proyecto más acertada, así como aportar a los interesados un documento que permita la toma de decisiones.

Subíndice

- Característica de la planta y activos.
- Motores Instalados, características y consumo energético.
- Inventarios y ventas.

5.3.1. Característica de la planta y activos

Inicialmente, se comprende el proceso productivo, este consiste en un flujo característico con dependencia del proceso anterior y los activos disponibles que, a pesar de ser bastante automatizado, requiere de maquinaria amarilla para alimentación y despacho.

Los equipos tienen su codificación la cual se utiliza por el área de mantenimiento para identificación, administración y control interno; la empresa Quebrador Ochomogo posee varias plantas en diferentes partes del país por lo que la planta en análisis se identifica bajo el código: OCHO y la distribución por áreas se muestra a continuación:

Tabla 3: Áreas correspondientes a la planta del Quebrador Ochomogo.

Código	2001	3001	4001	5001	1501	1502
Proceso	Extracción Cantera	Trituración Primaria	Trituración Secundaria	Despacho	Taller de Mantenimiento	dirección de Operaciones

Fuente: Quebrador Ochomogo (2021).

Asimismo, se muestra la codificación para cada uno de los sistemas seguidos por un número de identificación que en numera la unidad si existiera redundancia.

Tabla 4: Codificación de activos.

Activo	Codificación
Excavadora de orugas	EXC
Cargador de Ruedas	CRU
Traileta	TRA
Cabezal	CAB
Vagoneta	VAG
Martillo Hidráulico	MHI
Tanqueta de agua	TAG
Estructura física	EST
Alimentador vibratorio	ALV
Trituradora de Mandíbula	TMA
Faja transportadora	FTR
Compresor de aire planta	COM
Tambor Lavador	TLA
Planta de lavado de ciclones	CIC
Escurreidor Vibrante	EVI-
Bomba de Lodo	BLO
Tanque de Clarificación	TCL
Bomba de agua	BAG
Tanque de Floculación	TFL
Criba Vibratoria inclinada	CVI
Criba Vibratoria Banana	CVB
Prensa de Lodos	PLO
Cuarto de Control Eléctrico	CCE
Cuarto de Transformadores	CTR
Detector de metales	DME
Trituradora de Impacto	TIM
Lavadora de disco	DIS
Tanque de Diesel	TCB
Planta de lavado de ciclones	CIC
Balanza Camionera	BCA
Vehículo de Administración	VLI
Comedor, vestidores y oficinas administrativas	EDI
Taller	TAL
Vehículo de carga	VCA

Fuente: Proveduría (2021).

5.3.2. Sistema actual de bandas

Ya que se va a trabajar la línea de bandas transportadoras, es necesario conocer su funcionamiento y características para mantener un estándar en cuanto a mantenimiento se refiere. Así como también para considerar cuestiones de velocidad que, posteriormente, ayudarán a diseñar las capacidades y, sobre todo, evitar atascos en las líneas. Actualmente, la planta cuenta con 10 bandas transportadoras entre ambas plantas, todas en funcionamiento y con las siguientes características:

Tabla 5: Características de las bandas instaladas en el Quebrador Ochomogo.

Equipo Actual									
Equipo	Ancho de banda [pulg.]	Espesor de banda [pulg.]	Número de capas	Longitud de banda sin pega [m]	Distancia entre rodillos [pulg.]	Diámetro rodillo tracción [pulg.]	Diámetro rodillo cola [pulg.]	Veloc. [m/s]	Pot. motor [Hp]
OCHO-3001-FTR-1	60"	1"	4	24,04	10,5	24	24"	1,05	12,5
OCHO-3001-FTR-2	30"	5/8"	3	41,4	19,6	18	18"	0,73	10
OCHO-3001-FTR-3	30"	1/2"	3	43,2	20,5	18	18"	0,73	15
OCHO-3001-FTR-5	24"	1/2"	3	45,7	21,83	18	18"	1,54	12,5
OCHO-4001-FTR-1	30"	1/2"	3	48,2	23	18	18"	1,38	10
OCHO-4001-FTR-2	30"	1/2"	3	45,44	21,62	18	18"	1,52	15
OCHO-4001-FTR-3	24"	1/2"	4	47,04	22,5	18	18"	1,13	10
OCHO-4001-FTR-4	24"	1/2"	3	39,5	18,97	12	12"	1,6	10
OCHO-4001-FTR-5	30"	1/2"	3	31,3	14,55	18	18"	1,57	10
OCHO-4001-FTR-6	24"	1/2"	3	34,5	16,3	18	18"	0,94	10

Fuente: Víctor Berrocal. Quebrador Ochomogo (2021).

5.3.3. Motores instalados, características y consumo energético

Con el proceso productivo actual, se utiliza solamente una planta a la vez, ya sea la planta primaria o la secundaria, para el manejo de horarios y cargas, pero algunos equipos son compartidos entre ambas, se prefiere, para este apartado, mostrar la lista de los equipos en general, datos de placa, rodamientos y lecturas obtenidas. Cabe mencionar que se utiliza una

tensión de 440V para toda la planta, cuenta con transformadores y utiliza la tarifa media tensión de la empresa JASEC.

La toma de datos se realiza durante en febrero del 2021, inicialmente, con los datos de placa de cada motor, se hace la medición de corrientes y tensiones, la cual se realiza 2 veces el mes, mediante el electricista a cargo y una última toma para obtener velocidad.

Tabla 6: Listado de motores y características.

Nombre	Cód.	Modelo	Peso [Kg]	HP	Tensión [V]	Corriente nom. [A]	Rodamientos	Velocidad RPM	fp	Eficiencia	Potencia [Kw]
Banda	FTR1	160M (5KS254SAA205)	142	15	220/440	37.3/18.6		1770	0,8	92	6,1
Tambor	TLA1	LS225ST-T	205		440	67,9	NDE 6214Z C3 DE:6313 C3	1770	0,88	92,7	42
Criba	CV1				440	10					7,6
Bomba Hidro	BAG	250S/MNBR 7094	520	100	220/380/440	243/141/122	Todos 6314-C3	1775	0,87	93,2	80,9
Escurridor 1	ESC-1	MVSI 10/6600 S90	280	7,5	250 /460	17,9/ 10,2	NJ2315E-C4	1000-1200			5,9
Escurridor 2	ESC-2	MVSI 10/6600 S90	257	7,5	440/ 480	10,2 /9,4	NJ2315E-C4	1000-1200	0,76		5,9
Base Banda Arena	Base Arena	L100	32	5	220/380	14,1/7	Ambos 6206zz	1730	0,81	85	3,7
Bomba 1	BAG 1	06018EP3E364T	384	60	208-230/460	148-134/67	6314-C3	1770	0,89	93,6	45
Bomba 2	BAG 2	225S/M-4	350		440/480	63	6314-C3	1770-1780	0,87		42
Banda 1	FTR1				440	21					16
Banda 2	FTR2	IPE 7.5-213T	61.235	7,5	208-230/460	19 /9.5	6308-ZZ /6207_ZZ	1765	0,82	89,5	5,5
Banda 3	FTR3				440	18					13,7
Banda Arena	FTR4	MS 132L2-4 B35	64	15	230/460	36.89/18.04	6308-2RS-C3 / 6208-2RS-C3	1750	0,85	88,4	11
Banda 5	FTR4				440	14					10,7
Bomba Martillo	MH1	Reliance General Purpose Motor		50	230/460	118/59	DE 6312 ODE6311	1770	0,85	93	38,2
Banda tunel	FTR1	TE1BF0X0#	67	10	208-230/460	27.3-24.7 /12.3	6308-ZZ / 6207-ZZ	1760	0,84	91	7,9
Impactor	TIM1	25012ES3GKD449	1056	250	460	307	DE NU-322 C3 NDE: 6319 C3	1190	0,8	94,5	187
Criba	CVB1	160L	130	10	220/380/440	31.5/18.2/15.8	DE: 6309-C3 / NDE 6209-Z-C3	875	0,72	86,8	7,5
Lavadora	DIS-1	112M	45	7,5	208-230/460	21.1-19.1 / 9.57	Eje: 6307-ZZ final: 6206-zz	1740	0,82	88	5,5
Bomba	BAG	06018EP3E3647	384	60	208-230/460	136 / 67,8	Ambos 6314-C3	1770	0,89	93,6	45
Banda retorno	FTR3	TE1BF0X0#	67	10	208-230/460	27.3-24.7 /12.3	6308-ZZ / 6207-ZZ	1760	0,84	91	7,5
Banda Arena Ind.	FTR4	EL 19	82,5	10	208-230/460	26.3-23,8/11,9	Ambos 6308-2Z-c3	1745	0,88	89,5	4,5
Banda	FTR5	B-132 64/CR	55	10	220/380	26 / 15	Ambos 6308-ZZ	1750	0,86	0,85	7,5
Banda	FTR6	B-132 64/CR	55	10	220/380	26 / 15	Ambos 6308-ZZ	1750	0,86	0,85	7,5
Compresor	COM-1	Frame 160M		20	220/440	27	Eje 42	1765			20,6
Máquina Soldar 1	MS-1	JG113717			230/460	58/29					15
Máquina Soldar 2	MS-2	JH17084			230/460	58/29					15
Motor Bomba Tanque	TCL-1	LS132MT	61		440/460	8,2/8		850/860	0,71/0,69		4,3
Motor Filtro	PLO-1	M2AA-225 M-4	237		440D	86	6313-C3 / 6210-C3	1770	0,85	93,4	52
Motor 2 T. Floculante A	TFL-1	MS-802-4 B35	11	1	230	3,28/1,96		1700	0,73	0,762	0,75
Bomba Lado Tanque Flo.	TFL-1	RF27 DRN90SP4	23		220/440	6,7/3,35	6305-2Z-C3 /6205-2Z-C3	1753/411	0,71	86,5	1,5
Motor 1 T. Floculante B	TFL-2	RF370T80N4	11	1	266/415-460	3,35/1,93		1650	0,73		0,75
Motor 2 T. Floculante B	TFL-2	RF370T80N4	11		240-/420-440	3,35/1,93		1750	0,75		0,75
Bomba Peq 2	BAG-3	37A003T968		10	208-230/460	26,2-23,8/11,9	6307 / 6206	3450	0,9	87,5	8,2
Bomba Presión	BAG-4	CP 670x		3	220/440	8,8/5		3450			2,2
Bomba Lagos	BAG-5	05036EP3E3261S	235		208-230/460	111 /55.3	6312-C3/6212-C3	3550	0,91	92,4	38,35

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

5.3.4. Consumo actual de energía en demanda

Para el análisis económico que se realizará en capítulos posteriores, es importante conocer el consumo actual de energía eléctrica y las tarifas que rigen para esta; el quebrador se opera con tarifa media tensión de la JASEC, con las siguientes especificaciones:

Tabla 7: Costos de energía y demanda bajo la tarifa MT.

Tarifa MT	Energía	Demanda
	¢/kWH	¢/kW
JASEC Pico	50,99	8975,03
Valle	24,92	6435,51
Nocturna	16,99	4402,52

Fuente: Jasec (2021).

La estimación de la producción por hora de 120 m³ para la primaria y 100 m³ para la secundaria; además, en promedio de utilización de combustible de un cargador: 21 litros por hora y se asume un mes de 4,33 semanas para el análisis de los costos. También se sabe que la planta no opera en tarifa punta, pero sí continúan funcionando el taller y algunas bombas de agua, es decir, suspende labores de producción entre las 10:00 a.m. y las 12:30 p.m., puesto que los costos se elevan considerablemente y para los meses de verano, se utiliza el filtro prensa en las noches.

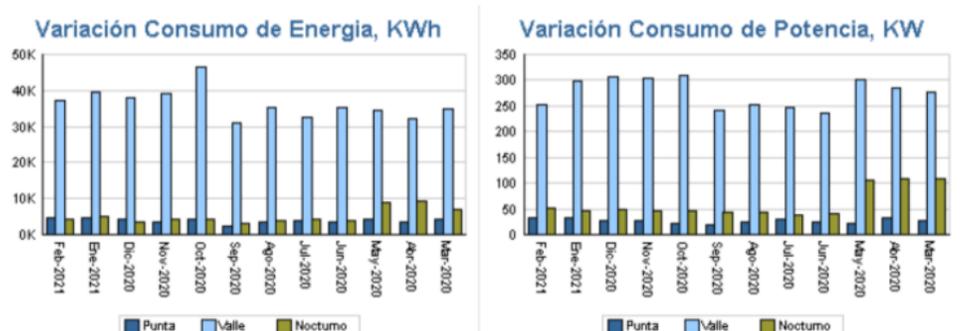


Figura 9: Gráfico de consumo eléctrico en la planta.

Fuente: Jasec (2021).

Basada en el consumo del último año, se sabe que actualmente se utilizan máximo 310kW con el manejo de horario y la capacidad instalada en los transformadores ronda los 400 kW y la demanda total instalada corresponde a 1060kW, como se observar a continuación:

Tabla 8: Demanda total instalada en la empresa.

Espacio	Consumo Máx.[kW]	Porcentaje
Planta Primaria	438,51	41,34 %
Planta Secundaria	287,6	27,11 %
Filtro prensa	75	7 %
Taller	100,5	9,47 %
Oficina	50	4,71 %
Otro	109,2	10,29 %
Total	1060,81	100 %

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5. Manejo de inventarios y producción

La distribución actual del espacio de almacenamiento comprende un área de 9.000 m² y la capacidad máxima de almacenaje se estima en: 60 000 m³. Se estima una producción por hora de 120 m³ para la primaria y 100 m³ para la secundaria; es decir, para procesar el producto terminado es necesario generalmente utilizar ambas plantas, que sin presentar algún imprevisto la producción diaria del proceso completo ronda los 400 toneladas, unos 242 metros cúbicos en total de producción; además del 100 % de materia prima proveniente del río que ingresa a la planta primaria el 30 % corresponde a arcillas, que son desechadas en el proceso y la producción presenta frecuentemente paradas no programadas, por motivos de conexión a internet, exceso de vibraciones que producen desajustes en los equipos, problemas por atascos en los sistemas, así como mantenimiento correctivo por problemas en los equipos.

Es importante destacar que la materia prima se obtiene de 2 fuentes, una proveniente de la extracción del río que ronda 900 m³ en invierno y cerca de la mitad en verano y otra parte la aporta la caliza proveniente de la mina de Holcim, que ronda los 7000 m³ mensuales, de los cuales el 90 % es utilizable para fabricación de productos terminados.

El análisis de la distribución utilizada actualmente, mostrada en la figura a continuación, permite a simple vista, obtener una idea del movimiento que se debe realizar para ordenar el inventario.



Figura 10: Croquis de ubicación de materiales en el patio de inventario

Fuente: Elaboración propia.

Al consultar el método para el movimiento del material, se evidencia un aumento de los costos, al tener que utilizar horas extras de los operarios para mover cada producto a su ubicación, requiriendo al menos un cargadorista; 2 o 3 vagonetas y varias horas para lograr organizar el inventario. Además, es importante mencionar que algunos materiales son fabricados por el cargadorista, es decir, se toma una cantidad determinada medida en baldes de un cargador de distintos productos y se mezclan para obtener bases, subbases o mixta, lo que conlleva a costos adicionales por el tiempo de elaboración y combustible.

6. DISEÑO Y COMPROBACIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTROMECAÑICOS PROPUESTOS PARA LA AMPLIACIÓN

Esta sección abarca el desarrollo del diseño, donde se visualizan los criterios utilizados y resultados obtenidos, realizando una breve discusión de las condiciones para cada sistema.

6.1. Alternativas de solución al problema planteado

Inicialmente, se hace una lluvia de ideas sobre la ampliación a realizar, seguido por enumerar ventajas y desventajas de cada propuesta, puesto que la ampliación está compuesta de varios sistemas a instalar se analizan varias opciones de manera individual, es decir, se plantean alternativas para el sistema del hidrociclón y posteriormente varias formas de solución para el transporte y proceso del material que pasa por las bandas.

6.1.1. Sistema del hidrociclón

Propuesta #1. Estructura original de 3 metros de altura colocado encima de la cuba con tubería PVC a la altura del piso impulsada por bomba, salida a la cuba del hidrociclón #1 instalado en la planta primaria.

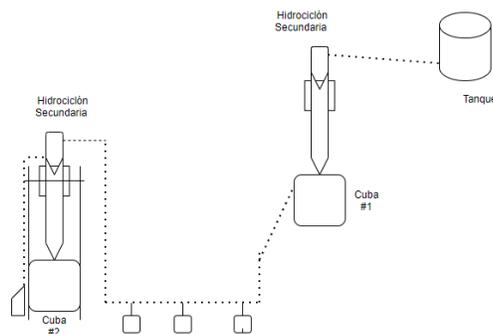


Figura 11: Croquis de la propuesta #1 para hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. DrawIO

Propuesta #2. Estructura original de 3 metros de altura colocado encima de la cuba con tubería hierro negro a la altura del piso impulsada por bomba, salida a la tubería del tanque clarificador.

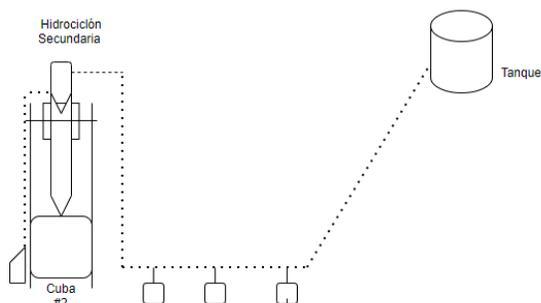


Figura 12:: Croquis de la propuesta #2 para el hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. DrawIO

Propuesta #3. Nueva estructura 10.6 metros de altura colocada a los lados de la cuba con tubería elevada de hierro negro, utilizando postes de concreto de soporte, con salida desde la parte superior del hidrociclón, mediante gravedad desembocando en el tanque auxiliar del sistema de clarificación.

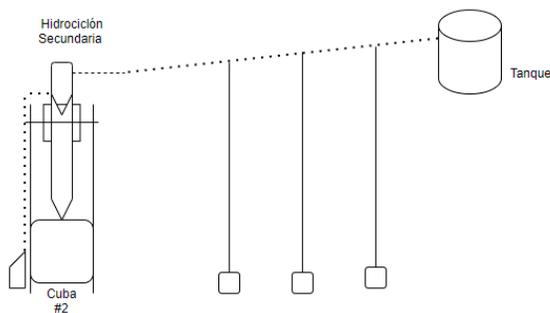


Figura 13: Croquis de la propuesta #3 para el hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. DrawIO

Tabla 9. Ventajas y desventajas de las alternativas planteadas para hidrociclón.

Idea	Ventajas	Desventajas
#1	<ul style="list-style-type: none"> * No es necesario fabricar una estructura adicional. * Utiliza el equipo que se encuentra instalado actualmente. 	<ul style="list-style-type: none"> * Consumo de energía adicional, puesto que se requiere encender equipos en las 2 plantas para el funcionamiento. * Se requiere invertir en una tubería nueva, porque no soporta la capacidad del hidrociclón. * No permite el paso de maquinaria pesada para sacar barro. Lo que hace que se deba gastar tiempo para desmontar la tubería. * No aprovechamiento de la totalidad del patio por la ubicación. * Desperdicio de agua
#2	<ul style="list-style-type: none"> * No se debe fabricar una estructura adicional. * Utiliza gran parte del equipo que se encuentra instalado actualmente. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se requiere invertir en tubería nueva. * Es necesario aumentar la capacidad de la bomba. * Consumo de energía
#3	<ul style="list-style-type: none"> * Permite el paso de maquinaria. * No consume energía para transportar el fluido al tanque de clarificación. * Utiliza los equipos adquiridos. * Ahorro tiempo de desmontaje * No requiere tiempo de fabricación de soportes de tubería. . 	<ul style="list-style-type: none"> * Requiere invertir mucho más dinero en la estructura y losa. * Mayor tiempo de fabricación del soporte del hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

Se elige la propuesta número 3 que, a pesar de tener una inversión más elevada, permite utilizar mejor el espacio, dando paso a equipos por debajo de esta estructura y, a su vez, no consume energía eléctrica, lo que a la larga trae grandes beneficios. Además, al utilizar postes de concreto, se ahorra tiempo de fabricación de los soportes de tubería y la estructura.

Sistema de transporte y cribado

Propuesta #1. Sustituir banda FTR5 actual por una de mayor longitud hasta una criba #2 nueva, adicionalmente, desviar la banda de retorno hacia otra criba #3 nueva, agregar la banda FTR5 en la salida de la criba #2 con 2 adicionales, y 3 para la #3.

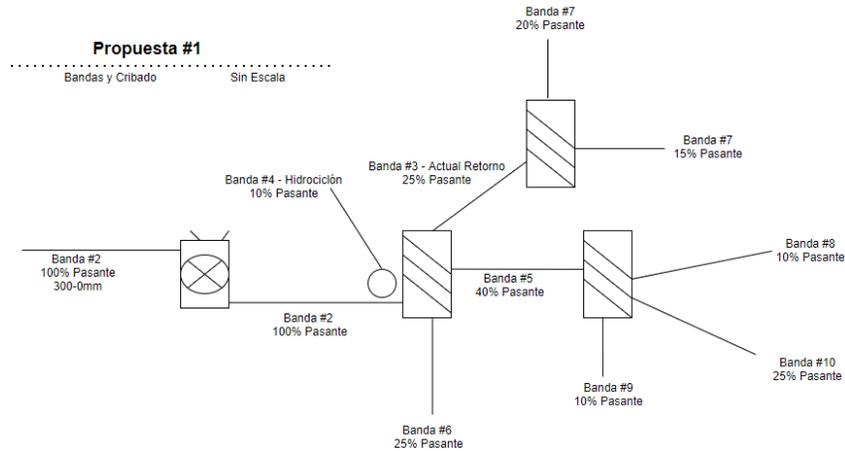


Figura 14: Croquis: Vista de planta para propuesta #1

Fuente: Elaboración propia. DrawIO

Propuesta #2: Extender la longitud la banda FTR5 actual hasta una criba #2 nueva en posición norte-sur, colocar 4 bandas fijas adicionales y dejar el retorno al impactor.

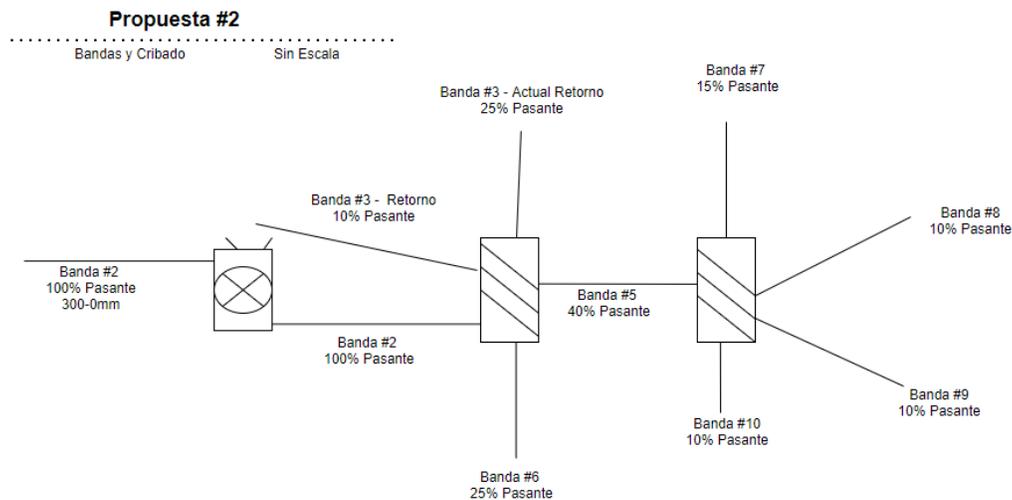


Figura 15: Croquis: Vista de planta para propuesta #2.

Fuente: Elaboración propia. DrawIO.

Propuesta #3: Extender la longitud la banda FTR5 actual hasta una criba #2 nueva en posición este-oeste, dejar el retorno al impactor; agregar 2 bandas fijas y una banda móvil adicional.

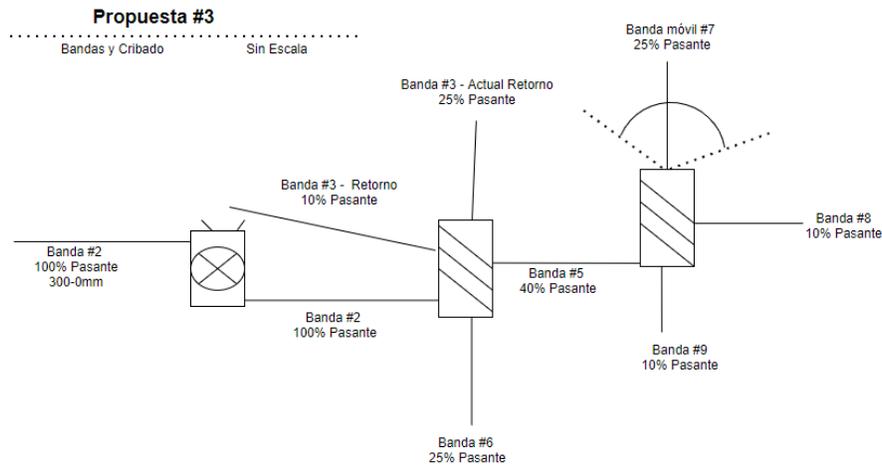


Figura 16: Vista de planta para propuesta #3.

Fuente: Elaboración propia. DrawIO.

Tabla 10: Comparación ventajas y desventajas de las alternativas de solución de criba y bandas.

Idea	Ventajas	Desventajas
#1	<ul style="list-style-type: none"> * Producto terminado se almacena bajo la banda. * Se utiliza el equipo en stock. * No genera gastos de operación asociados a movilizar el material. * No requiere cambio de mallas. * Mayor capacidad de procesamiento en el impactor. 	<ul style="list-style-type: none"> * Requiere consumo de energía adicional, y aumentar la capacidad de la planta. * Gran cantidad de elementos por fabricar. * Inversión elevada. * Amplia reducción del patio de almacenamiento * Espacio limitado para el despacho de material. * Es necesario detener la producción de la planta secundaria entre 1 y 2 semanas para la instalación.
#2	<ul style="list-style-type: none"> * Se aprovecha un espacio del patio sin afectar mucho el almacenamiento. * Consumo de energía dentro de la capacidad. * Mayor capacidad de procesamiento del impactor. 	<ul style="list-style-type: none"> * Requiere inversión moderada. * Consumo de energía dentro de la capacidad. * Es necesario detener la producción de la planta secundaria entre 1 semana para la conexión con los otros sistemas. * Gastos de operación para movilizar material. * Espacio reducido para la maquinaria de despacho. * Estructura limita la entrada de camiones y pesaje. * Se debe incurrir en gastos de operación por movilizar varios materiales.
#3	<ul style="list-style-type: none"> * Se aprovecha un espacio del patio sin afectar mucho el almacenamiento. * Solamente es necesario cambiar mallas para obtener quintilla. * Espacio amplio para la maquinaria. * Se debe mover únicamente 2 de los 8 productos a producir. * Mayor capacidad de procesamiento en el impactor al disminuir el retorno. * Consumo de energía dentro de la capacidad. 	<ul style="list-style-type: none"> * Requiere inversión moderada. * Es necesario detener la producción de la planta secundaria entre 3 y 4 días para la conexión con los otros sistemas. * Gastos de operación para movilizar material.

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word.

Se elige la propuesta #3, puesto que permite transportar los materiales con menor cantidad de bandas, permitiendo el espacio para que el equipo móvil pueda transitar sin problema y sobre todo el costo y tiempo de instalación es menor.

Se ilustra, a continuación, un ejemplo de una planta, que permite visualizar los componentes que integran este proyecto; en verde, una criba inclinada; en celeste, las bandas transportadoras, y en blanco con celeste la planta de hidrociclonado.



Figura 17: Ejemplo de planta compara de hidrociclonado, criba y bandas transportadoras.

Fuente: Advanced Mineral Processing S.L.

6.2. Diseño del sistema de soporte del hidrociclón

En este apartado, se muestran los resultados del diseño del soporte del hidrociclón, únicamente se validan las cargas y se elige la tubería que transporta el fluido al tanque clarificador y la forma de soporte, puesto que existe en un proyecto anterior sobre el diseño del hidrociclón como tal; para la instalación, se requiere identificar las cargas que forman la estructura de soporte, la capacidad de la bomba y calcular el diámetro de la tubería para el buen funcionamiento del equipo.

El equipo por instalar es una planta compacta ERAL 625 con las siguientes características:

Tabla 11: Características del fabricante para el hidrociclón 625.

Característica	Valor
Diámetro [mm]	625
Caudal [m ³ /h]	220-570
Corte: [μm]	34 - 44
Presión [kPa]	50-100

Fuente: ERAL (2020).

El equipo corresponde a una planta compacta de lavado de tipo MLE62 de ERAL que incluye el hidrociclón 625, 2 motores vibradores EV53, un escurridor, una bomba 6x6 marca Goulds, con una capacidad de procesamiento de 95 toneladas por hora, equipo similar al a que se muestra en la siguiente imagen.



Figura 18: Planta compacta ERAL 625

Fuente: ERAL (2020).

Como se aprecia, el equipo posee una base estructural que se coloca encima de la cuba, en este caso, la base disponible en la planta se trata del modelo ERAL750, no del ERAL650, por lo que se adapta para el hidrociclón a utilizar. Esta modificación hace que la estructura quede al lado externo de la cuba

Puesto que se pretende enviar el agua al tanque espesador por gravedad, es necesario contar con una inclinación de 5° desde la salida del hidrociclón, por lo que es importante obtener la altura requerida, la cual deberá alcanzar 10,6 metros permitiendo el ángulo para la pendiente requerida y, a su vez, permitirá a la maquinaria amarilla transitar debajo de esta.

En primer lugar, el procedimiento utilizado para determinar esto, se realiza de manera experimental se obtiene el nivel desde la salida antes mencionada y hasta el punto de conexión en la tubería del tanque, donde se obtiene una inclinación de 10,8 %, respecto al tanque de clarificación, el cual se establece como nivel base.

Esa inclinación se puede calcular por medios topográficos de la mano de un experto, pero, para este caso, se realiza con un nivel de manguera y comparando la altura obtenida con el nivel de piso y, posteriormente, utilizando teoría de Pitágoras para determinar los grados.

Para el diseño, fue necesario conocer el peso del equipo, pasarelas y personas, para el cálculo estático de fuerzas y otras necesidades de las losas estructurales como se muestra a continuación en la tabla 12.

Tabla 12: Cargas estáticas sobre la losa del hidrociclón.

Cargas	kg	kN
5 personas [100kg]	500	4.9
Hidrociclón	460	4.5
Pulpa	290	2.8
Motores vibradores [257Kg c/u]	514	5.1
Escurreidor	500	4.9
Estructura Principal	2150	21.1
Pasarela	1750	17.2
Cuba (Volumen 5m ³) lodo: 1,36g/ml	6800	66.7
Bomba	1510	14.8
Total de Cargas	14474	142.9
Con Factor de seguridad (1.5)	21711	212.9

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word.

Con los datos anteriores, se contrata un experto estructural de construcción para el cálculo y diseño de la losa con las consideraciones y factores requeridos para la instalación, ya que se trata de una estructura alta, de poca anchura y con vibración por el trabajo de los escurridores ubicada en una zona con fuertes vientos y de actividad sísmica.

Se determina la implementación de la losa nueva de 1,85 m por 2,9 m que complementa a la losa existente, misma que presenta las propiedades necesarias para continuar operando, estos datos basados en la indicación del ingeniero estructural.

Se plantea la fabricación de las pasarelas de mantenimiento con los mismos calibres y materiales que posee toda la planta por cuestiones de estandarización y la facilidad de reparación o cambio, en el anexo, se puede observar la lista completa de los materiales.

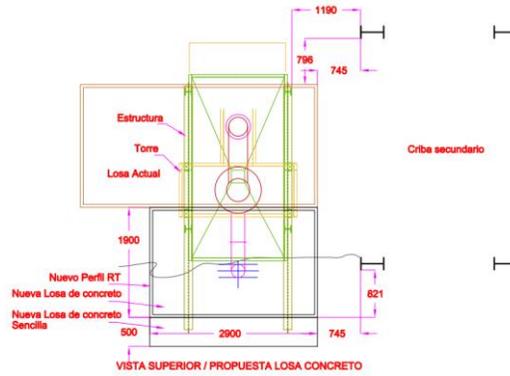


Figura 19: Vista superior de la losa a instalar para el hidrociclón.

Fuente: Jorge Armando Fernández, Autocad, 2021.

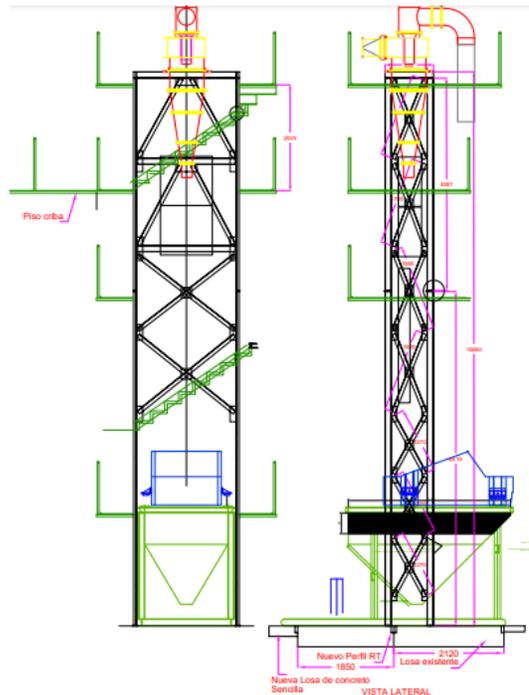


Fig. 20: Vista lateral de la estructura de soporte para el sistema de lavado con hidrociclón.

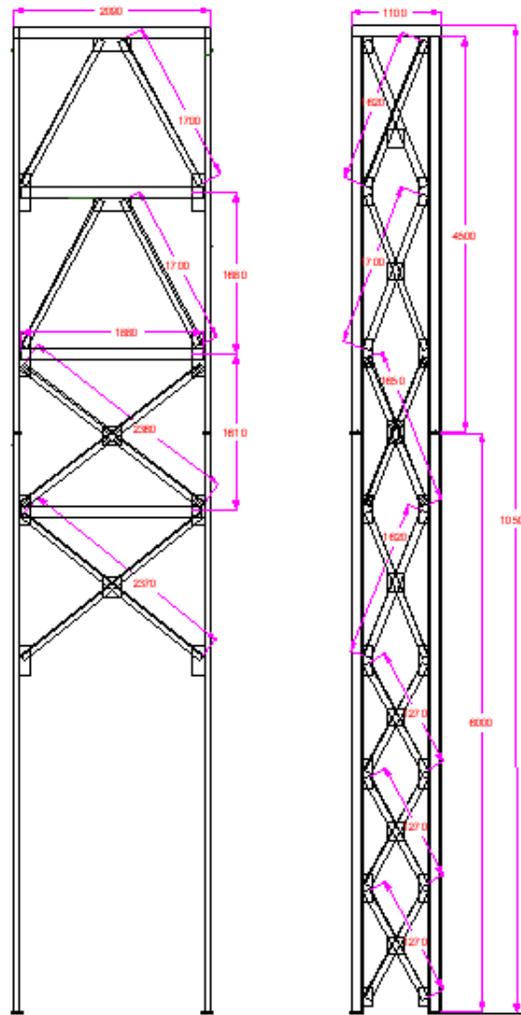


Figura 21: Estructura metálica de soporte para le hidrociclón.

Fuente: Jorge Armando Fernández, Autocad,2021.

Con el fin de comprobar si la estructura anterior puede soportar las cargas, se realiza un análisis mediante un software tipo CAD, donde se utiliza una estructura con viga C de 5x2, y angular de 3x3 con placas metálicas de 3/8 para soporte,

Realizando un análisis de cargas para la estructura se obtiene que la estructura soporta las cargas estáticas propuestas de 41,4 kN, sin alcanzar el punto de fractura o daños severos, con una fuerza resultante de reacción 252 kN, así como un momento de reacción de 63,2Nm en la base inferior, asimismo, presenta una deformación unitaria máxima menor a 1,7mm. El

análisis presentó un elemento con un factor de seguridad menor a 1, lo que requirió un rediseño y se determinó que fue resultado de un problema de la estructura soldada, al hacer el recorte del perfil estructural.

A continuación, se muestran las imágenes de los resultados obtenidos del software Solidworks, donde se realizó una simulación de la estructura utilizando viga de 3x5 tipo C y angular de 3x2 en ASTM 36, fijado en la losa de concreto sin translación, con una malla estándar con al menos 1300 nodos. Se utiliza un análisis estático, donde se contemplan el peso de la estructura, pulpa y el equipo a instalar.

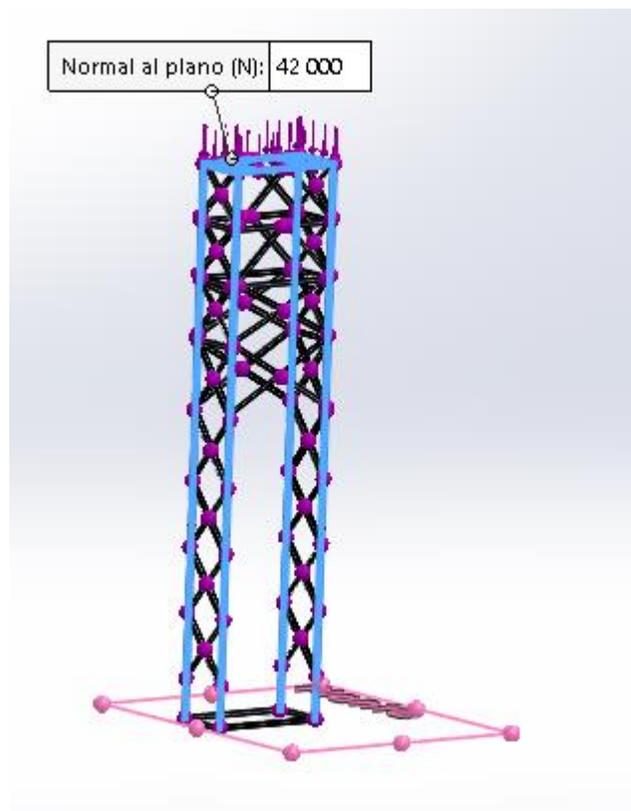


Figura 22. Ubicación de nodos y esfuerzo para análisis de carga

Fuente Elaboración propia. SolidWorks

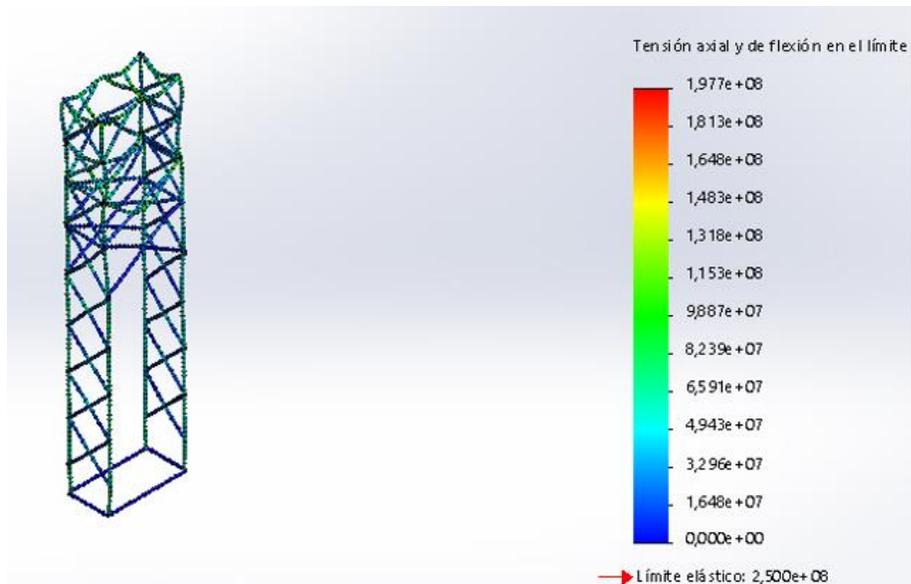


Figura 23: Análisis de tensiones de la estructura del hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. Solidwords.

Para este análisis se observa de la figura 23 la tensión máxima en la estructura ronda los 197 MPa, se sabe que el límite elástico del acero ASTM 36 es de 250 MPa y lo que permite comprobar que el diseño soporta las cargas requeridas. Asimismo, en la figura 24 se aprecia la estructura con una acercamiento de 5X como sufre deformaciones unitarias de alrededor de 6mm, resultando no significativas.

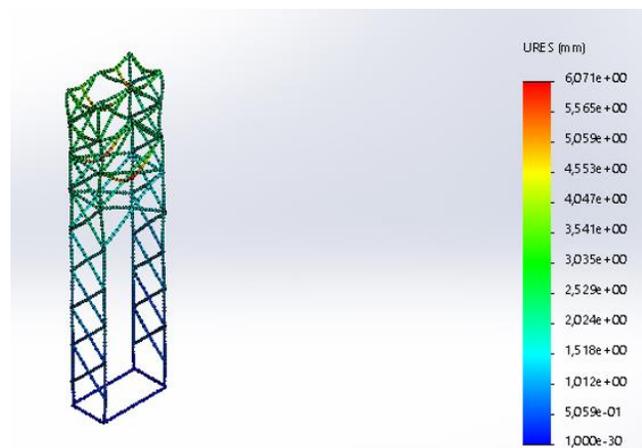


Figura 24: Análisis de deformación unitaria, estructura del hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. Solidwords.

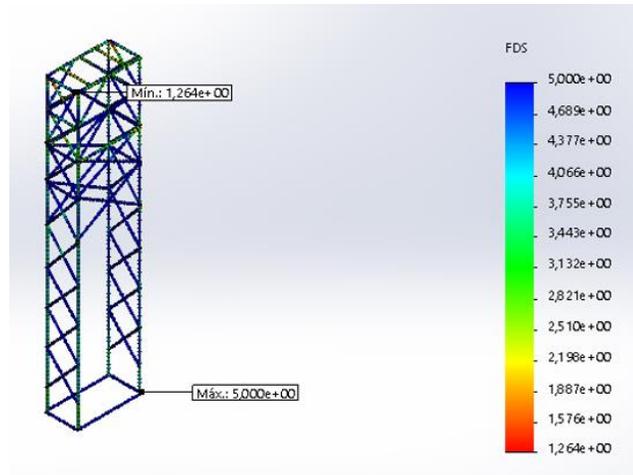


Figura 25: Factor de seguridad de la estructura del hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. Solidwords.

El factor de seguridad mínimo mostrado en la simulación es de 1.27 resultando adecuado para la estructura.

Para el sistema de tubería, inicialmente, se hace un análisis de la bomba que se usará en el hidrociclón, una bomba 6x6x15 de la marca Goulds, la cual tiene una capacidad máxima de 300 m³/h que deberá ser utilizada mediante un variador de frecuencia, puesto que el hidrociclón soporta 570 gpm como máximo. De este caudal lo que sale por el overflow y transporta la tubería se supone un 55 % equivalente a 314 gpm, como se resume en la siguiente tabla.

Tabla 13: Resumen de caudal de las tuberías del hidrociclón.

Tubería	Caudal m³/h
Alimentación	156
Overflow	85,8
Underflow	70,2

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro requerido es de 0,174 m (6,85") (calculado en el apéndice 1 de la memoria de cálculos) e implica la elección de una tubería SCH 40 de 8 pulgadas en hierro negro con bridas cada 6 metros que permitan el mantenimiento y desmontaje en caso requerido. Presenta una velocidad de 0,74 m/s, lo que disminuye la abrasión; además, el equipo incluye una válvula de alivio al ambiente y desemboca en un tanque a presión atmosférica, lo que evita problemas con presiones de trabajo en la tubería.

Es necesaria un depósito que permita mantener alrededor de 2,4 m de altura el nivel del lodo para evitar cavitación, y la carga de la bomba permite 12 m, obteniendo una eficiencia entre 45-50 %.

Para verificar la correcta elección del diámetro de las tuberías, se realizó el cálculo utilizando las secciones, longitudes y caudales de la tubería en la herramienta Syzer para determinar el diámetro, tomando en consideración velocidades no mayores a 2m/s y que la fricción se encuentre entre 1 y 4 m/100 m, presentando una caída de presión por pérdidas por tubería velocidad de máximo 0,07m. Además, por accesorios, se presenta una pérdida de 0,65m.

Respecto a la estructura de soporte, se colocarán postes de concreto, los cuales se adquieren con la empresa PC en Cartago, quien los fabrica con las medidas necesarias y propiedades requeridas, deben soportar 4 toneladas distribuidas entre 8 puntos de soporte, valor obtenido al sumar el peso del fluido, material de la tubería, personal de mantenimiento y fuerzas dinámicas propias del ambiente y condiciones de trabajo calculadas por un profesional de la empresa. Utilizando 3 postes de 11m de altura y 3 de 9 metros, empotrados con concreto 1,7m y 1,5, respectivamente con una resistencia de 600 kgf cada uno. Estos valores se encuentran referenciados en el apéndice 1 en el cuadro de características.

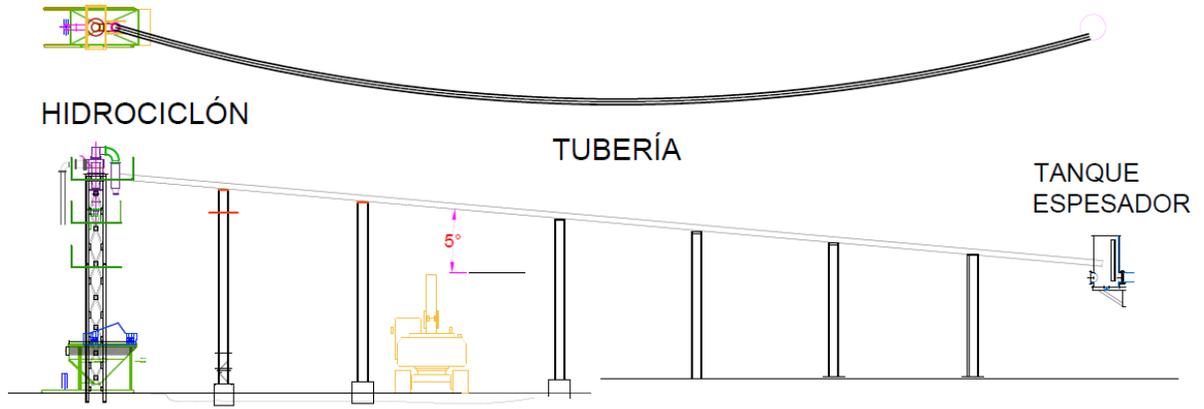


Figura 26: Croquis Vista Superior y lateral del diseño propuesto para el hidrociclón.

Fuente: Elaboración propia. Solidwords

6.3. Diseño de bandas transportadoras

Para el diseño de las bandas, se deben tomar en consideración la línea de producción, donde cada sistema afecta directamente en el funcionamiento de los contiguos.

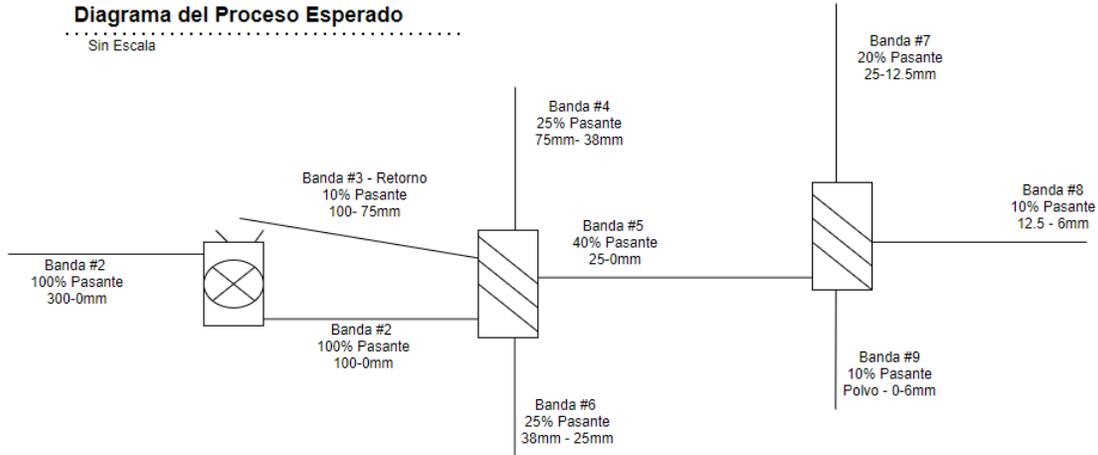


Figura 27: Diagrama inicial del proceso esperado.

Fuente: Elaboración propia Draw.io

Basado en el proceso esperado, se debe diseñar las bandas para el material pasante, prestando atención a las condiciones de cribado y clasificación que permiten las mallas a utilizar, tipo y modelo del equipo, tubones, velocidades, rendimiento, superficie y eficiencia entre otros; corroborar las medidas del material pasante con las granulometrías para tipo y, por último, el proceso de trituración con el impactor; velocidad, apertura, tipo de material y las propiedades de los áridos a la entrada de la planta.

6.4. Determinación de los criterios de diseño para las bandas transportadoras

En esta sección, se desarrollan los resultados del cálculo para elección de los componentes y selección de los materiales, utilizando la guía de diseño del fabricante Rulmeca (2000), puesto que provee información clara del cálculo requerido, así como la tabulación de parámetros estándar y un catálogo de productos para facilitar la búsqueda.

6.4.1. Propiedades de los materiales

Analizar el tipo de material proporciona las condiciones en las que se transporta el producto, en este caso, se trata de áridos, entre ellos, arena húmeda, arena seca, grava y sus derivados con las siguientes propiedades físicas teóricas:

Tabla 14: Propiedades físicas teóricas de los materiales a transportar.

Propiedad	Valores
Peso específico aparente [t/m ³]	1,44 – 2,08
Ángulo de reposo	35°
Grado de abrasividad	Muy Abrasivo
Corrosividad	No corrosivo A

Fuente: Elaboración propia.

Las bandas transportan un material con dimensiones de 1 1/2" (38 mm) o inferiores y se toma como base el peso específico real 1290 kg/m³ para el cálculo y se diseña de manera crítica. El ángulo de reposo (λ) del material oscila entre 35° a 45° y el ángulo de sobrecarga (β) entre 25° y 30° típicos en materiales como carbón, grava, a gran parte de los minerales, arena y arcilla.

Puesto que la ecuación 1 para calcular el área requiere conocer los tamaños de los rodillos y banda, se realizará mediante la capacidad de transporte volumétrico en el apartado de ancho de banda más adelante.

6.4.2. Ubicación y trayecto de las bandas

Se valoran varios trayectos de las bandas, con la idea de aprovechar al máximo el patio y, a su vez, reducir la necesidad transportar el material para su almacenaje, con ayuda de Google Maps, se obtiene una foto satelital y se escala mediante coordenadas, para obtener medidas de los sitios donde se colocarán. Información que puede ser consultada posteriormente en los planos anexos.

6.4.3. Velocidad de la banda

La velocidad de transporte está directamente ligada con el material, sus dimensiones y propiedades físicas, para materiales cribados, con mayor velocidad se puede obtener la misma capacidad de transporte, utilizando dimensiones reducidas, pero con peligro de presentarse fallas en la banda o atascos en los sistemas. La velocidad se ve limitada también por la inclinación de la banda, porque el material presenta un efecto de rodadura, es decir, se presenta turbulencia en la banda y el producto tiende a rodar hasta que logra asentarse.

La capacidad de transporte de la banda va ligada con el impactor con capacidad máxima de 250 t/h, que trabaja utilizando un variador de frecuencia que regula la capacidad para un máximo de 200t/h, material que sale hacia la criba #1 que lo separa en una proporción de 25-25-40-10 aproximadamente, por lo que las nuevas bandas deben soportar 80 – 100 t/h con un peso de 18,52 Kg/m.

Debido a que pasa por un proceso de cribado previo, se tiene la certeza que el material pasante es menor a 100 mm; asimismo, cumple con características de materiales mediamente abrasivos y pesados con un peso específico de $1,5-2 \text{ t/m}^3$, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 2 m/s y una banda de 400 mm, según el manual. Como el sistema trabaja en una línea productiva, se utiliza 1,5 m/s

6.4.4. Ancho de la banda

Esta se elige en función de la capacidad de transporte requerida, donde un mayor ángulo de la estación de rodillos permite un aumento de capacidad volumétrica de transporte. Se considera incluir una distancia entre los bordes de al menos 25 mm desde donde se asienta el material, con el objetivo de evitar caída de material fuera de ella por el movimiento.

Los sistemas acoplados previamente tienen una velocidad máxima de velocidad de 1,5 m/s se cumpliendo con los parámetros de velocidad antes mencionados y se utiliza la banda de 400 mm (16") con una carga de rotura de 315 N/mm.

Para comprobar que esta banda sea el diseño crítico, se utiliza la capacidad de transporte volumétrica experimental, la cual ronda las 80 t/h obtenida mediante una celda de carga y sistemas electrónicos instalados en las bandas actuales. Obteniendo una capacidad de transporte volumétrico real de $62,5 \text{ m}^3/h$, por lo que se viable utilizar la banda de 400 mm al soportar $74,5 \text{ m}^3/h$ en una configuración de 3 rodillos.

Esta capacidad volumétrica se corrige con factores de inclinación y de regularidad de alimentación, de manera general, se trabaja el diseño con una inclinación de 18, un factor de inclinación K: 0,85 y un factor de alimentación K1: 0,8, ya que se trata de una alimentación muy irregular dependiente de la frecuencia del motor del alimentador, que puede variar según la necesidad y el operario.

Se obtiene la capacidad de transporte volumétrica corregida en $57 \text{ m}^3/h$ y efectiva en $85 \text{ m}^3/h$, como se indica en el cálculo de capacidad del apéndice 1, comprobando que la banda de 400 mm cumple con las necesidades, asimismo, se puede comprobar este resultado, mediante la relación ancho de banda – tamaño del material este criterio enuncia que *Ancho banda ≥ 2.5 veces tamaño máximo*, el cual también cumple.

6.4.5. Estaciones

La configuración de las estaciones se rige a partir la unificación de la planta, principalmente; se trabaja con estaciones fijas de tres rodillos lisos para el cuerpo del transportador y rodillos de impacto en las salidas de las tolvas. Estas estaciones presentan ventajas en el proceso como que permite que la banda se adapte mejor y las tensiones presentes en esta se distribuyan uniformemente.

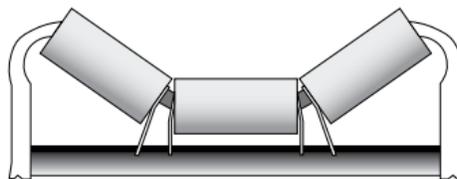


Figura 28: Ejemplo de estación de 3 rodillos lisos a utilizar.

Fuente: Apache (s.f.).

Todo el sistema maneja estaciones CEMA C5 de 5” de ancho por 11” de largo, para bandas de 30” y 5”x 9”, para bandas de 24”, respectivamente, según el manual de diseño de la norma CEMA de ANSI, lo que otorga las medidas para las bases que se muestran más adelante.

6.4.6. Paso de las estaciones

Con el fin de mantener la flecha de flexión de las bandas menor al 2 % para evitar fricciones excesivas y pérdidas de material, se utiliza la tabla para pasos máximos aconsejables que se encuentra en función del ancho de banda anteriormente seleccionado y el peso específico del material a transportar.

Por lo que se recomienda una distancia de 1,5 m entre las estaciones de ida (ao) y 3 m para estaciones de retorno (au) como máximo, además, es normal utilizar 1 metro como regla popular, para bandas de menos de 1000 mm. Para las estaciones de impacto (ai), se utiliza la mitad o menos de la distancia definida en las estaciones de ida, dejando a criterio del diseñador. Para este diseño, se utilizará 0,5 m el paso en estaciones de impacto.

6.4.7. Distancia de transición (Lt)

Esta distancia corresponde a la separación entre el tambor y la primera estación de ida, se define 0,75 m para el tramo de transición, donde se coloca una única estación con un ángulo $\lambda = 20^\circ$ a 0,5 m del tambor.

6.4.8. Banda transportadora

Los criterios para la selección de una banda transporta se basan en el producto a transportar y sus características, como el peso específico, la granulometría, forma, entre otros; la capacidad de transporte en t/h, que implica la velocidad, inclinación, configuración de las estaciones; la tensión de trabajo, es decir, los esfuerzos sobre la banda, como el peso, fricción de elementos mecánicos, carga y descarga del material y, por último, características a las que

se será sometida la cobertura como fenómenos físicos; térmicos, mecánicos, o bien químicos.

(Jorvex)

Se debe utilizar banda de caucho RMA grado I o superior, reforzada con malla de producto textil de 2 o 3 capas, porque se busca cubiertas gruesas resistentes a la abrasión para la aplicación en transporte de material pesado como agregados, que permita larga vida útil.

La calidad de los recubrimientos está normalizada, según DIN 22102, se utilizó una banda 400 EP 315/3 6+2 Y con propiedades de 20N/mm^2 , 400 % de alargue rotura y soporta una abrasión de 150 mm^3 .

6.4.9. Esfuerzo tangencial:

El esfuerzo se calcula cuando la banda presenta alguna de estas características: inclinación mayor a 5° , recorrido descendente o perfil altimétrico variado, en este caso, la inclinación corresponde a cerca de 18. Esta fuerza corresponde al esfuerzo total en la periferia del tambor motriz.

Esta fuerza debe calcularse para cada banda puestos que las distancias, alturas y partes son distintas en cada ocasión; se utilizan la información tabulada en el manual de diseño de la empresa Rulmecca, de las tablas 8, 9, 10, 11, y 12, puesto que permite la estandarización.

Tabla 15: Resumen de coeficientes y valores para calcular el esfuerzo total en las bandas.

L	Cq	Ct	F	qb	qG	qRU	qRO	H	Fuerza tangencial [daN]
23	3,15	1	0,025	4,15	18,52	1,2	5,1	7,5	204,2

Elaboración propia. Word.

6.4.10. Potencia motriz

Únicamente se calcula la de mayor longitud, la cual presenta la mayor fuerza para garantizar uniformidad en todas las bandas transportadoras que se desean instalar.

$$P = \frac{F_u \cdot V}{100 \cdot \eta} = \frac{204,2 \cdot 2}{100 \cdot 0,86} = 3,56 \text{ Kw}$$

Lo que significa que requiere un motor de al menos 5HP o mayor, para mover la carga, para 440 utilizado en la empresa presenta un consumo de 7 kW/h y una potencia de 3,7 kW

6.4.11. Tensión de la banda

Para efectos de este diseño, se utiliza un tambor revestido con un tensor de tornillo, ya que las bandas tienen poca longitud, obteniendo un C_w de 0,8, de los valores tabulados para factor de abrazamiento, considerando un ángulo de 180° , es decir, una banda ubicada de manera lineal respecto a los rodillos.

$$\text{Por lo tanto:} \quad T_1 = 3,676 \text{ KN}$$

$$T_2 = 1,634 \text{ KN}$$

Posteriormente, se obtienen las tensiones críticas en el contratambor (T_3), cola (T_0), dispositivo de tensión (T_g) y tensión máxima en la banda (T_{max}) de la siguiente manera:

$$F_R = 0,041 \text{ KN}$$

$$T_3 = 2,055 \text{ KN}$$

Para tensión mínima requerida o tensión en la cola del tambor (T_0), debe considerar que la flecha de deflexión en la banda sea inferior a 2 % entre dos estaciones consecutivas, para evitar que el material se rebase o que se produzca un exceso de resistencias pasivas al pasar el material sobre las estaciones, obteniendo una tensión mínima de $T_0 = 139 \text{ daN} = 1,39 \text{ KN}$.

Para la tensión del dispositivo de tensión (T_g), en este caso como la banda es menor a 30 m entre los tambores utiliza un dispositivo simple de tornillo de tensado, que se regula manualmente y se ajusta periódicamente, solo es necesario calcular la carrera mínima, la cual se obtiene en función del tipo de banda, requiriendo una carrera mínima de 2 % de la distancia entre los ejes de los tambores. Para este caso, corresponde a 46cm como mínimo para la banda más larga. La tensión máxima (T_{max}) normalmente coincide con la T_1 , puesto que trata del mayor esfuerzo al que es sometido la banda, criterio acertado en este diseño.

6.4.12. Cargas de trabajo y rotura de la banda

Se calcula la tensión unitaria máxima para obtener la carga de rotura de la banda para comprobar si la banda elegida soporta los esfuerzos obtenidos de 9,2 5N/mm. Un criterio de seguridad es comprobar que la carga será 1/10 como máximo de la carga de rotura de la banda según el fabricante, en este caso, la banda es de 315 N/mm, por lo que una décima parte trata de 31,5 N/mm > 9,2 N/mm.

6.4.13. Mecanismo que produce el movimiento

Con los datos de la potencia motriz y esfuerzos se puede dimensionar el motor, reductor, tambores, entre otros, puesto que trata de bandas transportadoras con potencia motriz menor que 132 kW, o bien un mototambor. Se propone un motor de 7,5 HP con un reductor de 15:1.

6.4.14. Dimensionamiento de tambores

Estos tambores se eligen en función de la banda y la carga de rotura de esta, por lo para este diseño se recomienda un tambor de 315 mm, un contratambor de 250 mm y un desviador de 200 mm, para la banda reforzada con productos textiles, y una carga de rotura de 315 N/mm. Se elige un tambor de 320mm de diámetro con una masa según catálogo que ronda los 52 kg por lo que el peso se calcula en 0,51 kN y presenta una distancia a_g de 130mm. Se calcula la tensión resultante en 4,734 kN, así como los momentos flectores en 0,308 kNm y momento torsor en 0,59 kNm

El diámetro del eje corresponde a 48,3mm fabricado en hierro normalizado FE 37. Por lo que el eje debe ser de 50,8 mm, es decir, 2 pulgadas. Y se comprueba el diámetro inicialmente con deflexión (ft) del eje del tambor: obteniendo 0,4 mm. El criterio permite una deflexión máxima de 0,3mm en el eje y no se cumple este, ya que $0,4 \text{ mm} > 0,3 \text{ mm}$ se recalcula con un eje de $2 \frac{1}{4}$ pulgadas (57,2), lo que permite tener una deflexión de 0,22mm cumpliendo el criterio establecido, por lo tanto, se utiliza este último. Se calcula también la pendiente del eje con el diámetro elegido en 0,0001.

6.4.15. Selección de rodillos

Deben cumplir con algunas especificaciones según la industria, en este caso, se encuentran expuestos a acidez producto del agua utilizada, así como exceso de polvo, por lo que es indispensable que los rodillos sean sellados, de preferencia engrasarles, con alta resistencia al desgaste e impacto.

El diámetro del rodillo se elige mediante el ancho de banda, y la velocidad de esta, sabiendo que entre mayor es el diámetro del rodillo mayor inercia presenta al arranque, pero

significa también menos revoluciones por minuto, menor desgaste de los rodamientos y del cuerpo del rodillo, asimismo, se disminuye la abrasión entre estos y la banda. Se obtiene un diámetro de rodillos de 89 mm, posteriormente, se hace la relación con la carga y la corrección mediante factores.

Mediante el método de carga, se utilizan factores más precisos por los factores correctores que se adaptan directamente a la industria, y será este método el utilizado para el diseño de este proyecto:

Tabla 16: Tabla de coeficientes para selección de rodillos.

Abrev.	Descripción	Valor y criterio
Fp	Factor de participación del rodillo sometida a mayor esfuerzo, el cual depende del ángulo del rodillo	0,67 para un Angulo de rodillos de 35°
Fd	Factor de choque en función del tamaño del material	1 puesto que el material se encuentra entre 0 y 100mm y la banda posee una velocidad menor de 2.
Fs	Factor de servicio	1 para un servicio de 6 a 9 horas diarias.
Fm	Factor ambiental	1,1 en condiciones con material abrasivo y corrosivo
Fv	Factor de velocidad	0,92 para rodillos de 89mm y 1,5 m/s

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de: Rulmeca (2000).

Además, se realiza con un coeficiente de duración teórica de los rodamientos de 30 000 horas base.

6.4.16. Rodillos de impacto

Se utiliza una altura desde la criba a la tolva de 0,8 m, así como una distancia de la tolva a la banda de 1,1m para los cálculos. Se utiliza un factor de corrección para obtener la participación real del impacto en el rodillo, donde se utiliza la inclinación de la tolva en la que se utiliza el factor mayor, puesto que supone la condición más crítica con un ángulo de 45°, lo que significa una participación de 0,72, valor ya tabulado por la guía utilizada.

Se obtiene una altura correcta de caída de material de 1,48 m, con una fuerza de 12,14 kg en los rodillos de impacto, con una fuerza de 8,7 kg en el principal, este último dato utilizado para la elección de los rodillos en el catálogo.

6.4.17. Determinación de la carga

Para la carga estática en estaciones de ida, se utiliza el peso de la banda, la capacidad de transporte y la velocidad principalmente, así como factores, según los comportamientos habituales de la planta para un ambiente muy abrasivo, con una participación del rodillo de 0,67, así como un factor de velocidad de 0,92 y una duración teórica de los rodamientos de 30 000 horas para todos.

Obteniendo una carga estática en rodillo de ida de 18,6 daN y dinámica de 20,46 daN de 12,21 daN, carga dinámica de 12,36 daN en rodillo de retorno. Es importante apreciar las unidades que cambian, según el fabricante. Y con estos valores establecidos se busca en catálogos de fabricante aquellos que cumplan con estas características, más adelante, en la selección de componentes.

6.5. Rediseño de bandas transportadoras

Por asunto mismo del mantenimiento de los equipos, la política de la planta es la unificación de la mayor cantidad de motores, rodillos y bandas posible, lo que hace casi obligatorio utilizar bandas de 24 pulgadas, las cuales corresponden al mínimo ancho instalado en la planta.

Se calcula nuevamente con los valores requeridos para estandarizar el proceso por asuntos de mantenibilidad, para eso, se utiliza la herramienta Excel para programar las fórmulas y tabular los resultados para una comparación con los mismos requerimientos descritos en párrafos anteriores.

Tabla 17: Resumen de requerimientos de diseño.

Material	
qs: Peso específico [kg/m ³]	1290
Ángulo de reposo	35
Ángulo de sobrecarga	25
Temperatura	25
Tamaño max. Material [mm]	100
Grado de abrasividad	Muy Abrasivo
Grado de Corrosividad	No corrosivo
Banda	
Longitud [m]	23
Altura [m]	8
Pendiente max	18
Método de tensión	tornillo tensor
Capacidad Requerida [ton]	100
Rodillos	
Rodillos por Estación	3
Ángulo de inclinación	35

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel

En las siguientes tablas, se señalan en color gris todas las celdas seleccionadas que contienen datos de selección, es decir, se toman valores de la literatura.

Tabla 18: Determinación de la capacidad de transporte.

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado
N: Ancho de banda	mm	400,00	650,00
CB: Carga rotura Banda	N/mm	315,00	500,00
vmax: Velocidad máxima permitida en la banda	m/s	2,00	2,00
v: Velocidad de banda	m/s	1,50	1,50
qG: Peso del material por metro lineal	kg/m	18,52	18,52
LV: Capacidad de transporte volumetrico Real de la banda	ton/h	80,00	80,00
LM: Capacidad de transporte volumetrico Experimental.	m3/h	62,02	62,02
LVT: Capacidad de transporte volumétrico banda a 1 m/s	m3/h	62,02	62,02
S: Area de sección del material transportado	m2	0,017	0,017
K: Factor de inclinación		0,85	0,85
K1: Factor de alimentación		0,90	0,90
Capacidad de transporte teórica	m3/h	74,50	223,50
LVM: Capacidad de transporte vol. Corregida	m3/h	56,99	170,98
LMt: Capacidad de transporte vol. Efectiva (Teórica)	m3/h	85,49	256,47
Criterio de Comprobación ancho $\geq 2,5$ Material		400 \geq 250	650 \geq 250

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

Tabla 19: Determinación de la fuerza tangencial.

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado
Ao: Paso de estaciones de ida (Teórico)	m	1,50	1,50
Au: Paso de estaciones de retorno (Teórico)	m	3,00	3,00
Ai: Paso de estaciones de impacto (Teórico)	m	0,75	0,75
Ao 1: Paso de estaciones de ida (Selección)	m	1,00	1,00
Au 1: Paso de estaciones de retorno (Selección)	m	3,00	3,00
Ai 1: Paso de estaciones de impacto (Selección)	m	0,50	0,50
Lt: Distancia de transición		0,75	0,75
Cq: Coeficiente de resistencias fijas		3,2	3,2
Ct: Coeficiente de temperatura		1,0	1,0
f: Coeficiente de rozamiento entre material y partes giratorias		0,025	0,025
Peso del revestimiento superior de la banda	kg/m2	1,150	1,150
Peso del nucleo de la banda	kg/m2	3,000	4,600
qb: Peso de la banda por metro lineal	kg/m2	4,150	5,750
pprs: Peso de parte giratorias superiores	kg	5,1	16,0
ppri: Peso de parte giratorias inferiores	kg	3,7	11,4
qRU: peso de las partes giratorias inferiores	Kg/m	1,2	3,8
qRO: Peso de las partes giratorias superiores.	Kg/m	5,1	16,0
Peso total de partes moviles	Kg/m	17,1	33,2
H: Desnivel de la banda	m	8,0	8,0
Fu: Esfuerzo tangencial total	daN	204,2	233,9
Fr: Esfuerzo tangencial en tramos de retorno	daN	42,1	62,1

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

Tabla 20: Cálculo de tensiones.

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado
Cw: Factor de abrazamiento		0,8	0,8
T1: Tension del lado Tenso	daN	367,6	420,9
T2: Tension del lado lento	daN	163,4	187,1
T3: Tencion de los tambores	daN	205,5	249,2
Porcentaje de deflexión	%	2,0	2,0
factor de Flecha maxima de deflexión		6,3	6,3
T0: Tension minima en el tambor	daN	139,0	148,8
Tmax: Tensión Máxima	daN	367,6	420,9
Tumax: Tensión Unitaria Máxima	N/mm	9,2	6,5
CRITERIO de Comprobación 1/10 de carga banda > T _{umax}		31,5>9,2	65>6,5

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

Tabla 21: Determinación de la potencia requerida.

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado
Diametro Tambor	mm	320,0	650,0
Diametro contratambor	mm	250,0	500,0
diametro del tambor desviador	mm	200,0	400,0
Masa del Tambor	kg	52,0	194,0
Masa del contratambor	kg	45,0	144,0
Masa del tambor desviador	kg	36,0	81,0
qT: Peso del tambor	daN	51,0	190,3
qTC: peso del contratambor	daN	44,1	141,3
qTD: peso del tambor desviador	daN	35,3	79,5
G: Distancia entre soportes	mm	660,0	930,0
C: Distancia total del Tambor	mm	830,0	1190,0
Ag: Distancia entre el soporte del tambor al borde de la banda	mm	130,0	140,0
B: largo del tambor	mm	500,0	750,0
η: rendimiento del Reductor		0,9	0,9
P: Potencia motriz requerida	kW	3,56	4,08

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

Tabla 22: Momento y deflexión para el diámetro del eje.

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado
Hp teórico	Hp	5,00	10,00
Kw según el Hp	kW	3,70	7,46
n: Número de revoluciones	rpm	89,5	44,1
Cp: tensión Resultante	daN	533,5	637,1
Selección del material del eje		Hierro Normalizado	Hierro Normalizado
Mf: Momento Flector	daNm	34,7	44,6
Mt: Momento torsor	daNm	39,5	161,6
Mr: Momento Resultante	daNm	48,7	146,9
σ_{adm} : Esfuerzo admisible del material anterior	daN/mm ²	4,4	4,4
W: Modulo de resistencia	mm ³	11065,4	33388,0
D: Diametro del eje requerido	mm	48,3	69,8
Diámetro del eje seleccionado	mm	50,8	69,9
E: Modulo de elasticidad del material	daN/mm ²	20600,0	20600,0
J: Momento de inercia	mm ⁴	326991,4	1168818,7
ft: Deflexión Máxima	mm	0,4	0,2395785
Criterio c/3000	mm	0,3	0,4
Reseleccion del diametro	mm	57,2	
Nuevo Momento de inercia	mm ⁴	523777,0	
Recalculo de Deflexión Máxima	mm	0,22	
α : Pendiente del eje	grados	0,001	0,00097

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel.

Tabla 23: Resumen de cargas en los rodillos.

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado
Diámetro de lo rodillos	mm	89,0	108,0
nr: Revoluciones por minuto de rodillos	rpm	321,9	265,3
Fp: Factor de participación del rodillo		0,67	0,67
Fd: Factor de choque en función del material		1	1
Fs: Factor de servicio		1	1
Fm: Factor Ambiental		1,1	1,1
Fv: Factor de Velocidad		0,92	0,92
Duración teórica de diseño de los rodamientos		30000	30000
Coeficiente de duración teórica de los rodamientos		1	1
Ca: Carga estática en estaciones de ida	daN	18,60	20,17
Ca1: Carga dinámica en estaciones de ida Corregida	daN	20,46	22,19
ca: carga sobre el rodillo central	daN	13,71	14,87
Cr: Carga estatica sobre rodillo retorno	daN	12,21	16,92
Cr1: Carga dinamica sobre rodillo retorno	daN	12,36	17,13
cr: Carga sobre rodillo de retorno	daN	8,28	11,47
Hv: Altura de caída del material de equipo a tolva	m	0,8	0,8
Hf: Altura de caída del material de tolva- banda	m	1,1	1,1
Y: Angulo de la tolva respecto a la banda	grados	45	45
Hc: Altura correcta de caída de material al rodillo de impacto	m	1,48	1,48
pi: Fuerza de impacto del material al rodillo de impacto	kg	12,14	12,14
Fpi: Factor de participación del rodillo de impacto central		0,72	0,72
pic: Fuerza en el rodillo de impacto central	kg	8,7	8,7

6.5.1. Factor de seguridad

Se determinan el factor de seguridad mediante la carga de rotura según el ancho de banda para el ángulo de inclinación entre 30° y 35°, de la siguiente manera:

Tabla 24: Carga de rotura para banda de 16" y 24"

Ancho de Banda [mm]	Carga de rotura [N/mm]
400 (16")	315
650 (24")	500

Fuente: Elaboración propia. Catálogos de proveedores.

Cabe mencionar que algunas bandas tienen cargas de rotura superiores, dependiendo del tipo de norma y fabricante, pero, para efectos de este documento, se va a utilizar los valores mínimos:

$$F.S. = \frac{500}{315} = 1,59$$

6.5.2. Factor de sobredimensionamiento

Este factor se obtiene basado en la capacidad de transporte volumétrico, calculado mediante el diseño inicial y el rediseño actual obteniendo un factor de 3 para una capacidad de 256 m³/h.

6.6. **Comprobación de los cálculos**

Se utiliza un software independiente muy completo para selección de bandas y los datos se compara con los obtenidos para comprobar que se encuentre lo más cerca posible.

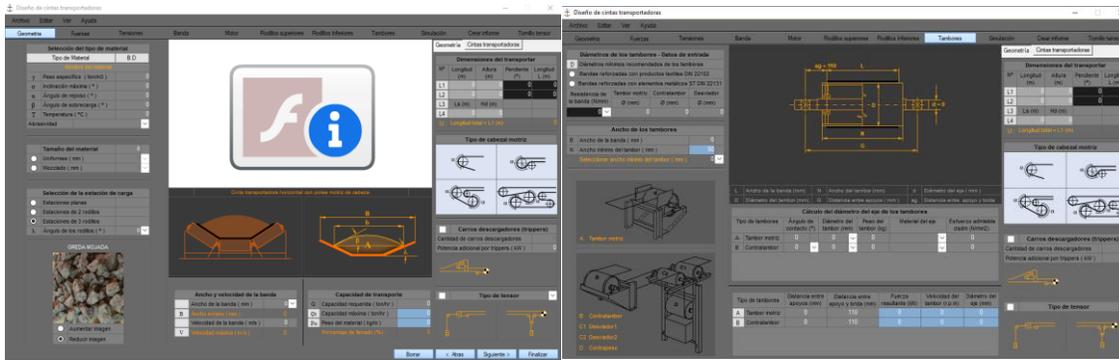


Figura 29: Software utilizado para comprobación del diseño de bandas.

Puesto que el programa maneja muchos más factores, ya que contempla variables como la elección de la banda y sus características, así como dimensiones propias de un fabricante, por lo que se da prioridad a los datos obtenidos de eje, deflexión, pendiente, y motor recomendado.

Se obtuvo un motor de 7,5 Hp como óptimo para el funcionamiento, con un eje de 70 mm igual a los valores calculados en este diseño, así como una diferencia en la deflexión menor al 5 %, las fuerzas mostradas en el software son mayores a las calculadas.

FUERZAS		
Peso total de las partes móviles	(kg/m)	31,3
Factor de fricción de las partes giratorias		0,1
Factor de fricción por longitud		3,12
Fuerza para mover la cinta en vacío	(N)	799,76
Fuerza para mover horizontalmente el material	(N)	2459,56
Fuerza para mover verticalmente el material	(N)	1397,93
Fuerza total	(N)	4657,25

Figura 30: Muestra de resultados del software para bandas.

Fuente: Cinta Transportadora (2017)

Factor	Unidades	Diseño	Programa
Capacidad de transporte volumétrico Real	ton/h	80,00	100,00
Capacidad de transporte volumétrico Exp.	m3/h	62,02	77,52
Área de sección del material transportado	m2	0,02	0,02
Distancia de transición	m	0,75	0,65
Peso total de partes móviles	Kg/m	33,15	31,30
Tensión del lado Tenso	daN	420,93	580,10
Tensión del lado lento	daN	187,08	114,10
Tensión Máxima	daN	420,93	580,10
Tensión Unitaria Máxima	N/mm	6,48	9,00
Diámetro del eje requerido	mm	69,80	65,91
Pendiente del eje	grados	0,00097	0,00103
Deflexión Máxima	mm	0,24	0,25
Carga dinámica sobre rodillo retorno	daN	17,13	18,32

Figura 31: Muestra de resultados del software para bandas y diseño propuesto.

Fuente: Elaboración propia. Excel

6.7. Selección de componentes

Para la selección de materiales, se consideraron los mismos productos que se encuentran en el inventario de la empresa y así unificar el producto; asimismo, se comprobó que cumpliera los requisitos del diseño, y se pueden consultar las fichas en la sección de anexos, por lo que se resumen los materiales seleccionados en la tabla 25.

Cabe mencionar que se utiliza calidad del acero: ASTM A-36, puesto que un límite de fluencia mínimo de 250 MPa (36 ksi) y un límite de rotura mínimo de 400 MPa (58 ksi), lo que soporta bien las cargas estáticas y dinámicas a las que se va a exponer, asimismo, se agrega un anticorrosivo para soportar las condiciones ambientales a las que se expone.

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tensión (MPa)	Límite elástico (MPa)	Alargamiento (%)	Dureza HB
400 - 550	250	22	120

Figura 32: Propiedades mecánicas del ASTM A36.

Fuente: Cinta Transportadora. (2017)

En resumen, se consideran la siguiente lista de materiales requeridos para la ampliación:

Tabla 25. Acero ASTM 36 requerido para el diseño.

MATERIALES ESTRUCTURALES	
Descripción	Cantidad
Angular HN 2 x 2 x 1/4" x 6 m	103
Angular HN 1-1/2" x 1-1/2" x 1/4" x 6m	82
Tubo HN redondo de 1 1/4"	53
Tubo HN Ø 1/2" Pared Gruesa	28
Platina 1/4" x 4"	14
Lámina Expandida ACS # 1 1.22mm x 2.44mm	14
Vigas UPN 5" x 2"	10
Angular de 3" x 3" x 3/8"	13
Lámina HN 1.22mm x 2.44mm x 3/8"	2
Lamina 3/16	1
Viga H 10x22	5

Elaboración propia. Word.

Tabla 26. Elementos seleccionados según norma CEMA para las bandas transportadoras

Bandas transportadoras	
Descripción	Cantidad
Estación de 3 Rodillos de impacto C5 24" 5x9 - 35°	9
Estación de 3 rodillos de carga C5 24" 5x9 - 35°	62
Estación de 3 Rodillo de carga C5 24" 5x9 - 20°	6
Estación de Rodillo de Carga Guía C5 24"- 35°	3
Estación de Rodillo plano de retorno C5 - 24"	21

Tambor 26x18" revestido herringbone con eje 2 3/4	6
Banda 24" x1/2" - 3 Capas EP500	124
Motor 10HP 3F Cerrado 1740 rpm	3
Reductor Pendular 131/2 16/1 con rol antirretorno	3
Chumaceras NTN 2 3/4 para Tambores	12
Celda carga tipo S 100 Kg 2mV/V 100kg/220lb	3
Amplificador de celda de carga RW-ST01A	3
Módulo analógico FX5-4AD 4 entradas	1
Tornamesa: 5th wheel hitch Marca: B&W Manufacturer RVK3500	1
Sensor de nivel Ultrasónico IFM 0.2 a 2 M, salida 4-20 mA	1
Fuente 24 Vdc Siemens 2A Alim 110- 220 Vac	1
Llantas	2

Elaboración propia. Word.

6.8. Diseño para el soporte del sistema de cribado

El equipo para instalar se trata de una criba vibratoria inclinada marca Nordberg, 5x16 con unas dimensiones totales de 5,74m de largo, 2,2m de ancho y 1,85m de alto, con un peso aproximado de 16 toneladas.

Esta debe instalarse a aproximadamente 5 metros de altura, para permitir la instalación de las bandas y tolvas bajo este equipo, lo que requiere una estructura que soporte las siguientes cargas:

Tabla 27. Cargas sobre la estructura de la criba

Descripción	Masa [kg]	Peso kN
Criba	12200	119,7
Mallas	1800	17,7
Motores	150	1,5

Material	17600	172,7
Personas	500	4,9
Pasarelas	2250	22,1
Total	34500	338,6
Total Con FS (2)	69000	676,9

Elaboración propia. Word.

No se cuenta con losa previa, por lo que se requiere el armado estructural para las cargas estáticas anterior, además, las medidas propuestas son aproximadas, hay que corroborar una vez que el equipo llegue a la planta, pero el análisis se realiza con las dimensiones propuestas.

Tabla 28: Elementos requeridos para la criba e hidrociclón.

Hidrociclón y Cribas	
Resorte A5882020	12
Rodamientos	8
Motor 10HP 3F Cerrado 1740 rpm	2
Manguera Blucor 8"	5

Elaboración propia. Word.

7. ANÁLISIS FINANCIERO

Para el desarrollo de este capítulo, se solicitaron cotizaciones a empresas de los materiales y equipos descritos en los apartados anteriores, además, se trabaja con la parte financiera de la empresa, para obtener los datos reales sobre costos y canales de financiamiento con los que se cuenta para el proyecto, así como plazos y tasas requeridas.

Inicialmente, se calculan los costos asociados a los movimientos de material hacia el inventario, tomando en consideración el precio de mercado para los equipos requeridos, puesto que, si no se realiza con equipo de la planta, debería utilizarse un equipo contratado; mostrado de manera monetaria aproximando por hora, donde se incluye el equipo, el combustible y el operador de la siguiente manera:

Tabla 29. Costos del traslado de material.

Rubro	Monto unitario	Total
Cargador [1]	¢36 000,00	¢36 000,00
Vagonetas [3]	¢20 000,00	¢60 000,00
Excavadora [1]	¢50 000,00	¢50 000 000
Costo adicional por hora		¢146 00,00

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word.

Si la producción alcanza 240 m³ y se debe realizar el movimiento del material, implica de 3- 4 horas de trabajo, agregando entre ¢438 000,00 y ¢584 000,00 colones adicionales cada vez que se requiera el espacio y suponiendo que solo se realiza 2 veces por semana; al mes, los gastos superan los ¢4 600 000,00 únicamente por el movimiento de materiales.

Además, en cuanto al cambio de mallas, se necesitan 3 personas, las cuales tardan entre 3 y 8 horas dependiendo de la configuración de materiales de salida deseada, cada vez que se desee cambiar de material se debe realizar, es decir, al menos 2 veces por semana. Estos costos se encuentran entre ₡45 000 y ₡120 000 colones en cada ocasión, lo que se traduce aún costo adicional aproximado de ₡480 000 colones mensuales.

El costo potencial por no tener el material disponible se contabiliza únicamente con la quintilla, para efectos de este análisis, puesto que comprende el valor monetario más grande; se sabe que la necesidad semanal alcanza los 100 m³ semanales con un costo por metro de ₡11 500 colones, es decir, al final del mes, se dejan de percibir ₡4 600 000,00, con la ampliación se produciría un 50 % de esa necesidad constantemente.

En cuanto al costo ligado a la pérdida de clientes, se estima con la tasa de Churn basado en los clientes totales y perdidos, pero como la empresa vende tanto a empresas grandes y participa en licitaciones como también al menudeo estos datos pueden variar, por lo que se deja este rubro fuera de este análisis.

Se considera el incremento en el consumo eléctrico de la planta al agregar 6 motores de 10Hp cada uno, implicando un consumo mensual adicional de 47,4 kW en total, lo que traduce en costo de energía de ₡193 355 colones mensuales y de ₡425 420 colones mensualmente por demanda, utilizando los montos de JASEC y análisis realizado en el capítulo de situación actual y memoria de cálculo.

Se propone y analiza la opción de utilizar 2 créditos uno a 3 años con una tasa de 12 % aportando 60 % de monto total del proyecto y otro a 5 años con una tasa de 35 % con una participación de 10 % así como la inversión de capital de la empresa por un 30 % del monto inicial con un rendimiento de 35 %. Se toma en consideración una depreciación lineal del equipo al 15 % anual durante 5 años

CONCEPTO	PERIODO ANUAL					
	año 0	1	2	3	4	5
	2021	2022	2023	2024	2025	2026
- Inversion Total	148 410 000					
Fijas	141 610 000					
Infraestructura y equipo	141 610 000					
Intangibles	6 800 000					
Permisos	2 500 000					
Imprevistos	4 300 000					
Capital Trabajo						
- Costos Totales (a+b+c+d+ e+ f)	63 106 093	67 655 801	72 488 505	41 040 478	39 630 792	
(a) Costos de Producción	4 700 000	4 940 000	5 081 800	5 275 436	5 370 945	
otros costos variables	200 000	350 000	400 000	500 000	500 000	
mantenimiento	4 500 000	4 590 000	4 681 800	4 775 436	4 870 945	
(b) Costos Administrativos	7 425 000	7 796 250	8 186 063	8 595 366	9 025 134	
personal administrativo, luz, agua, tel, etc						
(c) Costo de Ventas	500 000	750 000	800 000	900 000	900 000	
(d) Depreciación / Amortización	22 601 500	22 601 500	22 601 500	22 601 500	22 601 500	
Permisos	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	
Imprevistos	860 000	860 000	860 000	860 000	860 000	
Infraestructura	21 241 500	21 241 500	21 241 500	21 241 500	21 241 500	
Maquinaria	0	0	0	0	0	
Mobiliario	0	0	0	0	0	
Vehiculo	0	0	0	0	0	
(e) Interes Prest 1 Infocoop	26 388 691	29 555 334	33 101 974	0	0	
(f) Interes Prest 2BNCR	1 490 901	2 012 717	2 717 168	3 668 176	1 733 213	
+ Ingresos	88 560 000	89 445 600	89 445 600	89 445 600	89 445 600	
= Flujo antes de impuestos	25 453 907	21 789 799	16 957 095	48 405 122	49 814 808	
- Impuesto sobre Renta 20%	5 090 781	4 357 960	3 391 419	9 681 024	9 962 962	
= Flujo después de Impuesto	20 363 126	17 431 839	13 565 676	38 724 098	39 851 846	
+ Depreciación/ Amortización Activos	22 601 500	22 601 500	22 601 500	22 601 500	22 601 500	
+ Valor Rescate					35 402 500	
+ Recuperacion Capital Trabajo					0	
+ Crédito 1	89 046 000					
- Amortizacion 1		26 388 691	29 555 334	33 101 974	0	0
+ Crédito 2	14 841 000					
- Amortización 2		1 490 901	2 012 717	2 717 168	3 668 176	4 952 038
= Flujo Neto de Efectivo	-44 523 000	15 085 033	8 465 288	348 034	57 657 421	92 903 808
Flujo Anual Actualizado	12 446 397	5 762 839	195 485	26 720 510	15 238 259	
PRIFD	-32 076 603	-26 313 764	-26 118 278	602 231	15 840 490	
TREMA Ponderada	21,20%					
VAN del Flujo Efectivo =	€80 649 113,23					
menos inversion	-44 523 000					
Van del proyecto =	€36 126 113	TIR =	42,64%			

Figura 33. Resultado del análisis financiero.

Elaboración propia. Excel.

Se obtiene una recuperación del dinero al final de tercer año, se puede observar una tasa de retorno del 42,6 % mayor al 21 % esperado lo que se concluye con este indicador.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Se recopiló la información del estado actual de la planta, equipos utilizados, consumo eléctrico e inventarios. Esto permitió obtener conocimiento del funcionamiento de la planta, sus requerimientos técnicos y aspectos de la producción. Además, se comprobó que se tiene la capacidad instalada adecuada para la ampliación.
- Se diseñó la adaptación de la planta para la inclusión de los componentes electromecánicos necesarios. Posteriormente, se recalculó el diseño de las bandas considerando criterios de estandarización, uniformidad y mantenimiento de los equipos.
- Se verificó los diseños mecánicos del hidrociclón en el programa de CAD Solidworks la estructura del hidrociclón, la cual soporta la carga estática de 41,4kN sin presentar deformaciones importantes. También, se verificó las medidas y cálculos de los componentes de las bandas mediante un software independiente de diseño de bandas obteniendo un resultado con un margen de error menor al 5 %.
- Se realizó un análisis de viabilidad técnico-financiero a 5 años, obteniendo una VAN de positivo mayor a $\text{C}\$36\,000\,000$ y un TIR de 42,6 %, lo que determina que el proyecto es viable para su implementación, con un periodo de recuperación de 3 años.

8.2. Recomendaciones

- En vista de las complicaciones que presenta el mercado nacional de hierro y derivados por la pandemia del COVID-19, se recomienda buscar estructuras de otros cribas y bandas que se puedan adaptar a este diseño para permitir una disminución de costos y tiempos.
- Como la carga de trabajo en el quebrador para los soldadores es considerable, por la cantidad de proyectos y mantenimiento que se realiza, se recomienda considerar la fabricación de los equipos mediante tercerización, aportando los materiales y planos de este diseño, bajo la supervisión constante del proceso que garantice la precisión y calidad requerida.
- Se recomienda realizar inicialmente la implementación de los sistemas diseñados en el patio de inventario. Luego, conectar el sistema actual con la ampliación mediante la banda #5 para evitar la detención del proceso productivo.
- Es importante contemplar en la instalación eléctrica la colocación los dispositivos de paro de emergencia de las bandas, puesto que los sistemas actuales carecen de estos dispositivos.
- Se recomienda revisar si es necesarios algunos los elementos con factor de seguridad superior a 10 y simplificar el diseño de las estructuras de soporte puesto que beneficia al costo del proyecto al requerir menos materiales.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advanced Mineral Processing S.L. (s.f.) *Cátalogo de Plantas compactas de hidrociclono Hydroset*. Madrid, España. Recuperado de www.ampmineral.com
- ALNICOLSA de Perú. (2009). *Hidrociclones*. Sitio web. Callao Perú.
- ANSI/CEMA (2012). *Norma N°. 102: Términos y definiciones del transportador*. Conveyor Equipment Manufacturers Association.
- Apache (s.f.). *Catálogo de Bandas transportadoras y servicios. API6A*. Hose & Belting Co. INC. Estados Unidos. Recuperado de [https://www.apache-inc.com/CMS/WSCentral.nsf/weblinks/AHBD-97RS39/\\$File/AHBD-97RS39.pdf](https://www.apache-inc.com/CMS/WSCentral.nsf/weblinks/AHBD-97RS39/$File/AHBD-97RS39.pdf)
- Basurto, B. (2013). *Diseño de bandas transportadoras tubulares*. Escuela Superior Politecnica del Litoral. Guayaquil: Ecuador.
- Calderón, J. (2019) Estampa de antaño: Gigantesca erupción del Irazú sobre la ciudad de San José, 1963. *Historia y Sociedad*. Marzo-2019. UNED: Costa Rica.
- CEMA (2004). *CEMA Standard N° 705: Conveyor performance Terminology*.
- CEMA (2015). *Belt Conveyors for bulk materials. Engineering conference of the Conveyor Equipment Manufacturers Association* (Sétima edición).
- Chinduamba, A. (2019) *Dimensionamiento de una criba Vibratoria para la planta Metalúrgica UEB Producciones mineras de Placetas*. Instituto Superior Minero Metalurgico Dr. Antonio Núñez Jiménez. Moa, Cuba.

Coba, M. (9 de febrero de 2019). *Máquinas de elevación y transporte*. Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlántico.

Contitech Holding GmbH. (2001). *Manual de Ingeniería: bandas transportadoras*. Köln, Alemania.

Díaz, E. (2014). *Los Aridos. Cubicada, coeficiente de reducción y coste de producción. Los aridos mucho mas que piedras: 2° Congreso Argentino de Aridos. Tomo I. Buenos Aires, Argentina.*

Etayo J. y Barraza J. (2009). Correlaciones matemáticas para la obtención de rendimiento de producción, remoción de cenizas y partición de agua usando un hidrociclón “solo agua”. *DYNA*. Vol. 76 N° 157, 181-193. Universidad del Valle. Colombia.

Fajardo, H. y Vanegas, O. (1994). *Cálculo y diseño de un transportador inclinado de banda y rodillos*. Calí, Colombia: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.

Fueyo Casado, L. (2014). *Equipos de trituración y clasificación: tecnología, diseño y aplicación* (Primera edición). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ELCO editores.

González, M., & Lobos, G. (2018). *Estudio y Diseño de cinta transportadora automatizada*. Bélgica: Universidad Técnica Federico Santa María.

Jorvex (s.f.). *Catálogo Fajas transportadoras con nucleo textil y cables de acero*. Colombia.

Recuperado de:

<https://www.anixter.com/content/dam/anixter/resources/catalogs/anixterjorvex-catalogo-cala-fajas.pdf>

Lopez, C. (1998) Editor. ARIDOS: Manual de prospeccion, explotación y aplicaciones. Capitulo 2. Geología. Pag. 31-36. Entorno Grafico S.L. Madrid, España.

Ministerio de Obra Publicas y Transporte. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)*. San José, Costa Rica.

Muñoz C. y Lagos P. (2013). *Diseño cinta transportadora Intralox para Quesquera Bahía Caldera S.A.* Universidad del Bio-Bio. Concepción Chile.

Pedraza, D. (2018). *Diseño y construcción de un hidociclón a nivel laboratorio. Universidad pedagogica tecnologica de Colombia.* Tunja, Colombia.

Puerto Femos S.R.L (2017) *Catálogo Bandas Transportadoras Textiles*. Rosario, Argentina.
Recuperado de: [http://www.femos.com.ar/sitio/subidas/files/femos/10_Bandas %20Transportadores %20Serie %20Pesada/Bandas %20Transportadores %20Serie %20Pesada.pdf](http://www.femos.com.ar/sitio/subidas/files/femos/10_Bandas%20Transportadores%20Serie%20Pesada/Bandas%20Transportadores%20Serie%20Pesada.pdf)

Quebrador Ochomogo (s.f.) Sitio web. Recuperado de www.ochomogocr.com

Rizo, A. (2015). *Instalación y puesta en marcha de filtro prensa para el tratamiento de lodos en la empresa Quebrador Ochomogo LTDA* [Tesis].

Sponozzi, D. (2019). *La última guía sobre cintas transportadoras. Tecnología en Movimiento.* Cordoba: Argentina.

Ureña, H. (2020). *Información de Inducción al Quebrador Ochomogo* [Comunicación personal]. Cartago.

Valencia Huaman, E. (2014). *Bibliotecas.unsa.edu.pe*. Obtenido de bibliotecas.unsa.edu.pe:
bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2912/MThuvaer017.pdf?sequence=
1&isAllowed=y

Wills B., y Napier T. (2006). *Classification: Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery* (Octava edición).
Oxford: Elsevier Ltd.

10. APÉNDICES

10.1. Memoria de Cálculos de Diseño

DISEÑO DEL SISTEMA DE SOPORTE DEL HIDROCICLÓN

En este apartado se muestran los resultados del diseño del soporte del hidrociclón, trabajó el modelo ERAL 625 adquirido por la empresa años atrás, únicamente se validan las cargas y se da mayor enfoque a la tubería que transporta el fluido al tanque clarificador, puesto que existe en un proyecto anterior el diseño del hidrociclón como tal y para la instalación se requiere validar las cargas que forman la estructura de soporte, presiones y velocidades de la conexión de los equipos para el buen funcionamiento.

Puesto que se pretende enviar el agua al tanque espesador por gravedad es necesario contar con una inclinación de 5° desde la salida del hidrociclón; en primer lugar, para determinar esto, de manera experimental se obtiene el nivel desde la salida antes mencionada y hasta el punto de conexión en la tubería del tanque para obtener la altura requerida en la estructura, cabe mencionar que en la salida del hidrociclón el fluido tiene una velocidad de salida muy similar a la de entrada por la diferencia de presión en el vórtice y ápex, lo que hace que se forme el remolino inverso que permite el trabajo del equipo.

El equipo por instalar es una planta compacta ERAL 625 con las siguientes características:

Características del fabricante para el hidrociclón 625.

Característica	Valor
Diámetro [mm]	625
Caudal [m^3/h]	220-570
Corte: [μm]	34 - 44

Presión [kPa]	50-100
---------------	--------

Fuente: ERAL (2020)

El equipo por instalar corresponde a una planta compacta de lavado de tipo MLE62 de ERAL que incluye el hidrociclón 625, 2 motores vibradores EV53, un escurridor, una bomba 6x6 marca Goulds con una capacidad de procesamiento de 95 toneladas por hora, similar al a que se muestra en la siguiente imagen.



Ejemplo de Planta compacta ERAL 625 Fuente: ERAL (2020)

Como se aprecia en la figura anterior, el equipo posee una base estructural que se coloca encima de la cuba, en este caso, la base disponible en la planta se trata del modelo ERAL750, no del ERAL650, por lo que se adapta para el hidrociclón a utilizar; esta modificación hace que la estructura quede a los lados externos a la cuba y adicionalmente deberá alcanzar 10.6 metros permitiendo un ángulo superior a la inclinación requerida y a su vez permitirá a la maquinaria amarilla transitar debajo de esta.

Se plantea la fabricación de las pasarelas de mantenimiento con los mismos calibres y materiales que posee toda la planta por cuestiones de estandarización y la facilidad de reparación o cambio, en el anexo se puede observar la lista completa de los materiales.

Primeramente, para el diseño fue necesario conocer el peso del equipo, pasarelas y personas para el cálculo estático de fuerzas y otras necesidades de las losas estructurales como se muestra a continuación en la tabla_.

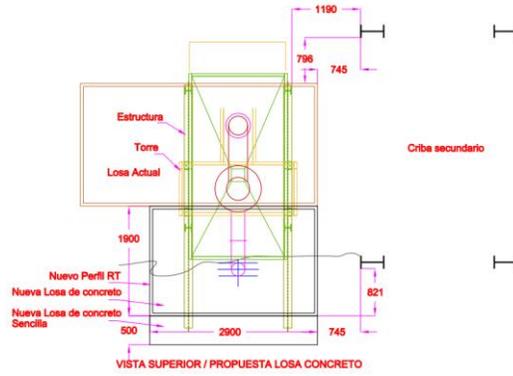
Peso total de la estructura del hidrociclón.

Cargas	Kg	KN
5 personas [100kg]	500	4.9
Hidrociclón	460	4.5
Pulpa	290	2.8
Motores vibradores [257Kg c/u]	514	5.1
Escurreidor	500	4.9
Estructura Principal	2150	21.1
Pasarela	1750	17.2
Cuba (Volumen 5m ³) lodo: 1,36g/ml	6800	66.7
Bomba	1510	14.8
TOTAL DE CARGAS	14474	142.9
Con Factor de seguridad (1.5)	21711	212.9

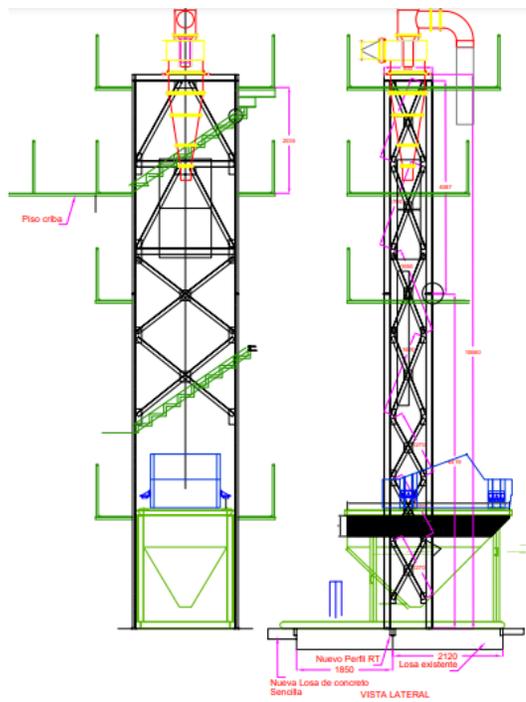
Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word.

Con los datos anteriores, se contrata un experto estructural de construcción para el cálculo y diseño de la losa con las consideraciones y factores requeridos para la instalación ya que se trata de una estructura alta, de poca anchura y con vibración por el trabajo de los escurridores ubicada en una zona con fuertes vientos y de actividad sísmica.

Se determina una la implementación de la losa nueva de 1,85m por 2,9m que complementa a la losa existente, misma que presenta las propiedades necesarias para continuar operando, estos datos basados en la indicación del ingeniero estructural.

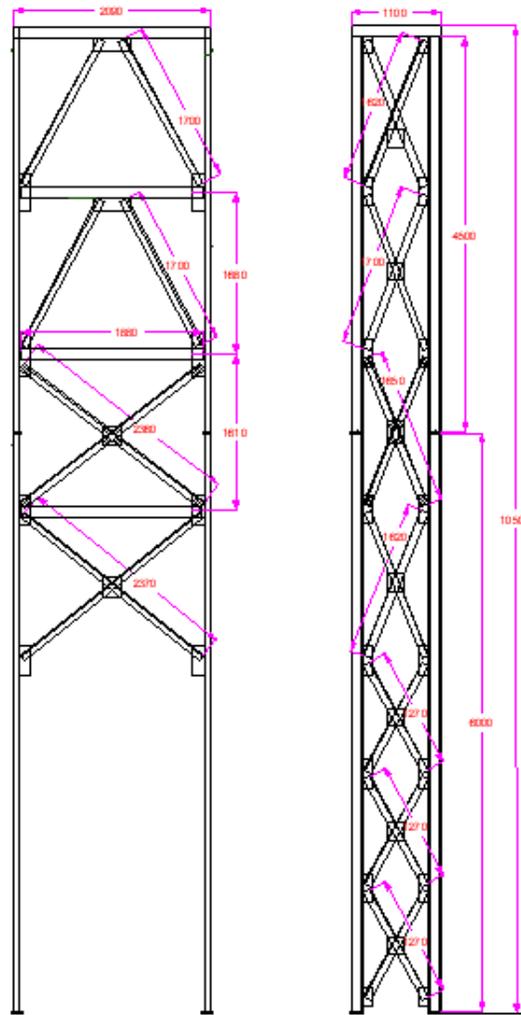


Vista superior de la losa a instalar para el hidrociclón.
Fuente: Jorge Armando Fernández, Autocad.



Vista lateral de la estructura de soporte para el sistema de lavado con hidrociclón. Fuente:

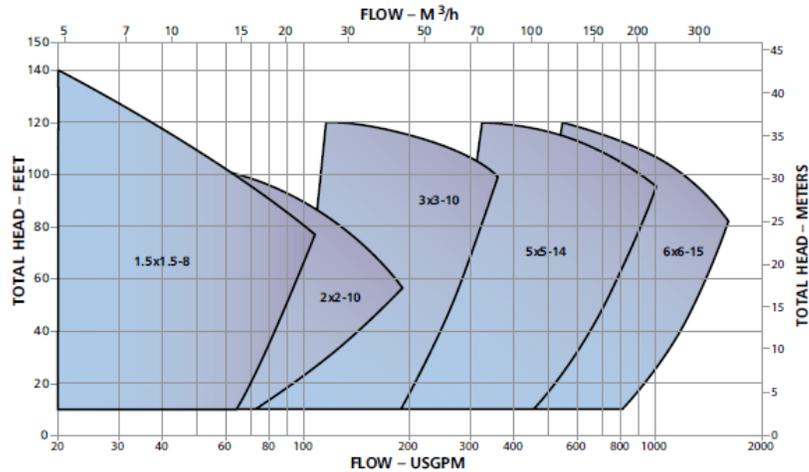
Jorge Armando Fernández, Autocad.



Estructura metálica de soporte para el hidrociclón.

Para el sistema de tubería que lleve el agua al tanque clarificador se realiza una comprobación de los datos de presión en esta y requeridos para la selección de la bomba.

Inicialmente se hace un análisis de la bomba que se usará en el hidrociclón, una bomba 6x6x15 de la marca Goulds, la cual tiene una capacidad máxima de 300 m³/h aproximadamente 1320 galones por minuto que deberá ser utilizada mediante un variador de frecuencia puesto que el hidrociclón soporta 570 galones por minuto como máximo y conociendo el caudal requerido se puede comenzar a dimensionar la tubería y calcular las pérdidas de presión presentes.



Cobertura hidráulica bomba SRL6x6x15 Goulds. Fuente: Goulds pumps

Según un estudio previo realizado por Manosalva M (2018) la pulpa presenta las siguientes características:

Características de la pulpa	
Densidad	1,487 kg/m ³
Concentración de solidos	55%
Porcentaje de finos	4%
Densidad de líquido (agua)	1000 kg/m ³
Densidad arena lavada	2,281 kg/m ³

Características de la pulpa. Fuente: Manosalva M. (2018)

De los 570 gpm de caudal máximo, lo que sale por el overflow y transporta la tubería se supone un 55 % equivalente a 314 gpm, unos 85m³/h, como se resume en la siguiente tabla.

Tabla de resumen de caudal de las tuberías del hidrociclón.

Tubería	Caudal m ³ /h
Alimentación	156
Overflow	85,8
Underflow	70,2

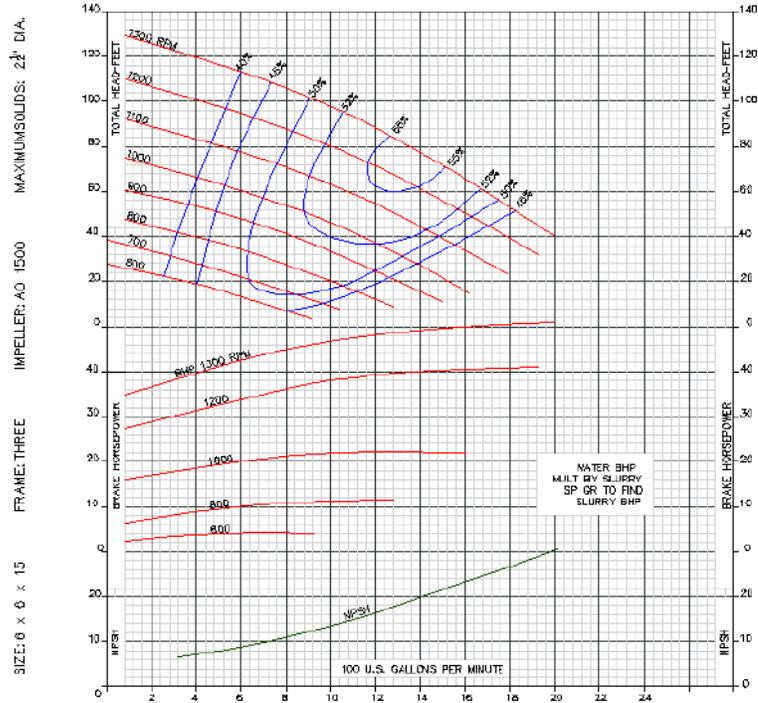
El diámetro requerido se calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{85,8 \text{ m}^3/h}{1 \text{ m/s}} \times \frac{1h}{3600s} = 0,0238 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0238}{\pi}} = 0,174 \text{ m} = 6,85 \text{ in}$$

Por lo que se elige una tubería SCH 40 de 8 pulgadas en hierro negro con bridas cada 6 metros que permitan el mantenimiento y desmontaje en caso requerido. Presenta una velocidad de 0,74 m/s lo que disminuye la abrasión; además el equipo incluye una válvula de alivio al ambiente y desemboca en un tanque a presión atmosférica lo que evita problemas con presiones de trabajo en la tubería.

Mediante la curva de rendimiento dada por el fabricante para la bomba a instalar se obtiene que es necesaria un depósito que permita mantener alrededor de 2,4m de altura el nivel del lodo, puesto que requiere un NPSH de al menos 8ft para evitar cavitación, y la carga de la bomba permite 40ft unos 12m obteniendo una eficiencia entre 45-50 %.



Curva de rendimiento para la bomba ITT 6x6x15 SRL Fuente: Goulds.

Para verificar la correcta elección del diámetro de las tuberías se realiza el cálculo utilizando las secciones, longitudes, y caudales que circulan por ella, después se utiliza la herramienta Syzer para determinar el diámetro tomando en consideración velocidades no mayores a 6,6ft/s ó 2m/s y que la fricción se encuentre entre 1 y 4 ft/100ft. En cuanto a la caída de presión presenta pérdidas por tubería velocidad de máximo 0,07m. Además, por accesorios se presenta una pérdida de 0,65m.

Respecto a la estructura de soporte se colocará postes de concreto se adquieren con una empresa en Cartago la cual los fabrica bajo pedida específica y propiedades requeridas, para soportar 4 toneladas por poste, valor obtenido al sumar el peso del fluido, material de la tubería, personal de mantenimiento y fuerzas dinámicas propias del ambiente y condiciones de trabajo calculadas por un profesional de la empresa.

Características

ESPECIFICACIONES, MEDIDAS Y DETALLE DE LOS POSTES DE CONCRETO

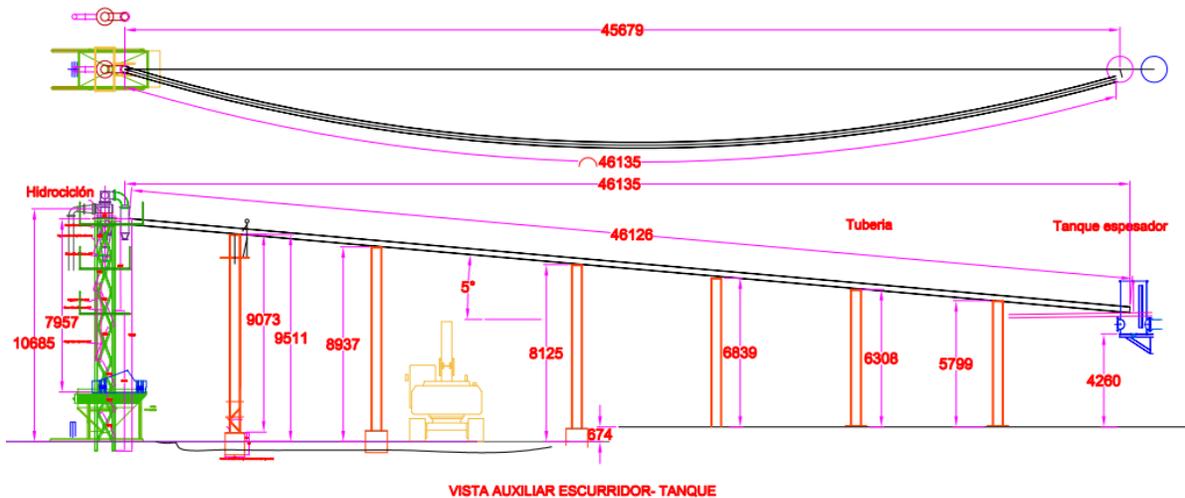


Item	Longitud Nominal Mts (L)	Tipo	Resistencia Nominal (kgf)	M. flector Rn-MA (kgf x mts)	Diametro Cma (a) (mm)	Diametro Base (b) (mm)	Peso Aprox. Kg	Coeffic. Segur.
1	8.50	A	200		140	267	600	2
2	8.50	B	300		170	297	700	2
3	8.50	C	600		190	317	850	2
4	9.00	A	200	185	140	275	650	2
5	9.00	B	300	387	170	305	740	2
6	9.00	C	600	813	190	325	910	2
7	11.00	A	300	370	170	335	990	2
8	11.00	B	600	880	190	355	1260	2
9	11.00	C	1000	1930	230	395	1520	2
10	12.00	A	300	361	190	370	1300	2
11	12.00	B	600	880	190	370	1440	2
12	12.00	C	1000	1930	230	410	1770	2
13	12.50	A	300	361	190	377	1200	2
14	13.00	A	300		190	385	1225	2
15	13.00	B	600	858	190	385	1680	2
16	13.00	C	1000	1910	230	425	1700	2
17	14.00	B	600		230	425	1750	2

Item	Longitud Nominal Mts	Longitud empotramiento Mts	
		Tierra	Concreto
1	8.50	1.45	1.25
2	9.00	1.50	1.30
3	11.00	1.70	1.40
4	12.00	1.80	1.30
5	12.50	1.85	1.50
6	13.00	1.90	1.60
7	14.00	2.00	1.70

Cuadro de colocados

Características de los postes de concreto.



Vista Superior y lateral para tubería de salida del hidrociclón.

DISEÑO DE BANDAS TRANSPORTADORAS:

Para el diseño de las bandas inicialmente fue importante tener una perspectiva del proceso esperado al concluir el proyecto, con la finalidad de tener claro que aspectos se deben

tomar en considera puesto que se trata de una línea de producción donde cada sistema afecta directamente en el funcionamiento de los contiguos.

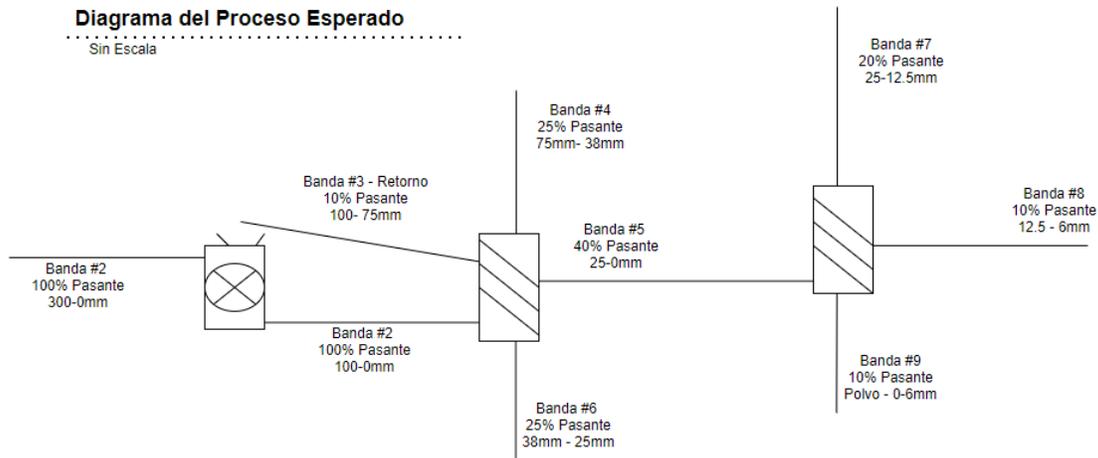


Diagrama inicial del proceso esperado.

Fuente: Elaboración propia Draw.io

Basado en el proceso esperado, se debe diseñar las bandas para el material pasante, posteriormente se considera las condiciones de cribado y clasificación que comprenden las mallas que se deben utilizar, tipo y modelo del equipo y motores vibrantes, velocidades, rendimiento, superficie y eficiencia entre otros; corroborar las medidas del material pasante con las granulometrías para tipo, y por último el proceso de trituración con el impactor; velocidad, apertura, tipo de material y las propiedades de los áridos a la entrada de la planta.

Determinación de los criterios de diseño para las bandas transportadoras.

Una vez comprendido el proceso productivo y el manejo del material terminado se utiliza la guía de diseño del fabricante Rulmeca (2000) puesto que provee información clara y del proceso y un catálogo de productos para facilitar la búsqueda.

1- Propiedades de los materiales:

Analizar el tipo de material proporciona las condiciones en las que se transporta el producto, en este caso se trata de áridos, entre ellos; arena húmeda, arena seca, grava y sus derivados con las siguientes propiedades físicas teóricas:

Propiedades Físicas teóricas de los materiales a transportar

Propiedad	Arena húmeda	Arena Seca	Grava
Peso específico aparente [t/m ³]	1,76 – 2,08	1,44-1,76	1,44-1,60
Ángulo de reposo	45°	35°	40°
Grado de abrasividad	C	C	B
Corrosividad	A	A	A

Fuente: Rulmeca (2000)

Donde se entiende que grado de abrasividad y corrosividad

A- No abrasivo / No Corrosivo

B- Poco Abrasivo / Poco Corrosivo

C- Muy Abrasivo / Corrosivo

Dentro de los estudios periódicamente realizados por la empresa para determinar la calidad de los productos se tiene el análisis granulométrico lo que permite tener a disposición las propiedades y los pesos específicos reales de los materiales transportados para este diseño:

Tabla _ : Peso específico real para cada producto que transportará el sistema a diseñar.

Material	Peso Específico [Kg/m³]
Sub Base 75mm	2133

Sub base 63mm	2133
Base Granular 38mm	2097
Piedra Cuarta (30mm)	1290
Piedra cuartilla (25mm)	1280
Arena Lavada (9,5mm)	1480
Polvo de piedra lavado	1340
Polvo de piedra Seco	1450

Fuente: Quebrador Ochomogo (2021)

Cabe mencionar que estos resultados se obtienen mediante pruebas de laboratorio contratadas por el quebrador, donde se expone que se utilizó para los ensayos las normas ASTM D-1557 y las especificaciones de MOPT/CONAVI CR-2010 y método de ensayo para muestreo de agregados, como ensayo de Gravedad Especifica y Absorción del agregado grueso, límite líquido, límite plástico y relación humedad densidad; análisis granulométrico de en mallas para agregados finos y gruesos (INTE C46) equivalente a (ASTM C-136).

Por lo que se utilizará para el diseño estos pesos específicos, puesto que las bandas van a transportar material con dimensiones de 1 1/2" (38mm) o inferiores, se tomará como base 1290 Kg/m³ para el cálculo y se diseña de manera critica considerando que existe una estandarización de las bandas, para posteriormente calcular el factor de seguridad utilizado.

El ángulo de reposo (λ) del material se forma en la superficie superior de un montículo de material y este se encuentra muy relacionado con las características del material, para este caso oscila entre 35° a 45°; dicho ángulo determina la fluidez del producto transportado que se cataloga como media- baja y vinculado también con ángulos de sobrecarga (β) entre 25° y 30° típicos en materiales como carbón, grava, gran parte de los minerales, arena y arcilla, este

ángulo de sobrecarga se forma entre el plano horizontal del material transportado en la banda y la superficie, lo que permite obtener un área de la sección del material transportado, compuesta por una sección circular y una trapezoidal; también se puede determinar mediante la capacidad de la banda con la ecuación: $L_{VT}/3600$ [m²]

Puesto que las fórmulas de área requieren conocer los tamaños de los rodillos y banda se realizará mediante la capacidad de transporte volumétrico en el apartado de ancho de banda más adelante.

Ubicación y trayecto de las Bandas:

Este criterio responde directamente al manejo de inventario y patio de almacenamiento que tiene la compañía, el trayecto que determina la distancia entre los tambores de la banda se determina mediante un plano a mano alzada que acordaron en reunión administrativa y mediciones en sitio; donde se obtiene una inclinación de 10,8 % respecto al tanque de clarificación, el cual se establece como nivel base.

Esa inclinación se puede calcular por medios topográficos de la mano de un experto, pero para este caso se realiza de manera experimental, con un nivel de manguera y comparando la altura obtenida con el nivel de piso y posteriormente utilizando teoría de Pitágoras para determinar los grados.

Se coordina la visita de un experto en construcción para la realización de las losas y cimientos para los equipos, el cual se encarga de diseñar y dirigir la construcción de dicha obra gris, esto se agendará en el cronograma general. Una vez obtenido el nivel y la losa, se hace un plano de vista lateral para conocer las alturas de las bandas y equipos que se podrá ver en los anexos de este documento.

Se valoran varios trayectos de las bandas, con la idea de aprovechar al máximo el patio y a su vez reducir la necesidad transportar el material para su almacenaje; con ayuda de Google Maps se obtiene una foto satelital y se escala mediante algunos puntos específicos que se miden en sitio para obtener los datos reales.

Velocidad de la banda:

La velocidad de transporte en la banda está directamente ligada con el material, sus dimensiones y propiedades físicas, para materiales cribados como el utilizado en el diseño las velocidades de transporte pueden ser altas, es decir, de 8m/s o superiores, pero con el aumento de las dimensiones y la abrasividad es necesario disminuir la velocidad; generalmente se utilizan velocidades moderadas entre 0,5 y 3,5 m/s.

La capacidad de transporte de la banda va ligada a los sistemas adjuntos, en este caso al impactor con capacidad máxima de 250 t/h, que trabaja utilizando un variador de frecuencia que regula la capacidad para un máximo de 200t/h, material que sale hacia la criba #1 que lo separará en una proporción de 25-25-40-10 aproximadamente, alcanzando la nueva banda con un aproximado entre 80 – 100 t/h.

$$q_G = \frac{100t/h}{3,6s/h \times 1,5 m/s} = 18,52[Kg/m]$$

Con estos parámetros se puede manipular el ancho de la banda, esfuerzo en rodillos y estaciones, así como la tensión de la banda; entre mayor sea la velocidad se puede obtener la misma capacidad de transporte con dimensiones reducidas, pero con peligro de presentarse fallas en la banda o atascos en los sistemas.

Asimismo, la velocidad se ve limitada por la inclinación de la banda desde donde se realiza la carga hasta la descarga, porque el material presenta un efecto de rodadura, es decir,

se presenta turbulencia en la banda y el producto tiende a rodar hasta que logra asentarse y continua con su paso por la banda.

Tamaño dimensiones máximas		Banda ancho mín	velocidad max			
uniforme hasta mm	mixto hasta mm	mm	A m/s	B	C	D
50	100	400	2.5	2.3	2	1.65
75	150	500				
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
350	500	1200				
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
450	650	1600				
500	700	1800	5	4.5	3.5	3
550	750	2000				
600	800	2200	6	5	4.5	4

Velocidades máximas aconsejables según el material y la banda.

Fuente: Rulmecca

Puesto que pasa por un proceso de cribado previo, se tiene la certeza que el material pasante es menor a 100mm; asimismo cumple con características de materiales mediamente abrasivos y pesados con un peso específico de 1,5-2 t/m³ por lo que la tabla anterior recomienda una velocidad máxima de 2m/s y una banda de 400mm.

Ancho de la Banda

Esta se elige en función de la capacidad de transporte requerida, donde un mayor ángulo de la estación de rodillos permite un aumento de capacidad volumétrica de transporte, también es importante considerar que el ancho de la banda [N] debe incluir una distancia entre los bordes de al menos 25mm desde donde se asienta el material con el objetivo de evitar caída de material fuera de ella por el movimiento.

La carga de rotura necesaria es requerida para la elección del ancho puesto que, esta varía de acuerdo con el ángulo de los rodillos, es fundamental conocer la fuerza por milímetro que ejerce el material.

Considerando para efectos del diseño que los sistemas acoplados tienen una velocidad máxima de velocidad de 1,5m/s se cumple los parámetros de velocidad y una opción es banda de 400mm (16”) con una carga de rotura de 315 N/mm.

Para comprobar que esta banda sea el diseño critico se utiliza la capacidad de transporte volumétrica experimental, la cual ronda las 80 toneladas por hora, obtenida mediante una celda de carga y sistemas electrónicos instalados en las bandas actuales.

Conociendo este valor y obteniendo la capacidad de transporte volumétrico a un metro por segundo mediante la fórmula: $l_M = \frac{l_v}{q_s}$ y $l_{VT} = \frac{l_m}{v}$ ambas con medidas en m^3/h , se busca en tablas de capacidad de transporte volumétricas para estaciones de 3 rodillos con los ángulos $\lambda=35^\circ$ y $\beta=30^\circ$ según párrafos anteriores, tal que:

$$l_{M \text{ experimental}} = \frac{80 \text{ ton/h}}{1290 \text{ Kg/m}^3} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} = 62,5 \text{ m}^3/h$$

Tab. 5: - Capacidades de transporte volumétricas con estaciones de 3 rodillos para $v = 1 \text{ m/s}$

Ancho banda mm	Angulo de sobrecarga β	$l_{VT} \text{ m}^3/h$				
		$\lambda = 20^\circ$	$\lambda = 25^\circ$	$\lambda = 30^\circ$	$\lambda = 35^\circ$	$\lambda = 45^\circ$
300	5°	13.3	15.1	17.2	18.7	21.6
	10°	16.9	18.7	20.5	21.6	24.4
	20°	24.4	26.2	27.7	28.8	30.6
	25°	27.7	30.2	31.6	32.4	33.8
	30°	33.4	34.9	36.0	36.3	37.8
400	5°	28.0	32.4	36.6	39.6	45.7
	10°	35.2	29.2	43.2	45.3	51.4
	20°	50.4	54.3	57.2	59.4	66.3
	25°	56.8	62.2	65.1	66.6	69.8
	30°	67.7	70.9	73.4	74.5	77.0
500	5°	47.8	55.8	62.6	68.0	78.4
	10°	60.1	67.3	73.4	78.4	87.4
	20°	85.3	91.8	97.2	101.1	106.9
	25°	96.1	104.7	109.8	112.6	117.7
	30°	114.1	119.1	123.8	126.0	129.6

Tabla de capacidades de transporte volumétrica para estaciones de 3 rodillo a 1m/s.

Fuente: Rulmecca

Corrección de la Capacidad volumétrica:

Esta capacidad volumétrica se corrige con factores referentes a la inclinación y la regularidad de alimentación del sistema para cada una de las bandas; de manera general se trabaja el diseño con una inclinación de 18° , basado en la longitud requerida para obtener la altura.

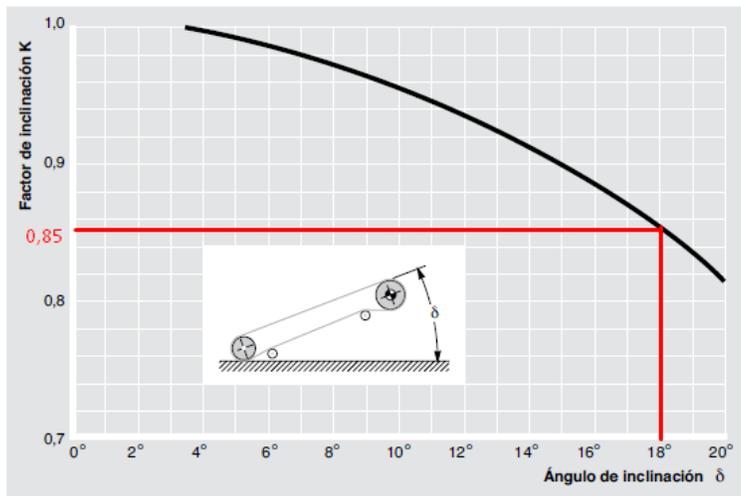


Fig. _: Gráfico del factor de inclinación K respecto al ángulo δ .

Se utiliza factores de corrección de la siguiente manera:

- Factor de Inclinación K: 0,85. Valor tomado de la figura anterior.
- Factor de Alimentación K1: 0,9. Ya que se trata de una alimentación muy irregular dependiente de la frecuencia del motor del alimentador, que puede variar según la necesidad y el operario se elige la máxima posible.

Se calcula posteriormente la capacidad de transporte volumétrica corregida y efectiva de la siguiente manera:

- Capacidad de transporte volumétrica corregida: $L_{vm} = 74,5 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 57 \text{ m}^3/h$
- Capacidad de transporte volumétrica efectiva: $L_m = L_{vm} \cdot v = \frac{57\text{m}^3}{h} * 1,5 = 85,5\text{m}^3/h$.

Comprobando que la banda de 400mm cumple con las necesidades, asimismo se puede comprobar este resultado mediante la relación ancho de banda – tamaño del material este criterio enuncia que *Ancho banda* ≥ 2.5 veces *tamaño máximo* el cual también cumple.

Estaciones:

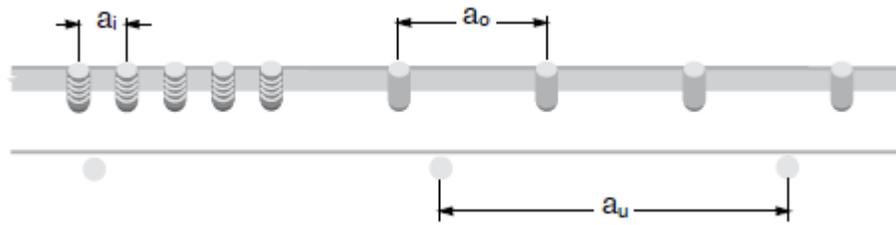
La configuración de las estaciones se rige a partir la unificación de la planta principalmente; se trabaja con estaciones fijas de tres rodillos lisos para el cuerpo del transportador y rodillos de impacto en las salidas de las tolvas. Estas estaciones presentan ventajas en el proceso como que permite que la banda se adapte mejor y las tensiones presentes en esta se distribuyan uniformemente.

Todo el sistema maneja estaciones de 5” de ancho por 9” para bandas de 24” respectivamente según el manual de diseño de la norma CEMA - ANSI, lo que otorga las medidas para las bases que se muestran más adelante.

Paso de las estaciones:

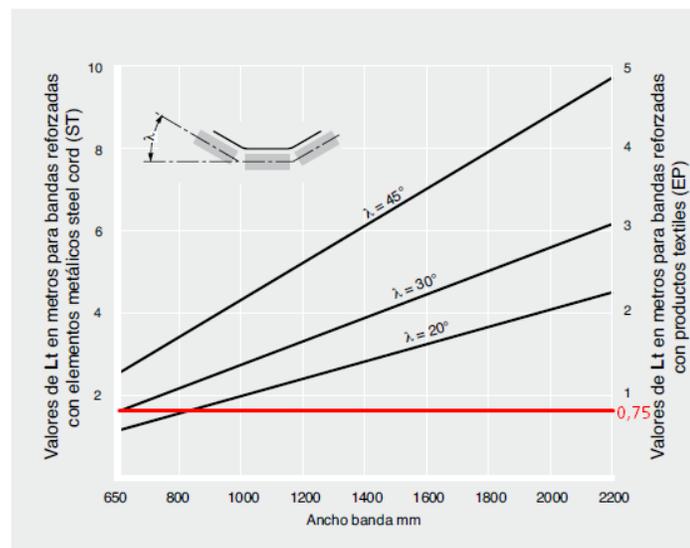
Para mantener la flecha de flexión de las bandas menor al 2 % para evitar fricciones excesivas y pérdidas de material se utiliza la tabla para pasos máximos aconsejables que se encuentra en función del ancho de banda anteriormente seleccionado y el peso específico del material a transportar.

Por lo que se recomienda una distancia de 1,5m entre las estaciones de ida (a_o) y 3m para estaciones de retorno (a_u) como máximo, además es normal utilizar 1 metro como regla popular, para bandas de menos de 1000mm. Para las estaciones de impacto (a_i) se utiliza la mitad o menos de la distancia definida en las estaciones de ida, dejando a criterio del diseñador. Para este diseño se utilizará 0,5m el paso en estaciones de impacto.



Distancia de Transición (L_t):

Esta distancia corresponde a la separación entre el tambor y la primera estación de ida, se define 0,75m para el tramo de transición, donde se coloca una única estación con un ángulo $\lambda = 20^\circ$ a 0,4m del tambor.



Separación de rodillos según el ancho de la banda. Fuente Rulmecca.

Elección de la Banda

Los criterios para la selección de una banda transporta se basan en el producto a transportar y sus características como el peso específico, la granulometría, forma entre otros; la capacidad de transporte en t/h, que implica la velocidad, inclinación, configuración de las estaciones; la tensión de trabajo, es decir, los esfuerzos sobre la banda, como el peso, fricción de elementos mecánicos, carga y descarga del material y por ultimo características a las que se será sometida la cobertura como fenómenos físicos; térmicos, mecánicos, o bien químicos. (Jorvex)

Se debe utilizar banda de caucho RMA grado I o superior, reforzada con malla de producto textil de 2 o 3 capas porque se busca cubiertas gruesas resistentes a la abrasión para la aplicación en transporte de material pesado como agregados, que permita larga vida útil.

Normas	Cubierta de Caucho			Adherencia		
	Resistencia a la Tracción	Enlongación en Rotura	Abrasión	Cubierta a Capa	Cubierta a Capa	Capa a Capa
RMA	Mpa	%	mm ³	N/mm (≤1,6mm)	N/mm (>1,6mm)	N/mm
RMA-I	17	400		3	4,4	4

Propiedades de las bandas bajo la norma RMA Fuente: Standard Industrial Inc.

Según la norma DIN 22102 se puede obtener una clasificación de las bandas mediante dos maneras, que indican las características de las bandas, la única diferencia radica en la colocación del número de capa:



Denominación de bandas transportadoras textiles. Fuente: Puerto Femos S.R.L

(2007)

La calidad de los recubrimientos está normalizada según DIN 22102, se utilizó una banda 400 EP 315/3 6+2 Y con propiedades de 20N/mm^2 , 400 % de alargue rotura y soporta una abrasión de 150mm^3 .

Esfuerzos, potencia, tensiones y controles

Esfuerzo Tangencial:

El esfuerzo se calcula cuando la banda presenta alguna de estas características: inclinación mayor a 5° , recorrido descendente o perfil altimétrico variado, en este caso la inclinación corresponde a cerca de 18° al diseñar al límite, este comprende el esfuerzo tangencial, la potencia motriz, las resistencias y la tensión de la banda en función del material y distancia a trasladarse.

Esfuerzo tangencial total (F_u):

$$F_u = [L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f(2q_b + q_G + q_{RU} + q_{RO}) + (q_G + H)] \times 0,981 \text{ [daN]}$$

L: Distancia entre ejes en metros

C_q : Coeficiente de accesorios

C_t : coeficiente de temperatura

f: Coeficiente de rozamiento interno producto de las estaciones

q_b : Peso de la banda Kg/m

q_G : Peso del material en Kg/m

qRU: Peso de partes giratorias inferiores Kg/m

qRO: Peso de partes giratorias superiores Kg/m

H: altura de la cinta en m

Esta fuerza debe calcularse para cada banda puestos que las distancias, alturas y partes son distintas en cada ocasión; se utilizan la información tabulada en el manual de diseño de la empresa Rulmecca, de las tablas 8,9,10,11, y12 puesto que permite la estandarización.

Cabe mencionar también que para los valores de Cq se hace una interpolación de la tabla 7 del manual, según se establecen las distancias requeridas.

Resumen de factores para calcular el esfuerzo total en las bandas.

#	L	Cq	Ct	F	qb	qG	qRU	qRO	H	Fuerza
										[daN]
7	23	3,15	1	0,025	4,15	18,52	1,2	5,1	7,11	204,2

Potencia motriz:

La fuerza anterior corresponde al esfuerzo total en la periferia del tambor motriz. A continuación, y en adelante se trabaja con la mayor fuerza para garantizar uniformidad en todas las bandas transportadoras que se desean instalar,

$$P = \frac{F_u \cdot V}{100 \cdot \eta} = \frac{204,2 \cdot 2}{100 \cdot 0,86} = 3,56 \text{ Kw}$$

Lo que significa que requiere un motor de al menos 5HP o mayor, para mover la carga, para 440 utilizado en la empresa presenta un consumo de 7 kW/h y una potencia de 3,7 kW

Tensión de la banda:

Se debe calcular la diferencia de tensiones entre el lado tenso y el lado lento, esto con ayuda del par motriz que mueve la banda, se aplica la ley de variación exponencial para determinar el límite de adherencia, puesto que al igualarlos no se transmite el movimiento del tambor a la banda.

$$T_1 T_2 \leq e f a \frac{T_1}{T_2} \leq e^{f a}$$

Donde $f a$ corresponde al coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor dado por un ángulo de abrazamiento. Además, se utiliza el análisis de fuerzas en donde:

$$F_U = T_1 - T_2$$

Obteniendo:

$$T_2 = F_U \frac{1}{e^{f a} - 1} = F_U \cdot C_W$$

El C_w corresponde al factor de abrazamiento que trabaja en función del ángulo de abrazamiento de la banda y coeficiente de rozamiento $f a$.

Para efectos de este diseño, se utiliza un tambor revestido con un tensor de tornillo ya que las bandas tienen poca longitud, obteniendo un C_w de 0.8, de los valores tabulados para factor de abrazamiento para un ángulo de 180° , es decir, una banda ubicada de manera lineal respecto a los rodillos.

Por lo tanto:

$$T_2 = 2,04 \cdot 0,8 = 1,634 \text{ KN}$$

$$2,04 = T_1 - 1,634$$

$$T_1 = 3,676 \text{ KN}$$

Posteriormente se obtienen las tensiones críticas en el contratambor (T_3), cola (T_0), dispositivo de tensión (T_g) y tensión máxima en la banda (T_{max}) de la siguiente manera:

Para la tensión del tramo lento del contra tambor se utiliza T_3 de la siguiente manera:

$$T_3 = T_2 + FR_1 + \dots + FR_n, \text{ donde:}$$

FR : Esfuerzo tangencial para mover la banda en cada uno de los tramos de retorno, la cual se obtiene:

$$FR = L \cdot Cq \cdot Ct \cdot fqb + qRU + qG + Hx0,981 \text{ [daN]}$$

$$F_R = [23 \cdot 3,15 \cdot 1 \cdot 0,025(4,15 + 1,2) + (18,58 + 7,11)]x0,981 \text{ [daN]}$$

$$F_R = 42,1 \text{ daN}$$

$$T_3 = 205,5 \text{ daN}$$

Para Tensión Mínima requerida o tensión en la cola del tambor (T_0):

Esta tensión debe considerar que la flecha de deflexión en la banda sea inferior a 2 % entre dos estaciones consecutivas, para evitar que el material se rebase o que se produzca un exceso de resistencias pasivas al pasar el material sobre las estaciones. Para ello se simplifica la teoría catenaria usando factores tabulados donde para 2 % se utiliza 6.25 como coeficiente, o bien 8.4 y 12,5 para flechas de 1,5 % y 1 % respectivamente. Donde a_0 es el paso de las estaciones superiores.

$$T_0 = 6,25 (q_b + q_G) \cdot a_0 \cdot 0,981$$

$$T_0 = 6,25 (4,15 + 18,58) \cdot 1 \cdot 0,981 = 139,0 \text{ daN} = 1,39 \text{ KN}$$

Para la tensión del dispositivo de tensión (T_g) en este caso como la banda es menor a 30m entre los tambores se puede utilizar un dispositivo simple de tornillo de tensado, que se regula manualmente y se ajusta periódicamente, en este caso solo es necesario calcular la carrera mínima, la cual se obtiene en función del tipo de banda, que como se mencionó anteriormente se trata de una banda reforzada con productos textiles, requiriendo una carrera

mínima de 2 % de la distancia entre los ejes de los tambores. Para este caso corresponde a 25 cm para la banda más larga.

La tensión máxima (T_{max}) normalmente coincide con la T_1 , puesto que trata del mayor esfuerzo al que es sometido la banda, criterio acertado en este diseño.

Cargas de trabajo y rotura de la banda:

Se utiliza la tensión máxima para calcular la tensión unitaria máxima y con ello obtener la carga de rotura de la banda para comprobar si la banda elegida soporta los esfuerzos obtenidos mediante la siguiente fórmula:

$$T_{Umax} = \frac{T_{max}}{N}$$

Donde N es el ancho de la banda en mm.

$$T_{Umax} = \frac{3676 N}{400 mm} = 9,2 \frac{N}{mm}$$

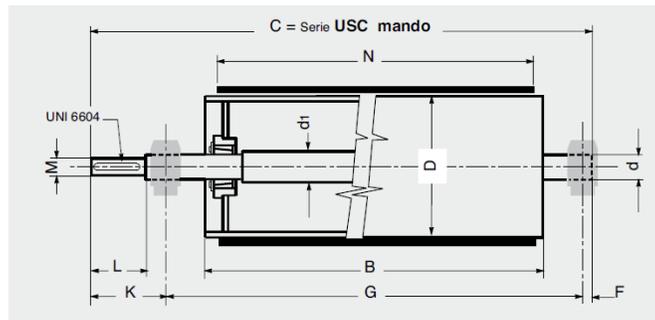
Un criterio de seguridad es que este valor obtenido de carga será 1/10 como máximo de la carga de rotura de la banda según el fabricante, en este caso la banda es de 315N/mm por lo que una décima parte trata de 31,5N/mm > 9,2N/mm.

Mecanismo que produce el movimiento:

Con los datos de la potencia motriz y esfuerzos se puede dimensionar el motor, reductor, tambores entre otro, cabe mencionar que por norma para bandas transportadoras con potencia motriz menor que 132 kW se utiliza un motor eléctrico con reductor, tambor y accesorio, o bien un moto tambor.

Dimensionamiento de Tambores:

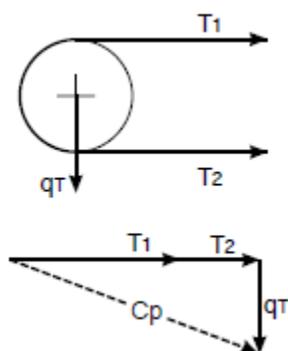
Estos tambores se eligen en función de la banda y la carga de rotura de esta por lo para este diseño se recomienda un tambor de 315mm, un contratambor de 250mm y un desviador de 200mm, para la banda reforzada con productos textiles, y una carga de rotura de 315N/mm. Con estas dimensiones el peso del tambor según catálogo ronda los 52 kg por lo que el peso se calcula en 0,51 kN y presenta una distancia a_g de 130mm.



Banda ancho N mm	Tambor tipo	D mm	B	d	C	d1	M m6	L	K	F	G	Peso Kg
400	USC	190	500	40	830	45	38	80	145	25	660	34
		270	500	40	830	45	38	80	145	25	660	46
		320	500	40	830	45	38	80	145	25	660	52

Para el eje del tambor es fundamental conocer las flexiones a fatiga y torsión, este análisis se realiza contemplando le resultante de las tensiones. El momento torsor, momento de flexión ideal y el módulo de resistencia de la siguiente manera:

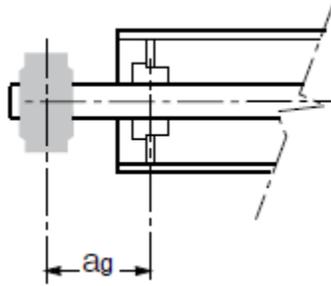
Resultante de la tensión (C_p):



$$C_p = \sqrt{(T_1 + T_2)^2 + q_T^2}$$

$$C_p = \sqrt{(3,258 + 1,448)^2 + 0,51^2} = 4,734 \text{ kN}$$

Momento Flector (Mf):



$$Mf = \frac{Cp}{2} \times a_g$$

$$Mf = \frac{4,734}{2} \times 0,13 = 0,308 \text{ kNm}$$

Momento Torsor (Mt):

$$n = \frac{v \times 1000 \times 60}{D \times \pi} = \frac{1,5 \times 1000 \times 60}{320 \times \pi} = 89,52 \text{ rpm}$$

$$Mt = \frac{P}{n} \times 954,9 = \frac{5,6}{89,52} \times 954,9 = 59,73 \text{ daNm} = 0,59 \text{ kNm}$$

Momento Resultante (Mr):

$$Mr = \sqrt{Mf^2 + 0,75 \cdot Mt^2}$$

$$Mr = \sqrt{0,308^2 + 0,75 \cdot 0,59^2} = 0,597 \text{ kNm}$$

Módulo de Resistencia (W) expresada en mm³:

$$W = \frac{1000 \cdot Mr}{\sigma_{adm.}} = \frac{\pi}{32} \times d^3$$

$$W = \frac{1000 \cdot 59,73}{4,4} = 13575 \text{ mm}^3$$

Donde se utiliza un hierro normalizado FE 37 con un valor de esfuerzo admisible de 4,4 daN/mm².

Diámetro del Eje (D) expresada en mm:

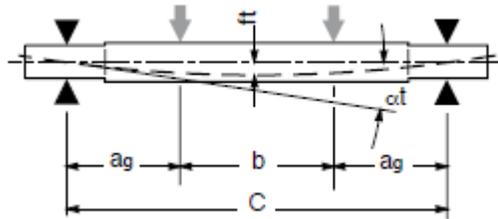
$$d = \sqrt[3]{\frac{W \times 32}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{13575 \cdot 32}{\pi}} = 51,71 \text{ mm}$$

Por lo que el eje debe ser de 57,15 mm, es decir, 2 ¼ pulgadas.

Comprobación de los diámetros mediante la pendiente (αt) y deflexión (ft) del eje del tambor:

Se debe cumplir el criterio según el fabricante:

$$ft_{max} \leq \frac{C}{3000} \text{ y } \alpha t \leq \frac{1}{1000}$$



Deflexión del eje:

$$ft = \frac{(Cp \cdot 2)a_g}{24 \cdot E \cdot J} [3(b + 2a_g)^2 - 4a_g^2]$$

$$ft = \frac{(4,734 \cdot 100 \cdot 2) \cdot 130}{24 \cdot 20600 \cdot 523777} [3(500 + 2 \cdot 130)^2 - 4 \cdot 130^2] = 0,79 \text{ mm}$$

El criterio permite una deflexión máxima de 0,22mm en el eje y no se cumple este ya que $0,79\text{mm} > 0,22\text{mm}$ se recalcula con un eje de 2 ½ pulgadas (63,5mm).

$$ft = \frac{(4,734 \cdot 100 \cdot 2) \cdot 130}{24 \cdot 20600 \cdot 798319} [3(500 + 2 \cdot 130)^2 - 4 \cdot 130^2] = 0,011 \text{ mm}$$

Cumpliendo el criterio establecido por lo tanto se utiliza el diámetro de eje de 2 ½ pulgadas (63,5mm) para el eje.

Pendiente del eje:

$$\alpha t = \frac{(Cp \cdot 2)}{2 \cdot E \cdot J} a_g (C - a_g)$$

$$\alpha t = \frac{(4,734 \cdot 100 \cdot 2)}{2 \cdot 20600 \cdot 798319} (130)(660 - 130) = 0,0001$$

Donde el módulo de elasticidad del acero es 20600 daN/mm^2 y el momento de inercia para un eje de manera simplificada es $0,0491D^4$ en mm^4 .

Todas estas fórmulas se repiten para el contra tambor, tambores de retorno y desviadores, con la excepción de los tambores desviadores que se realiza conforme sea su configuración puesto que la banda genera una tensión con distinta ubicación cambiando la resultante de la fuerza.

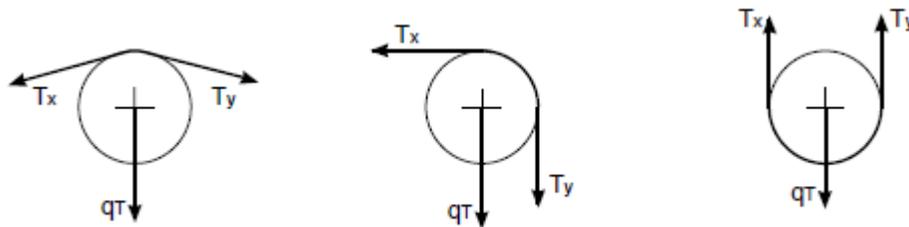


Figura. _: Configuraciones de tambores desviadores Fuente: Rulmeca

Selección de Rodillos:

Puesto que los rodillos tienen influencia en la tensión de la banda y por consiguiente en la potencia requerida para el funcionamiento del equipo es de vital importancia su consideración, asimismo estos elementos deben cumplir con algunas especificaciones según la industria, en este caso se encuentran expuestos a acidez producto del agua utilizada así como exceso de polvo, por lo que es indispensable que los rodillos sean sellados, de preferencia engrasables, con alta resistencia al desgaste e impacto.

El diámetro del rodillo se elige mediante el ancho de banda, y la velocidad de esta, sabiendo que entre mayor es el diámetro del rodillo mayor inercia presenta al arranque, pero significa también menos revoluciones por minuto, menor desgaste de los rodamientos y del cuerpo del rodillo, asimismo se disminuya la abrasión entre estos y la banda.

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

Con la información tabulada anteriormente se obtiene un diámetro de rodillos de 89mm.

La elección basa en la velocidad y el ancho de banda, que posteriormente se hace la relación con la carga y la corrección mediante factores. La velocidad se obtiene el número de revoluciones por minuto, mediante la siguiente formula que a su vez se encuentra tabulado estos resultados para los diferentes rodillos estandarizados.

$$nr = \frac{v \times 1000 \times 60}{D \times \pi} = \frac{1,5 \times 1000 \times 60}{89 \times \pi} = 322 \text{ rpm}$$

Rodillo diámetro mm	Velocidad de la banda m/s	Revoluciones/ min n
50	1.5	573
63	2.0	606
76	2.5	628
89	3.0	644
102	3.5	655
108	4.0	707
133	5.0	718
159	6.0	720
194	7.0	689

Mediante el método de carga se utilizan factores más precisos por los factores correctores que se adaptan directamente a la industria, y será este método el utilizado para el diseño de este proyecto:

Fp	Factor de participación del rodillo sometida a mayor esfuerzo, el cual depende del ángulo del rodillo	0,67 para un ángulo de rodillos de 35°
Fd	Factor de choque en función del tamaño del material	1 puesto que el material se encuentra entre 0 y 100mm y la banda posee una velocidad menor de 2.
Fs	Factor de servicio	1 para un servicio de 6 a 9 horas diarias.
Fm	Factor ambiental	1,1 en condiciones con material abrasivo y corrosivo
Fv	Factor de velocidad	0,92 para rodillos de 89mm y 1,5 m/s

Además, se realiza con un coeficiente de duración teórica de los rodamientos de 30.000 horas base.

Determinación de la Carga:

Carga Estática en estaciones de ida:

$$Ca = 0,981 \cdot 1 \cdot \left(6,6 + \frac{80}{3,6 \cdot 1,5} \right) = 21daN$$

Corrección de la Carga: $Ca_1 = Ca \cdot Fa \cdot Fs \cdot Fm$

Carga sobre el rodillo: $ca = Ca_1 \cdot Fp$

Carga sobre estaciones de retorno: $Cr = 0,981 \cdot a_u \cdot q_b$

Carga dinámica en estación de retorno: $Cr_1 = Cr \cdot Fs \cdot Fm \cdot Fv$

Carga sobre la estación de retorno: $cr = Cr_1 \cdot Fp$

Y con estos valores establecidos se busca en catálogos de fabricante aquellos que cumplan con estas características más adelante en la selección de componentes.

Rodillos de impacto:

Altura correcta de caída (Hc) $Hc = Hf + Hv \cdot \text{sen}^2\gamma$

Puesto que para estas bandas el material es uniforme la fuerza de impacto se calcula con la altura anteriormente calculada:

$$pi = lv \frac{\sqrt{Hc}}{8} [Kg]$$

Se utiliza un factor de corrección para obtener la participación real del impacto en el rodillo, donde se utiliza la inclinación de la tolva donde se utiliza el factor mayor puesto que supone la condición más crítica con un ángulo de 45° lo que significa una participación de 0.72, valor ya tabulado por la guía utilizada. De igual manera, las constantes elásticas dependen del sistema, ya sea de anillos de goma, acero o guirnalda; así como el material.

Por asunto mismo del mantenimiento de los equipos la política de la planta es la unificación de la mayor cantidad de motores, rodillos y bandas posible lo que hace casi obligatorio utilizar bandas de 24 pulgadas; las cuales corresponden al mínimo ancho instalado en la planta.

Por lo que se recalcula todas las fórmulas solamente presentando un resumen con los resultados,

Factor de Seguridad:

Para definir el factor de seguridad se hace mediante la carga de rotura según el ancho de banda para el ángulo de inclinación entre 30° y 35° , de la siguiente manera:

Cargas de rotura según

Ancho de Banda [mm]	Carga de rotura [N/mm]
400 (16")	315
650 (24")	500

Fuente: Elaboración propia. Catálogos de proveedores.

Cabe mencionar que algunas bandas tienen cargas de rotura superiores dependiendo del tipo de norma y fabricante, pero para efectos de este documento se va a utilizar los valores mínimos:

$$F.S. = \frac{500}{315} = 1,59$$

Posteriormente se calcula nuevamente con las características y dimensiones que permitan la estandarización de la planta y se comprueba con el software Cinta transportadora:

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado	Programa
N: Ancho de banda	mm	400,00	650,00	650,00
CB: Carga rotura Banda	N/mm	315,00	500,00	500,00
vmax: Velocidad máxima permitida en la banda	m/s	2,00	2,00	2,00
v: Velocidad de banda	m/s	1,50	1,50	1,50
qG: Peso del material por metro lineal	kg/m	18,52	18,52	18,52
LV: Capacidad de transporte volumetrico Real de la banda	ton/h	80,00	80,00	100,00
LM: Capacidad de transporte volumetrico Experimental.	m3/h	62,02	62,02	77,52
LVT: Capacidad de transporte volumétrico banda a 1 m/s	m3/h	62,02	62,02	77,52
S: Area de sección del material transportado	m2	0,017	0,017	0,022
K: Factor de inclinación		0,85	0,85	0,85
K1: Factor de alimentación		0,90	0,90	0,90
Capacidad de transporte teórica	m3/h	74,50	223,50	223,50
LVM: Capacidad de transporte vol. Corregida	m3/h	56,99	170,98	170,98
LMT: Capacidad de transporte vol. Efectiva (Teórica)	m3/h	85,49	256,47	256,47
Criterio de Comprobación ancho $\geq 2,5$ Material		400 \geq 250	650 \geq 250	650 \geq 250

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado	Programa
Ao: Paso de estaciones de ida (Teórico)	m	1,50	1,50	1,50
Au: Paso de estaciones de retorno (Teórico)	m	3,00	3,00	3,00
Ai: Paso de estaciones de impacto (Teórico)	m	0,75	0,75	0,75
Ao 1: Paso de estaciones de ida (Selección)	m	1,00	1,00	1,00
Au 1: Paso de estaciones de retorno (Selección)	m	3,00	3,00	3,00
Ai 1: Paso de estaciones de impacto (Selección)	m	0,50	0,50	0,50
Lt: Distancia de transición		0,75	0,75	0,65
Cq: Coeficiente de resistencias fijas		3,2	3,2	3,2
Ct: Coeficiente de temperatura		1,0	1,0	1,0
f: Coeficiente de rozamiento entre material y partes giratorias		0,025	0,025	0,025
Peso del revestimiento superior de la banda	kg/m2	1,150	1,150	1,150
Peso del nucleo de la banda	kg/m2	3,000	4,600	5,000
qb: Peso de la banda por metro lineal	kg/m2	4,150	5,750	6,150
pprs: Peso de parte giratorias superiores	kg	5,1	16,0	16,0
ppri: Peso de parte giratorias inferiores	kg	3,7	11,4	11,4
qRU: peso de las partes giratorias inferiores	Kg/m	1,2	3,8	4,5
qRO: Peso de las partes giratorias superiores.	Kg/m	5,1	16,0	19,0
Peso total de partes móviles	Kg/m	17,1	33,2	31,3
H: Desnivel de la banda	m	8	8	8,0
Fu: Esfuerzo tangencial total	daN	204,2	233,9	151,7
Fr: Esfuerzo tangencial en tramos de retorno	daN	42,1	62,1	46,6

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado	Programa
Cw: Factor de abrazamiento		0,8	0,8	0,8
T1: Tensión del lado Tenso	daN	367,6	420,9	580,1
T2: Tensión del lado lento	daN	163,4	187,1	114,1
T3: Tensión de los tambores	daN	205,5	249,2	160,7
Porcentaje de deflexión	%	2,0	2,0	2,0
factor de Flecha máxima de deflexión		6,3	6,3	6,3
T0: Tension mínima en el tambor	daN	139,0	148,8	151,2
Tmax: Tensión Máxima	daN	367,6	420,9	580,1
Tumax: Tensión Unitaria Máxima	N/mm	9,2	6,5	9,0
CRITERIO de Comprobación 1/10 de carga banda > Tumax		31,5>9,2	65>6,5	65>9,0
Diametro Tambor	mm	320,0	650,0	700,0
Diametro contratambor	mm	250,0	500,0	700,0
diametro del tambor desviador	mm	200,0	400,0	315,0
Masa del Tambor	kg	52,0	194,0	194,0
Masa del contratambor	kg	45,0	144,0	144,0
Masa del tambor desviador	kg	36,0	81,0	81,0
qT: Peso del tambor	daN	51,0	190,3	190,3
qTC: peso del contratambor	daN	44,1	141,3	141,3
qTD: peso del tambor desviador	daN	35,3	79,5	79,5
G: Distancia entre soportes	mm	660,0	930,0	930,0
C: Distancia total del Tambor	mm	830,0	1190,0	1190,0
Ag: Distancia entre el soporte del tambor al borde de la banda	mm	130,0	140,0	140,0
B: largo del tambor	mm	500,0	750,0	750,0
η: rendimiento del Reductor		0,9	0,9	0,9
P: Potencia motriz requerida	kW	3,56	4,08	6,99

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado	Programa
Hp teórico	Hp	5,00	10,00	7,50
Kw según el Hp	kW	3,70	7,46	5,60
n: Número de revoluciones	rpm	89,5	44,1	41,0
Cp: tensión Resultante	daN	533,5	637,1	719,8
Selección del material del eje		Hierro Normalizado	Hierro Normalizado	Hierro Normalizado
Mf: Momento Flector	daNm	34,7	44,6	50,4
Mt: Momento torsor	daNm	39,5	161,6	130,4
Mr: Momento Resultante	daNm	48,7	146,9	123,7
σadm: Esfuerzo admisible del material anterior	daN/mm ²	4,4	4,4	4,4
W: Modulo de resistencia	mm ³	11065,4	33388,0	28109,3
D: Diametro del eje requerido	mm	48,3	69,8	65,9
Diámetro del eje seleccionado	mm	50,8	69,9	71,0
E: Modulo de elasticidad del material	daN/mm ²	20600,0	20600,0	20600,0
J: Momento de inercia	mm ⁴	326991,4	1168818,7	1247713,5
ft: Deflexión Máxima	mm	0,4	0,2395785	0,2535648
Criterio c/3000	mm	0,3	0,4	0,4
Reseleccion del diametro	mm	57,2		
Nuevo Momento de inercia	mm ⁴	523777,0		
Recalculo de Deflexión Máxima	mm	0,22		
αt: Pendiente del eje	grados	0,001	0,00097	0,00103

Factor	Unidades	Diseño Inicial	Diseño seleccionado	Programa
Diámetro de lo rodillos	mm	89,0	108,0	108,0
nr: Revoluciones por minuto de rodillos	rpm	321,9	265,3	265,3
Fp: Factor de participación del rodillo		0,67	0,67	0,67
Fd: Factor de choque en función del material		1	1	1
Fs: Factor de servicio		1	1	1
Fm: Factor Ambiental		1,1	1,1	1,1
Fv: Factor de Velocidad		0,92	0,92	0,92
Duración teórica de diseño de los rodamientos		30000	30000	30000
Coefficiente de duración teórica de los rodamientos		1	1	1
Ca: Carga estática en estaciones de ida	daN	18,60	20,17	24,20
Ca1: Carga dinámica en estaciones de ida Corregida	daN	20,46	22,19	26,62
ca: carga sobre el rodillo central	daN	13,71	14,87	17,84
Cr: Carga estatica sobre rodillo retorno	daN	12,21	16,92	18,10
Cr1: Carga dinamica sobre rodillo retorno	daN	12,36	17,13	18,32
cr: Carga sobre rodillo de retorno	daN	8,28	11,47	12,27
Hv: Altura de caída del material de equipo a tolva	m	0,8	0,8	0,8
Hf: Altura de caída del material de tolva- banda	m	1,1	1,1	1,1
Y: Angulo de la tolva respecto a la banda	grados	45	45	45
Hc: Altura correcta de caída de material al rodillo de impacto	m	1,48	1,48	1,48
pi: Fuerza de impacto del material al rodillo de impacto	kg	12,14	12,14	15,18
Fpi: Factor de participación del rodillo de impacto central		0,72	0,72	0,72
pic: Fuerza en el rodillo de impacto central	kg	8,7	8,7	10,9

Las bandas deberían utilizar un motor de 7,5HP para la configuración requerida, pero se utiliza 10 HP para el mantener la estandarización de la empresa, además se tiene una variación del diseño respecto al programa de 5.5% lo que comprueba el cálculo puesto que la desviación no representa ningún problema de diseño.

DISEÑOS PARA EL SISTEMA DE CRIBADO

Clasificación de materiales

En la planta se realizan muchos procesos de clasificación de materiales como precibado realizado previo a la trituración, un proceso de calibrado mediante mallas que separa tamaños mayores a 100mm y cribado par dimensiones de 1,5-100mm y un proceso de agotado para eliminar exceso de líquido en el proceso y aprovechar el material. Se considera como un cribado normal de 2 a 2,5. puesto que se encuentra fuera del alcance del proyecto solo se

Las dimensiones críticas son entre m y m/2. Y la eficiencia de cribado se considera buena cuando se encuentra entre 90-95 %. En el 30 % inicial de la longitud se criba el 75 % del material, el restante 25 % en el resto de la longitud; entre mayor alimentación menor será la eficiencia. Tiene un área de cribado de 9,1m² y 3 paños. Por lo que se calcula

Cálculo de superficie

Este cálculo se puede realizar mediante 2 formas, utilizando la alimentación total o la capacidad de paso, y posteriormente se corrige para factores como tipo de apertura, posición del paño forma del material, eficiencia de cribado, porcentaje de desclasificados e gruesos, humedad de material, cribado seco o húmedo, tipo de criba.

Proceso de trituración:

El molino de impacto instalado en la planta conocido como impactor corresponde a un APS 40x54 de 4 mazos con capacidad de 150-250 t/h con velocidades del rotor entre 500rpm para la baja y 750rpm para alta, la entrada de alimentación es de 31x54” con capacidad de

triturara tamaños de hasta 24" utiliza un motor de 250HP con variador de frecuencia, lo que permite obtener las velocidades y frecuencias mostradas a continuación:

Frecuencia (Hz)	Revoluciones (rpm)
48	525
50	547
52	568
60	656
63	700
68	750

Estructuras y Cargas para losas

CARGA #2, #4 y #5 : Bandas

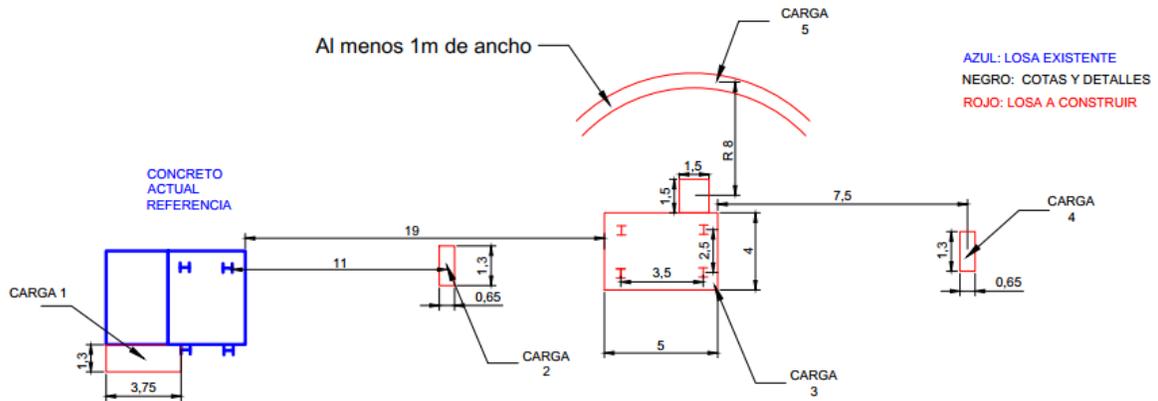
Descripción	Masa [kg]	Peso kN
Partes móviles (33,2Kg/m)	730,4	7,2
Estructura	1800	17,7
Material (18,52 kg/m)	407,5	4
Personas	500	4,9
Pasarelas	2250	22,1
Total	5688	55,8
Total Con FS (1,5)	6813	66,8KN

Estas estructuras corresponden a las bandas transportadoras, las cuales se encuentran apoyadas en 2 y 3 punto según la configuración, (al inicio; en la losa actual, en la losa de la carga 2 aproximadamente al centro y en la estructura ubicada en la losa de la carga #3)

CARGA #3: Criba

Descripción	Masa [kg]	Peso kN
Criba	12200	119,7
Mallas	1800	17,7
Motores	150	1,5
Material	17600	172,7
Personas	500	4,9
Pasarelas	2250	22,1
Total	34500	338,6
Total Con FS (2)	69000	676,9

No se cuenta con losa previa por lo que se requiere el armado estructural para las cargas estáticas anterior, además las medidas propuestas son aproximadas, hay que corroborar una vez que el equipo llegue a la planta.



**VISTA DE PLANTA:
UBICACIÓN DE LAS LOSAS DE CONCRETO**

NOTA: LAS MEDIDAS SON APROXIMADAS, PUESTO QUE SE REQUIERE CORROBORAR LA ESTRUCTURA DE LA CRIBA.

10.2. Planificación y Coordinación de la Instalación.

Primeramente, se documentan los recursos disponibles especialmente en cuanto a mano de obra y sus labores para conocer cómo manejar los horarios y las tareas a asignar para la ampliación y así programar un cronograma.

Tabla: Recursos humanos disponibles para la ampliación.

Personal	Puesto	Funciones
Henry Ureña	Gerente de Operaciones	- Encargado de supervisión y toma de decisiones.
Víctor Berrocal	Jefe de Planta	- Coordinación de laborales entre departamentos. - Supervisión del área de extracción. - Labores eléctricas
Walter Berrocal	Técnico de Proveeduría	- Encargado de compras - Seguimiento de ordenes - Inventarios y activos

Helmer Portuguéz Rigoberto Rojas	Soldadores	<ul style="list-style-type: none"> - Soldadura y Corte para elaboración de elemento mecánicos para la planta. - Mantenimiento y reparación de máquinas y equipos.
Randall Valverde	Chofer	<ul style="list-style-type: none"> - Traslado de materiales y equipos.
Vinicio Bonilla	Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Reparación y mantenimiento de máquinas y equipos.
Mónica Gómez	Asistente de Gerencia Financiera	<ul style="list-style-type: none"> - Cuentas por pagar - Planillas - Registros contables

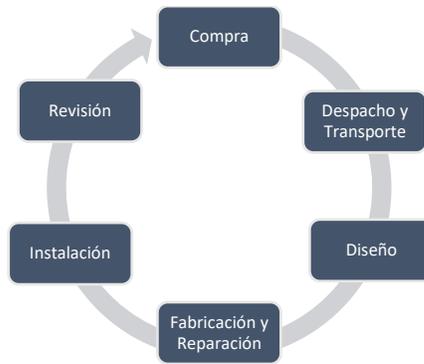
Fuente: Elaboración propia. Personal del Quebrador Ochomogo.

Se realiza una reunión con Víctor Berrocal y Henry Ureña para conocer los trabajos pendientes en la planta y así obtener la disponibilidad del personal; posteriormente se realiza un mapeo de las macro actividades y finalmente se dividen en tareas pequeñas, donde con ayuda de Microsoft Project se compilan y se asignan los recursos.

Para esta planificación se realizan las siguientes macro actividades:

- Cribas: que incluye traslado, reparación e instalación.
- Hidrociclón: Reparación, diseño e instalación.
- Bandas transportadoras: Diseño, Losa, fabricación e instalación.

Todas con un proceso de 6 pasos, que contempla plazos de compra, pagos, despacho, diseño, fabricación y reparación, instalación y revisión; y considerando que algunas se encuentran en etapas avanzadas, pero que se debe coordinar con detenimiento puesto que se pueden realizar tareas simultaneas.



Criba	Hidrociclón	Bandas Transportadoras
<ul style="list-style-type: none"> •Traslado de las criba. •Compra de Materiales y elementos •Fabricar losa de concreto •Reparación total •Análisis de funcionamiento. •Diseño y fabricación de las bases. •Instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reparación y recubrimiento de piezas • Compra de materiales • Fabricación de bases • Instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de las bandas • Selección y compra de materiales • Fabricación de losa • Fabricación de estructuras. • Instalación.

Macro actividades a realizar para cada uno de los sistemas del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Sub fases de proyecto de ampliación de la planta

Nombre de tarea	Duración	Comienzo
PROYECTO: AMPLIACIÓN	180,35 días	lun 22/2/21
Realizar el diseño y memoria de cálculos de los equipos a implementar (Obra Gris, Estructural/Mecánica, Eléctrica)	35 días	lun 22/2/21
Selección de materiales y Equipos	2,45 días	jue 8/4/21
Análisis Económico	12,43 días	lun 12/4/21
Presentar la propuesta de diseño	0,5 días	mar 27/4/21
Incluir las mejoras o recomendaciones	29,86 días	mié 28/4/21
Coordinación de la Instalación	12,2 días	mié 5/5/21
Instalación del sistema	77,3 días	jue 20/5/21
Puesta en marcha	11,75 días	jue 2/9/21

Plan de mantenimiento	8,7 días	mar 21/9/21
Cierre del Proyecto	10,1 días	mié 29/9/21

La distribución de tareas se trabaja según los horarios y disponibilidad del personal, además la primera esta para de diseño hasta las mejorar y recomendaciones se realiza durante la práctica profesional y queda a disposición de la empresa ejecutar la siguiente parte del cronograma; el cual se desarrolló como si se tuviera el visto bueno para arranque y el dinero necesario para la compra de materiales y equipos.

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1		PROYECTO: AMPLIACIÓN	180,35 días	lun 22/2/21	mar 12/10/21		
2		Realizar el diseño y memoria de cálculos de los equipos a implementar (Obra Gris, Estructural/Mecánica, Eléctrica)	35 días	lun 22/2/21	jue 8/4/21		
3		Obra Gris	4 días	lun 22/2/21	sáb 27/2/21		Diana [85%]
4		Diseño Estructural y Mecánico	15 días	sáb 27/2/21	mar 23/3/21	3	Diana [40%]
5		Diseño Eléctrico	5 días	mar 23/3/21	mié 31/3/21	4	Diana [85%]
6		Diseño Hidráulico	4 días	mié 31/3/21	jue 8/4/21	5	Diana [85%]
7		Selección de materiales y Equipos	2,45 días	jue 8/4/21	lun 12/4/21	2	
8		Seleccionar los materiales, equipos y cantidades necesarias para el diseño realizado	2 días	jue 8/4/21	lun 12/4/21		Diana [85%]
9		Análisis Económico	12,43 días	lun 12/4/21	mar 27/4/21		
10		Solicitar cotizaciones de los materiales y equipos faltantes	8 días	lun 12/4/21	jue 22/4/21	8	Walter[25%];Diana [85%]
11		Realizar un análisis económicos con indicadores financieros	3 días	jue 22/4/21	mar 27/4/21	10	Diana [85%]
12		Presentar la propuesta de diseño	0,5 días	mar 27/4/21	mié 28/4/21		
13		Presentar a Don Henry, Don Víctor y Don Jorge los resultados obtenidos en los puntos anteriores y el diseño propuesto	3,25 horas	mar 27/4/21	mié 28/4/21	11	Diana [85%];Don Jorge [10%];Henry
14		Incluir las mejoras o recomendaciones	29,86 días	mié 28/4/21	sáb 5/6/21		
15		Recalcular el diseño anteriores con las mejoras y observaciones obtenidas por la administración.	4 días	mié 28/4/21	mié 5/5/21	13	Diana [85%]
16		Mejora y reparación de equipos para Ampliación	25,01 días	mié 5/5/21	sáb 5/6/21		
17		Listar los equipos disponibles . (No instalados que se encuentren en bodega)	5 días	mié 5/5/21	jue 13/5/21	15	Diana [85%]
18		Enviar a reparar equipo almacenado dañado	19,68 días	jue 13/5/21	sáb 5/6/21	17	Diana [85%];Henry [10%];

Esta siguiente figura muestra las tareas para la segunda etapa de instalación:

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
19		Coordinación de la Instalación	12,2 días	mié 5/5/21	jue 20/5/21	11	
20		Contactar con Enrique y Enviar planos para asesoría sobre fundaciones y cimientos	6 días	vie 7/5/21	mar 18/5/21	23	Enrique (Concreto)
21		Contactar a varios proveedores para cimientos	2 días	mar 18/5/21	jue 20/5/21	20	
22		Coordinar los trabajos del taller para conocer el tiempo disponible para la reparación y fabricación de los soportes	2 días	mié 5/5/21	vie 7/5/21	15	Cuco [25%];Diana [85%];Victor[15%]
23		Coordinación de presupuestos y compras con Henry, Walter y Mónica.	3,5 horas	vie 7/5/21	vie 7/5/21	15;22	Diana [85%];Henry [10%];Monica
24		Coordinar con proveedores la compra y entrega de los equipos.	2 días	vie 7/5/21	mar 11/5/21	23	Walter[25%]
25		Coordinar con el encargado de electricidad para la instalación eléctrica, materiales, presupuesto e inclusión de los equipos en el sistema de mando	1,18 días	mié 5/5/21	jue 6/5/21	15	Diana [85%];Electricista
26		Coordinación de la fecha de instalación para tener la maquinaria de elevación necesaria	1 hora	vie 7/5/21	vie 7/5/21	23;22	Diana [85%];Don Jorge [10%];Henry
27		Coordinar o contratar con concretera para fijar la fecha y hora de la entrega del concreto	1 hora	mar 18/5/21	mar 18/5/21	20	Diana [85%];Henry [10%]
28		Instalación del sistema	77,3 días	jue 20/5/21	vie 27/8/21	19	
29		Obra Gris	23,8 días	jue 20/5/21	vie 18/6/21	21	
30		Entrega de Materiales	3 días	jue 20/5/21	lun 24/5/21	23	Walter[25%]
31		Preparación del armado para zapatas - Varillaje y cimientos.	5 días	jue 20/5/21	mié 26/5/21	19	Cuco [25%];Guito [25%]
32		Preparación del espacio donde se va a instalar el equipo. - Limpieza	3 días	mié 26/5/21	lun 31/5/21	31	Cuco [25%];Guito [25%]
33		Abrir el espacio donde se va a colocar concreto	4 días	lun 31/5/21	vie 4/6/21	32	Cuco [25%];Guito [25%];V
34		Instalación del armado de las zapatas y fundaciones	5 días	vie 4/6/21	jue 10/6/21	33	Cuco [25%];Guito [25%];V
35		Chorrear el cemento	6,5 horas	jue 10/6/21	vie 11/6/21	34	Diana [85%];Enrique (Con
36		Proceso de secado	60 horas	vie 11/6/21	vie 18/6/21	35	
37		Estructural	66,1 días	mié 26/5/21	jue 19/8/21		
38		Bases estructurales para el sistema de Hidrociclón	22 días	mié 26/5/21	mié 23/6/21	31	
39		Pasarelas del Hidrociclón	22 días	mié 23/6/21	mié 21/7/21	38	
40		Fabricar torres de apoyo para conveyor	10,2 días	mié 26/5/21	mié 9/6/21	31	Cuco [25%];Guito [25%];H
41		Fabricación de la estructura soporte de criba y pasarelas	12 días	mié 9/6/21	jue 24/6/21	40	Cuco [25%];Guito [25%];V
42		Fabricación de la estructura soporte banda 4 y pasarelas	12 días	jue 24/6/21	vie 9/7/21	41	Cuco [25%];Guito [25%]
43		Fabricación de la estructura soporte banda 5 y pasarelas	12 días	vie 9/7/21	vie 23/7/21	42	Cuco [25%];Guito [25%]
44		Fabricación de la estructura soporte banda 6 y pasarelas	12 días	vie 23/7/21	mié 11/8/21	43	Cuco [25%];Guito [25%]
45		Instalación de Estructura de conveyor #4 con maquinaria de elevación	2,8 días	vie 9/7/21	mar 13/7/21	42	Cuco [25%];Guito [25%];Diana [85%];Henry
46		Instalación de Estructura de conveyor #5 con maquinaria de elevación	3 días	vie 23/7/21	jue 29/7/21	43	Cuco [25%];Guito [25%];Diana [85%];Henry
47		Instalación de Estructura de conveyor 6	2,4 días	mié 11/8/21	vie 13/8/21	44	Cuco [25%];Guito [25%];H
48		Soldadura, montaje e instalación de general	5 días	vie 13/8/21	jue 19/8/21	47	Cuco [25%];Guito [25%]
49		Mecánico	24 días	jue 20/5/21	sáb 19/6/21		
50		Reparación de Cribas	1 ms	jue 20/5/21	sáb 19/6/21		
51		Instalación de partes	15 días	jue 20/5/21	mar 8/6/21		
52		Instalación Eléctrica	6,2 días	jue 19/8/21	vie 27/8/21		
53		Compra de Materiales necesarios para instalación eléctrica	2 días	vie 20/8/21	mar 24/8/21	23;55	Walter[25%]
54		Instalación eléctrica de Motores	1 día	jue 26/8/21	vie 27/8/21	53FC+2 días	Electricista
55		Cableado General	1 día	jue 19/8/21	vie 20/8/21	48	Electricista
56		Puesta en marcha	11,75 días	jue 2/9/21	sáb 18/9/21		
57		Inspección General y afinación de detalles de instalación	1,25 días	jue 2/9/21	sáb 4/9/21	28FC+5 días	Diana [85%];Don Jorge [1
58		Inclusion de Bandas al sistema automatizado de arranque y pare	5 días	lun 6/9/21	mar 14/9/21	57	Electricista
59		Pruebas de funcionamiento	1,3 días	mar 14/9/21	mié 15/9/21	58	Diana [85%];Don Jorge [1
60		Toma Información eléctrica in situ	2 días	mié 15/9/21	sáb 18/9/21	59	Diana [85%]
61		Plan de mantenimiento	8,7 días	mar 21/9/21	vie 1/10/21		
62		Realización el plan de mantenimiento	5 días	mar 21/9/21	mié 29/9/21	56FC+2 días	Diana [85%]
63		Capacitación / Uso, riesgos, características del equipo y mantenimiento realizado por los usuarios	2 días	mié 29/9/21	vie 1/10/21	62	Diana [85%]
64		Cierre del Proyecto	10,1 días	mié 29/9/21	mar 12/10/21		
65		Realización de documentos de entrega	6 días	vie 1/10/21	mar 12/10/21	61	Diana [85%]
66		Entrega de documentación del equipo instalado (Planos, Plan de mantenimiento, información de motores y bombas y memoria de cálculos)	1,38 días	mié 29/9/21	jue 30/9/21	62	Diana [85%];Don Jorge [10%];Henry [10%];Victor[15%]

Costos

Etapa	Descripción	Costo Total
1	Hidrociclón	\$58.065,23
2	Cribas	\$99.721,58
3	Bandas transportadoras	\$73.975,06
Total		\$231.761,87

11. ANEXO -

11.1. Tabulación de parámetros para el diseño de Bandas.

Tabla 3-2 Manual CEMA para diseño de Conveyors. Clasificación de Materiales.

	Características del material	Código
Tamaño	Muy fino: hasta la malla 100	A
	Fino: hasta 1/8"	B
	Granular: hasta 1/2"	C
	En trozos: de más de 1/2"	D
	Irregular: fibrosos, que se pueden atorar, enredado	E
Fluidez, Angulo de Reposo	Fluidez muy buena – Angulo de reposo menor a 19°	1
	Fluidez buena: Angulo de reposo entre 20 a 29°	2
	Fluidez promedio - Angulo de reposo entre 30 a 39°	3
	- Angulo de reposo entre 40° a más.	4
Abrasividad:	No abrasivo	5
	Abrasivo	6
	Muy abrasivo	7
	Muy afilado: corta o deshace la cubierta de la faja	8
Características Variadas (a veces mas de una propiedad puede aplicarse)	Muy polvoriento	L
	Aireado o que desarrolla propiedades de fluido	M
	Contiene polvo explosivo	N
	Contaminable, afecta su uso o venta	P
	Degradable, afecta su uso o venta	Q
		R
	Altamente Corrosivo	S
	Medio Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Que se atora	V
	Presenta aceites o químicos que pueden afectar productos de caucho	W
	Empacado bajo presión	X
	Muy liviano y , puede dispersarse con el viento	Y
Temperatura elevada.	Z	
Por ejemplo: Un material muy fino, de buena fluidez, abrasivo, y que contiene polvo explosivo, tendrá una designación: Clase A26N		

Figura 4.1 del Manual CEMA que relaciona el ancho de la banda con el tamaño, proporción y ángulos de sobrecarga del material.

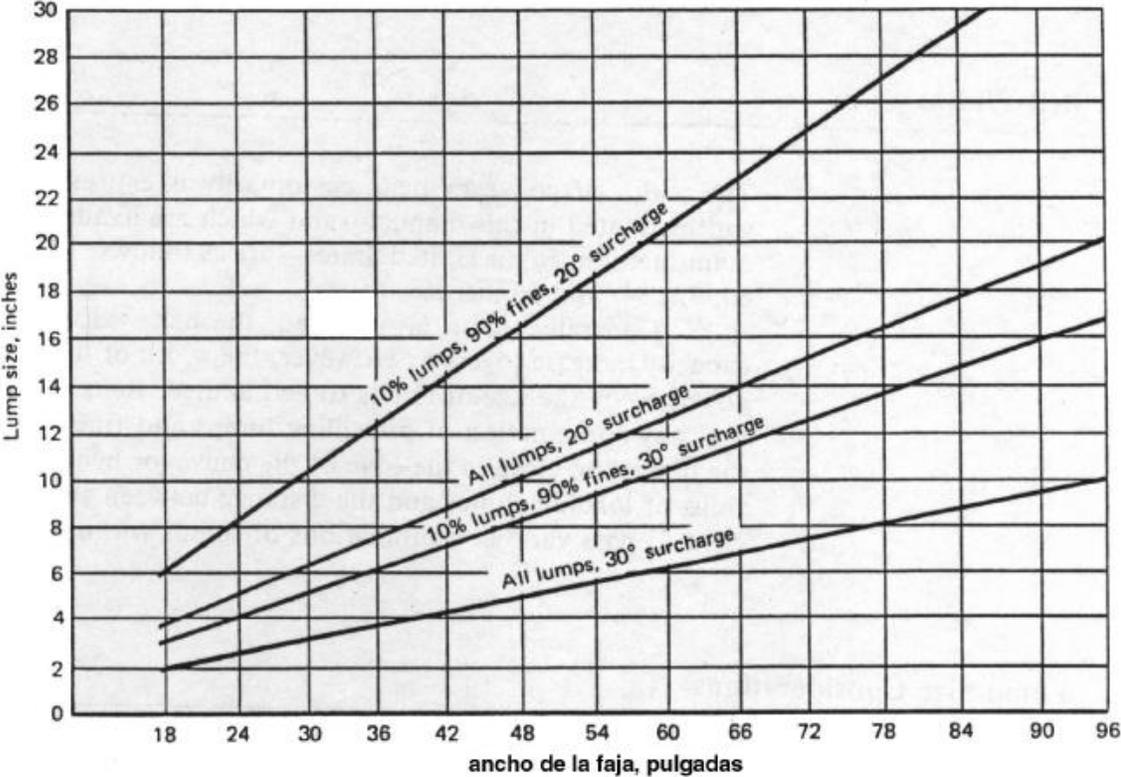


Tabla 4-1
Las Velocidades de Cinturón de Máximo recomendadas

Material que se transporta	Velocidad de la faja (ppm)	Ancho de la faja (pulgadas)
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Hulla, arcilla húmeda, mineral suave, capas de desperdicio, piedra chancada fina. □	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Mineral pesado, duro, de bordes afilados, piedra chancada de cuarzo.	350	18
	500	24-36
	600	mayor de 36
Arena de Fundición, preparada o húmeda; arena molida con pequeños núcleos, con o sin pequeñas piezas de fundición (no tan calientes como para dañar la faja)	350	Cualquier ancho
Arena de fundición preparada y materiales húmedos similares (o secos, abrasivos) descargados de la faja por desviadores de bordes de caucho.	200	Cualquier ancho
Materiales no abrasivos descargados de la faja por medio de desviadores.	200, salvo pulpa de madera dónde 300 a 400 son preferibles	Cualquier ancho
Fajas Alimentadoras, planas o acanaladas para alimentar materiales finos, no abrasivos o medianamente abrasivos, de tolvas y recipientes.	50 a 100	Cualquier ancho

Fuente: CEMA

11.2. Tablas de coeficientes Manual Rulmecca.

Tab. 7 - Coeficiente de las resistencias fijas

Distancia entre ejes	
m	Cq
10	4.5
20	3.2
30	2.6
40	2.2
50	2.1
60	2.0
80	1.8
100	1.7
150	1.5
200	1.4
250	1.3
300	1.2
400	1.1
500	1.05
1000	1.03

Tab. 8 - Coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura

Temperatura °C	+ 20°	+ 10°	0	- 10°	- 20°	- 30°
Factor Ct	1	1,01	1,04	1,10	1,16	1,27

Tab. 9 - Coeficiente de rozamiento interior **f del material y de los elementos giratorios**

Cintas transportadoras horizontales, ascendentes o ligeramente descendentes	velocidad m/s					
	1	2	3	4	5	6
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores estándares	0,0160	0,0165	0,0170	0,0180	0,0200	0,0220
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores altos en condiciones de trabajo difíciles	desde 0,023 hasta 0,027					
Elementos giratorios de cintas transportadoras descendentes con motor freno y/o generador	desde 0,012 hasta 0,016					

Tab. 10 - Peso del núcleo de la banda q_{bn}

Carga de rotura de la banda N/mm	Banda reforzada con productos textiles (EP) Kg/m ²	Con elementos metálicos Steel Cord (ST) Kg/m ²
200	2.0	-
250	2.4	-
315	3.0	-
400	3.4	-
500	4.6	5.5
630	5.4	6.0
800	6.6	8.5
1000	7.6	9.5
1250	9.3	10.4
1600	-	13.5
2000	-	14.8
2500	-	18.6
3150	-	23.4

Los pesos del núcleo de la banda reforzadas con productos textiles o metálicos se dan a título indicativo en relación con la clase de resistencia.

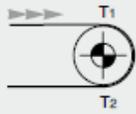
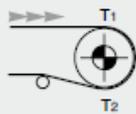
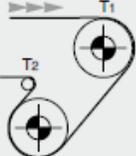
Tab. 11 - Peso de las partes giratorias de los rodillos de las estaciones (sup/inf)

Ancho banda mm	Diámetro rodillos mm									
	89		108		133		159		194	
	Pprs Kg	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500	5.1	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-
650	9.1	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-
800	10.4	7.8	16.0	11.4	-	-	-	-	-	-
1000	11.7	9.1	17.8	13.3	23.5	17.5	-	-	-	-
1200	-	-	20.3	15.7	26.7	20.7	-	-	-	-
1400	-	-	-	-	29.2	23.2	-	-	-	-
1600	-	-	-	-	31.8	25.8	-	-	-	-
1800	-	-	-	-	-	-	47.2	38.7	70.5	55.5
2000	-	-	-	-	-	-	50.8	42.2	75.3	60.1
2200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab.11 - Peso de las partes giratorias de los rodillos de las estaciones (sup/inf)

Ancho banda mm	Diámetro rodillos mm									
	89		108		133		159		194	
	Pprs Kg	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	5.1	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—
650	9.1	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—
800	10.4	7.8	16.0	11.4	—	—	—	—	—	—
1000	11.7	9.1	17.8	13.3	23.5	17.5	—	—	—	—
1200	—	—	20.3	15.7	26.7	20.7	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	29.2	23.2	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	31.8	25.8	—	—	—	—
1800	—	—	—	—	—	—	47.2	38.7	70.5	55.5
2000	—	—	—	—	—	—	50.8	42.2	75.3	60.1
2200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tab. 12 - Factor de abrazamiento Cw

Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento α	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.20	0.80
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Tab. 13 - Diámetros mínimos recomendados de los tambores

Carga de rotura de la banda N/mm	Bandas reforzadas con productos textiles DIN 22102			Bandas reforzadas con elementos metálicos ST DIN 22131		
	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

Diámetros mínimos recomendados para los tambores en mm, hasta el 100% de carga de trabajo máxima recomendada RMBT ISO bis/3654

Tab. 15 - Velocidad máxima y número de revoluciones de los rodillos

Rodillo diámetro mm	Velocidad de la banda m/s	Revoluciones/ min n
50	1.5	573
63	2.0	606
76	2.5	628
89	3.0	644
102	3.5	655
108	4.0	707
133	5.0	718
159	6.0	720
194	7.0	689

Tab. 14 - Valores de σ admisible

Tipo de acero	daN/mm ²
38 NCD	12,2
C 40 Bonificado	7,82
C 40 Normalizado	5,8
Fe 37 Normalizado	4,4

Tab. 16 - Diámetro de los rodillos aconsejado

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

En caso de que se indicaran más diámetros, se elegirá en función del tamaño del material y de la dificultad de las condiciones de empleo.

Tab. 17 - Factor de participación F_p del rodillo sometido a mayor tensión

0°	20°	20°	30°	35°	40°	45°	30° - 45°	60°
1.00	0.50	0.60	0.65	0.67	0.70	0.72	~ 0.55 - 0.60 Rodillo central más pequeño	0.40

Tab. 18 - Factor de servicio

Duración	F_s
Menos de 6 horas al día	0.8
De 6 a 9 horas al día	1.0
De 10 a 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

Tab. 20 - Factor de choque F_d

Tamaño del material	Velocidad de la banda m/s						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 ÷ 300 mm en estrato de material fino	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150 ÷ 300 mm sine estrato de material	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.50
300 ÷ 450 mm	1.20	1.32	1.50	1.70	1.90	2.30	2.80

Tab. 19 - Factor ambiental

Condiciones	F_m
Limpio y con mantenimiento regular	0.9
Con presencia de material abrasivo o muy corrosivo	1.0
Con presencia de material muy abrasivo o corrosivo	1.1

Tab. 21 - Factor de velocidad Fv

Velocidad banda m/s	Diámetro de los rodillos mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.00

Tab. 22 - Coeficiente de duración teórica de los rodamientos

Duración teórica de diseño de los rodamientos	10'000	20'000	30'000	40'000	50'000	100'000
Coefficiente con base 30'000 horas	1.440	1.145	1.000	0.909	0.843	0.670
Coefficiente con base 10'000 horas	1	0.79	0.69	0.63	—	---

11.3. Dimensiones y pesos de Vigas

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO Y CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN

Designación pulg x lb / pie *	AREA DE SECCIÓN A Pulg.2	ALTURA d Pulg	A LA		ESPEROR ALMA Tw pulg	Peso kg/m	EJE X - X			EJE Y - Y		
			ANCHO B pulg	ESPEJOR t pulg			I Pulg4	S Pulg3	r Pulg	I' Pulg4	S' Pulg3	r' Pulg
4 x 13	3.83	4.16	4.060	0.345	0.280	19.35	11.3	5.5	1.72	3.86	1.90	1.00
6 x 9	2.88	5.90	3.940	0.215	0.170	13.39	16.4	5.6	2.47	2.20	1.11	0.905
6 x 12	3.55	6.03	4.000	0.280	0.230	17.86	22.1	7.3	2.49	2.99	1.50	0.918
6 x 15	4.43	5.99	5.990	0.280	0.230	22.32	29.1	9.7	2.56	9.32	3.11	1.46
6 x 16	4.74	6.28	4.030	0.405	0.260	23.81	32.1	10.2	2.6	4.43	2.20	0.967
6 x 20	5.87	6.20	6.020	0.385	0.260	29.76	41.4	13.4	2.66	13.30	4.41	1.50
6 x 25	7.34	6.38	6.080	0.455	0.320	37.20	53.4	16.7	2.7	17.10	5.61	1.52
8 x 10	2.96	7.89	3.940	0.205	0.170	14.88	30.80	7.8	3.22	2.09	1.08	0.841
8 x 15	4.45	8.11	4.015	0.315	0.245	22.32	48.0	11.8	3.29	3.41	1.70	0.876
8 x 18	5.26	8.14	5.250	0.330	0.230	26.79	61.9	15.2	3.43	7.97	3.04	1.23
8 x 21	6.16	8.28	5.270	0.400	0.250	31.25	75.3	18.2	3.49	9.77	3.71	1.26
8 x 24	7.08	7.93	6.495	0.400	0.245	35.72	82.8	20.9	3.42	18.30	5.63	1.61
8 x 28	8.25	8.06	6.535	0.465	0.285	41.67	98.0	24.3	3.45	21.70	6.63	1.62
8 x 31	9.13	8.00	7.995	0.435	0.285	46.13	110.0	27.5	3.47	37.10	9.27	2.02
8 x 35	10.30	8.12	8.020	0.495	0.310	52.09	127.0	31.2	3.51	42.80	10.80	2.03
8 x 40	11.70	8.25	8.070	0.560	0.360	59.53	146.0	35.5	3.53	49.10	12.20	2.04
8 x 48	14.10	8.50	8.110	0.685	0.400	71.43	184.0	43.3	3.61	60.90	15.00	2.08
10 x 17	4.99	10.11	4.010	0.330	0.240	25.30	61.9	16.2	4.05	3.56	1.78	0.845
10 x 19	5.62	10.2	4.02	0.395	0.250	28.3	96.3	18.8	4.14	4.29	2.14	0.87
10 x 22	6.49	10.17	5.750	0.380	0.240	32.74	118.0	23.2	4.27	11.40	3.97	1.33
10 x 26	7.61	10.33	5.770	0.440	0.260	38.69	144.0	27.9	4.35	14.10	4.89	1.36
10 x 30	8.84	10.47	5.810	0.510	0.300	44.64	170.0	32.4	4.38	16.7	5.75	1.37
10 x 33	9.71	9.73	7.960	0.435	0.290	49.11	170.0	35.0	4.19	36.80	9.20	1.94

Fuente: Tradisa Recuperado de

http://ml370.qnet.com.pe/hosting/tradisa/index.php?option=com_content&view=article&id=120
[%3Avigas-h-alas-anchas-wf-standard-americano-vigas&catid=36](#)
[%3Acatalogo&Itemid=58](#)

11.4. Fichas Técnicas.

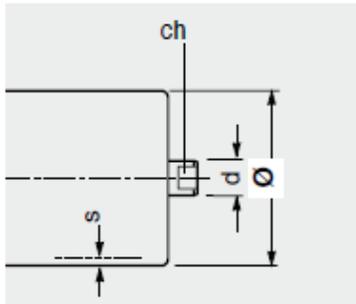
Programa de producción serie PSV

La tabla indica los tipos y los diámetros de los rodillos estándares en producción según la unificación europea mediante norma DIN 15207-ISO 1537.

Bajo pedido se pueden suministrar rodillos con medidas, espesores tubo y diámetros diferentes según normas CEMA, BS, JIS, AFNOR y FEM.



Rodillos certificados de acuerdo a la Norma ATEX/54/5EC.
Grupo Explosivo I, categoría M2 para minas,
Grupo Explosivo II, categoría 2G para gas y 2D para polvo,
Grupo Explosivo II, categoría 3G para gas y 3D para polvo,
(Zonas 1, 2 para gas, Zonas 21, 22 para polvo).

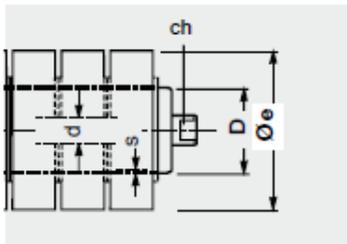


rodillo tipo	Ø mm	ejec. base	s	eje d	ch	rodamiento	notas
PSV 1	63	N	3	20	14	6204	con tubo y eje de acero S235JR (EN 10027-1) ex Fe360 (EN 10025), St37 (DIN 17100)
	89	N	3				
	108	N	3,5				
	133	N	4				
PSV 2	89	N	3	25	18	6205	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV 3	89	N	3	25	18	6305	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV 4	89	N	3	30	22	6206	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV 5	89	N	3	30	22	6306	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV/7-FHD	108	N	4	40	32	6308	
	133	N	4				
	159	N	4,5				
	194	N	6,3				
	219	N	6,3				

Programa de producción rodillos de impacto

rodillo base tipo	D		Øe		eje		rodamiento
	mm	s	mm	ejec.	d	ch	
MPS 1	60	3	89	NA	15	17	6202
	60	3	108	NA			
PSV 1	63	3	89	NA	20	14	6204
	63	3	108	NA			
	89	3	133	NA			
PSV 2	89	3	133	NA	25	18	6205
	89	3	159	NA			
PSV 3	89	3	133	NA	25	18	6305
	89	3	159	NA			
PSV 4	89	3	133	NA	30	22	6206
	89	3	159	NA			
PSV 5	89	4	133	NA	30	22	6306
	89	4	159	NA			
	108	4	180	NA			
	133	4	215	NA			
PSV/7-FHD	108	4	180	NA	40	32	6308
	133	6	194	NA			
	133	6	215	NA			

La tabla indica los tipos y los diámetros de los anillos estándar provistos y las dimensiones según la unificación europea. Bajo pedido se pueden suministrar diámetros y espesores de tubo diferentes del estándar.



11.5. Cotizaciones

			 Sucursales			
Cliente: 081845 Ced. Jur.: 3101017900		COTIZACION				
La Murta S.A.		N° Documento:				
SR, LA MURTA Tel. 25371000 gabriela.rodriguez@ochomogo.com		PE00010206				
Lugar de Entrega:		Fecha de creación:				
Terminos y condiciones:		19/02/2021				
Forma de Pago: CREDITO A 30 DIAS		Fecha de impresión:				
Tiempo Entrega: 0 DIAS NATURALES.		02/03/2021				
		Validez de la Oferta:				
		15 DIAS				
Item	Cant# de Parte	Und	Precio	% Desc.	P.Unit Neto	Total
1	15.24 0471000	SP	\$257,402.06	0%	\$257,402.06	\$3,922,807.39
Descripción Manguera de manipulación de materiales Blucor 8" x 50 ft						
IMPORTANTE:		Subtotal: \$3,922,807.39				
Favor Hacer referencia al No. de Cotizacion en su Orden de Compra		Descuento Articulos: \$0.00				
Mercadería sujeta a existencias en el momento de facturación		Descuento: % \$0.00				
		Descuento Volumen: \$0.00				
		Impuesto IVA \$509,964.96				
		TOTAL GENERAL: \$4,432,772.35				
		Notas:				
Para cualquier consulta referida a esta cotización, por favor contacte a:		STOCK SUJETO A PREVIAS VENTAS AL FACTURAR ENTREGA 12 SEMANAS HABILES, MINIMO DE COMPRA 50 FT				



PANABANDAS

COSTA RICA

HEREDIA

Cedula Juridica 3-101-802913

Telefonos:4070-1835/8695-8036

Correo:ventas@panabandascr.com

gmejias@panabandascr.com

Cotizacion CR117

DIA	MES	AÑO
16	3	2021

CLIENTE: Quebrador Ochomogo

Atención: Ing Diana Vargas

Email: diana.vargasb12@gmail.com

Item	Cant	Un.	Código	Descripcion	PREC. UNIT	TOTAL
1	3	Und		Estacion de impacto en 35° P/ Banda de 30" en Cema C5"	\$165,85	\$497,55
2	2	UND		Estacion de Carga en 35° P/ Banda de 30" en Cema C5"	\$127,80	\$255,60
3	18	UND		Estacion de Carga en 35° P/ Banda de 30" en Cema 5"	\$127,80	\$2 300,40
4	1	UND		Estacion de Carga en 20° P/ Banda de 30" en Cema 5"	\$127,80	\$127,80
5	1	UND		Estacion de Carga 35° con rodillos Guía P/ Banda 30" en Cema 5"	\$264,55	\$264,55
6	7	UND		Rodillo de Retorno Cema C5 para banda de 30"	\$68,90	\$482,30
7	2	UND		Tambor Revestido para banda de 30" medida 32 x 18" con eje	\$1 285,00	\$2 570,00
8	45	Mts		Banda EP500/3 ply 1/4"x1/16" de 30" ancho 1/2" espesor total	\$49,50	\$2 227,50
9	1	Und		Vulcanizacion en caliente para Banda de 30" ancho	\$600,00	\$600,00
10	9	UND		Estacion de impacto en 35° P/ Banda de 24" en Cema 5"	\$139,51	\$1 255,59
11	41	UND		Estacion de Carga en 35° P/ Banda de 24" en Cema 5"	\$119,15	\$4 885,15
12	3	UND		Estacion de Carga en 20° P/ Banda de 24" en Cema 5"	\$119,15	\$357,45
13	3	UND		Estacion de Carga 35° con rodillos Guía P/ Banda 24" en Cema 5"	\$245,02	\$735,06
14	19	UND		Rodillo de Retorno Cema C5 para banda de 24"	\$65,15	\$1 237,85
15	6	UND		Tambor Revestido para banda de 24" medida 32 x 18" con eje	\$1 175,00	\$7 050,00
16	115	Mts		Banda EP500/3 ply 1/4"x1/16" de 24" ancho 1/2" espesor total	\$39,60	\$4 554,00
17	3	Und		Vulcanizacion en caliente para Banda de 24" ancho	\$480,00	\$1 440,00

NOTA: ENTREGA 8 SEMANAS

Valor en letras:Treinta y un mil trescientos sesenta y cinco dolares con 09/00	sub-total	\$ 30 840,80
	Descuento 10%	\$ 3 084,08
Observaciones: Cuenta IBAN CR81015115420020073241 BNCR CUENTA DOLARES	SubTotal Desc	\$ 27 756,72
	IVA	\$ 3 608,37
Notas: Producto con Garantia de Fabrica	TOTAL	\$ 31 365,09

Ced-juridica: 3101696779
Telf. 506 2560-0180 / 506 2560-0181
E-mail: ventas.cr@vulcorgroup.com

COTIZACION

COT - 4566



Heredia
Costa Rica
Lagunilla de Heredia 220mts norte de Cocorisa
Condominio Brancacci Local 7, Costa Rica

Facturar a
LA MURTA, S.A. (OCHOMOGO)
CARTAGO, LLANO GRANDE, 1.5 KMS AL NORTE DEL COLEGIO SEFAFICO
CARRETERA LLANO GRANDE CARTAGO.

Fecha de la
cotización : 10 mar 2021
Vendedor : Robert Altemo Ugalde

#	Nombre del artículo & Descripción	Cent.	Precio	Desc.	Total Neto
1	BANDA TRANSPORTADORA DE 24" ANCHO 1/4 X 1/16 EP500/3 CAPAS - RMAII SKU: B524EP500/3-12 GARANTIA 1 AÑO CONTRA DEFECTOS DE FABRICA	114.00 0.00	41.09	15.00%	3,981.62
2	ESTACION COMPLETA RODILLOS DE IMPACTO 5" DIAM 35" EN 24" SKU: C5-35TEI-24 MARCA PPI	9.00 0.00	362.44	5.00%	3,098.86
3	ESTACION COMPLETA RODILLOS LISOS DE CARGA 5" CEMA C DIAM 35" EN 24" SKU: C5-35TE-24 MARCA PPI	41.00 0.00	216.48	5.00%	8,431.90
4	ESTACION COMPLETA RODILLOS LISOS DE CARGA 5" CEMA C DIAM 20" EN 24"	3.00	216.48	5.00%	616.97
5	ESTACION COMPLETA RODILLOS LISOS ALINEADORA 5" CEMA C DIAM 35" EN 24" SKU: C5-35TESA-24 MARCA PPI	3.00 0.00	561.70	5.00%	1,600.84
6	RODILLO DE RETORNO METALICO LISO 5" DIAM DE 24" C SKU: C5-4R-24 MARCA PPI	19.00 0.00	95.94	5.00%	1,731.72

#	Nombre del artículo & Descripción	Cant.	Precio	Desc.	Total Neto
7	REVESTIMIENTO DE POLEA A MEDIDA SKU : REVROD001 TAMBOR DE 26" X 18" DIAM EN 3/8" SERVICIO A COORDINAR CON EL CLIENTE GARANTIA 6 MESES	6.00 0.00	332.04	5.00%	1,892.63
8	VULCANIZACION CALIENTE PARA BANDA DE 20 ANCHO" SKU : SRVICAL01 SERVICIO A COORDINAR CON EL CLIENTE GARANTIA 6 MESES	3.00 0.00	346.21	10.00%	934.77
9	BANDA TRANSPORTADORA DE 30" ANCHO 1/4 X 1/16 EP500/3 CAPAS - RMAII SKU : B532EP500/3-12 GARANTIA 1 AÑO CONTRA DEFECTOS DE FABRICA	42.00 0.00	54.52	15.00%	1,946.36
10	ESTACION COMPLETA RODILLOS IMPACTO 5" CEMA C DIAM 35" EN 30" MARCA PPI	3.00	414.10	5.00%	1,180.18
11	ESTACION COMPLETA RODILLOS LISOS DE CARGA 5" CEMA C DIAM 35" EN 30" MARCA PPI	18.00	225.50	5.00%	3,856.05
12	ESTACION COMPLETA RODILLOS LISOS DE CARGA 5" CEMA C DIAM 20" EN 30" MARCA PPI	1.00	225.50	5.00%	214.22
13	ESTACION COMPLETA RODILLOS LISOS ALINEADORA 5" CEMA C DIAM 35" EN 30" MARCA PPI	1.00	565.80	5.00%	537.51
14	RODILLO DE RETONO CEMA C 5" DIAM PARA BANDA DE 30" MARCA PPI	7.00	98.95	5.00%	658.02
15	REVESTIMIENTO DE POLEA A MEDIDA SKU : REVROD001 TAMBOR DE 32" X 18" X 3/8" SERVICIO A COORDINAR CON EL CLIENTE GARANTIA 6 MESES	2.00 0.00	377.32	5.00%	716.91
16	VULCANIZACION CALIENTE PARA BANDA DE 30 ANCHO" SKU : SRVICAL04 SERVICIO A COORDINAR CON EL CLIENTE GARANTIA 6 MESES	2.00 0.00	507.52	10.00%	913.54
SubTotal					32,312.10
08 - IVA (13%)					4,200.57

**Aceros Monge S.A.**

Cédula Jurídica: 3-101-663614
400 Este de la Estación Serv La Pacífica
Barrio San José, Curridabat
Tel: 2272-5892

COTIZACIÓN N°

050602

Página 1 de 1

DIA	MES	AÑO
26	feb.	2021

CLIENTE:	LA MURTA S.A.	CÉDULA:	3101017900	VALIDEZ	8 DÍAS	
DIRECCIÓN:	CARTAGO SAN NICOLAS 1.5KM NORTE COLEGIO SFRÁFICO CARRETERA LLANO	TELÉFONO:	2537-1000	ASESOR:	Rafael	
ATENCIÓN:	Diana	TELÉFONO:	2537-1000	EMAIL:	proveedores@8mogo.com	
CANT	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	MARCA	PRECIO UNITARIO	IVA	IMPORTE
7	020933	Tubo Hn Red. Sch40 1 1/4		16,050.00	13	112,350.00
12	500403	Lamina Hierro Negro Lisa 6.3mm 1.22 X 2.44		92,000.00	13	1,104,000.00
6	510103	Viga Upn 120 Astm A 36 Unidad Unidad		59,880.00	13	359,280.00
7	0209100	Tubo Redondo Ced.40 De 10"		257,600.00	0	1,803,200.00
7	020937	Tubo H.n. Redondo Sch 40 "8"		191,000.00	13	1,337,000.00
7	020938	Tubo H.n. Redondo Sch 40 "12"		398,000.00	13	2,786,000.00
1	500404	Lamina Hierro Negro Lisa 9.5mm 1.22 X 2.44		120,000.00	13	120,000.00

**Aceros Monge S.A.**

Cédula Jurídica: 3-101-663614
400 Este de la Estación Serv La Pacífica
Barrio San José, Curridabat
Tel: 2272-5892

COTIZACIÓN N°

054713

Página 1 de 1

DIA	MES	AÑO
09	abr.	2021

CLIENTE:	LA MURTA S.A.	CÉDULA:	3101017900	VALIDEZ	8 DÍAS	
DIRECCIÓN:	CARTAGO SAN NICOLAS 1.5KM NORTE COLEGIO SFRÁFICO CARRETERA LLANO	TELÉFONO:	2537-1000	ASESOR:	Rafael	
ATENCIÓN:	Waletr	TELÉFONO:	2537-1000	EMAIL:	proveedores@8mogo.com	
CANT	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO	MARCA	PRECIO UNITARIO	IVA	IMPORTE
4	510103	Viga Upn 120 Astm A 36 Unidad Unidad		59,880.00	13	239,520.00



Eurotecnica de Costa Rica Sociedad Anónima Cotización de Ventas

150 M AL OESTE DE EPA EN TIBAS.

No. 26018

Ced. Jurídica: 3-101-561494

Phone: 22414242

Fax: (506) 2241-4272

Página 1 de 1

Cotización No. 26018	Fecha: 25/02/2021	Enviar a:
Cliente: La Murta S.A		1.5km norte del Colegio Seráfico. Carretera a Llano Grande
Referencia:		
Términos: Crédito 30 días		
Agente: VTAS1		Costa Rica
Válido Por: 8 días		Contacto:
Tiempo de Entrega: 12 semanas		Teléfono: 2537 1000
Atención:		Fax:
Total:	\$6,898.65	

Producto	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio Unitario	Total Nominal
PTR001	Reductor Pendular SITI RP2 131/2 15/1 con rol antiretorno .	3.00	Unidad	\$1,475.00	\$4,425.00
MS 132L2-4 B35	Motor EUROMOTOR 15HP 3F CERRADO 1740 rpm	3.00	UND	\$560.00	\$1,680.00

SubTotal Exento:	\$0.00
Descuento:	\$0.00
SubTotal Gravado:	\$6,105.00
Descuento:	\$0.00
Imp. de Ventas:	\$793.65
Total:	\$6,898.65

*** COTIZACION DE REPUESTOS ***

Vendido A.: M159952 LA MURTA SA
 1 KM NORTE DEL COLEGIO SHERAFICO BARRIO
 LA OYOLA EL CARMEN
 CARTAGO
 CARTAGO
 Ced.Jurid. 3101017900 Tel...: 25371000

TELEFONO: . FAX:

Cotizado por:

Cotizacion No.: 76Q071179 Orden/Segemtno : Sucursal...: 76 PACC: 1D
 Fecha.....: 14-12-2020 Orden de Compra: Vendedor...: 3DR MSCC: 1D
 Marca/Serie...: Forma de Envio...: DIV.: C
 Modelo.....: No. Identific...: No. Placa.: Term: 2

Line	Item	----	CANTIDAD	----	STK DESCRIPCION	UBICACION	PESO	PRECIO UNITARIO	T O T A L
NO.	NO.	PEDID	SURTI	B/O PARTE NO.					
VENDEDOR.: DANIEL RUIZ ALFARO									
VALIDO HASTA.: 14/01/2021									
1	24	24	CS-BI-30	N	REPUESTO IMPACTO	NON-STK	.0	99.50	2,388.00
			DISPONIBLES						
2	24	24	CS-20E-24	N	5X9X24	NON-STK	.0	43.83	1,051.92
			DISPONIBLES						
3	12	12	CS-35E-30	N	5X11X30	NON-STK	.0	43.00	516.00
			DISPONIBLES						
4	12	12	CS-RETI-30	N	RETORNO HULE 30"	NON-STK	.0	192.79	2,313.48
			6 EN STOCK						
5	12	12	CS-RETI-24	N	RETORNO 24"	NON-STK	.0	112.12	1,345.44
			DISPONIBLE 12 UND						
6	24	24	32-000017	N	SOPORTE RODILLO RT	NON-STK	.0	5.64	135.36
			DISPONIBLES						
7	24	24	815-35E-60	N	RODILLO IMP 60"	NON-STK	.0	234.00	5,616.00
			DISPONIBLE						
SUB-TOTAL									13,366.20
IVA 13%									1,737.61

HART EQUIPMENT S.A.



Hart Equipment S.A.		Fecha: 14 de diciembre de 2020
Cédula Jurídica: 3-101-245117		Nº de Cotización: 121-R
Ubicación: La Puebla, San Pablo de Heredia.		Empresa: La Murta s.a
Tel:(506):2262-3860		Señor: Walter Berrocal.
Pagina web: www.hartequipment.com		Henry Ureña.
Tel/Fax:(506) 2237-4593		Teléfono:
		Correo electrónico: henry.urena@8mogo.com
		walter.berrocal@8mogo.com

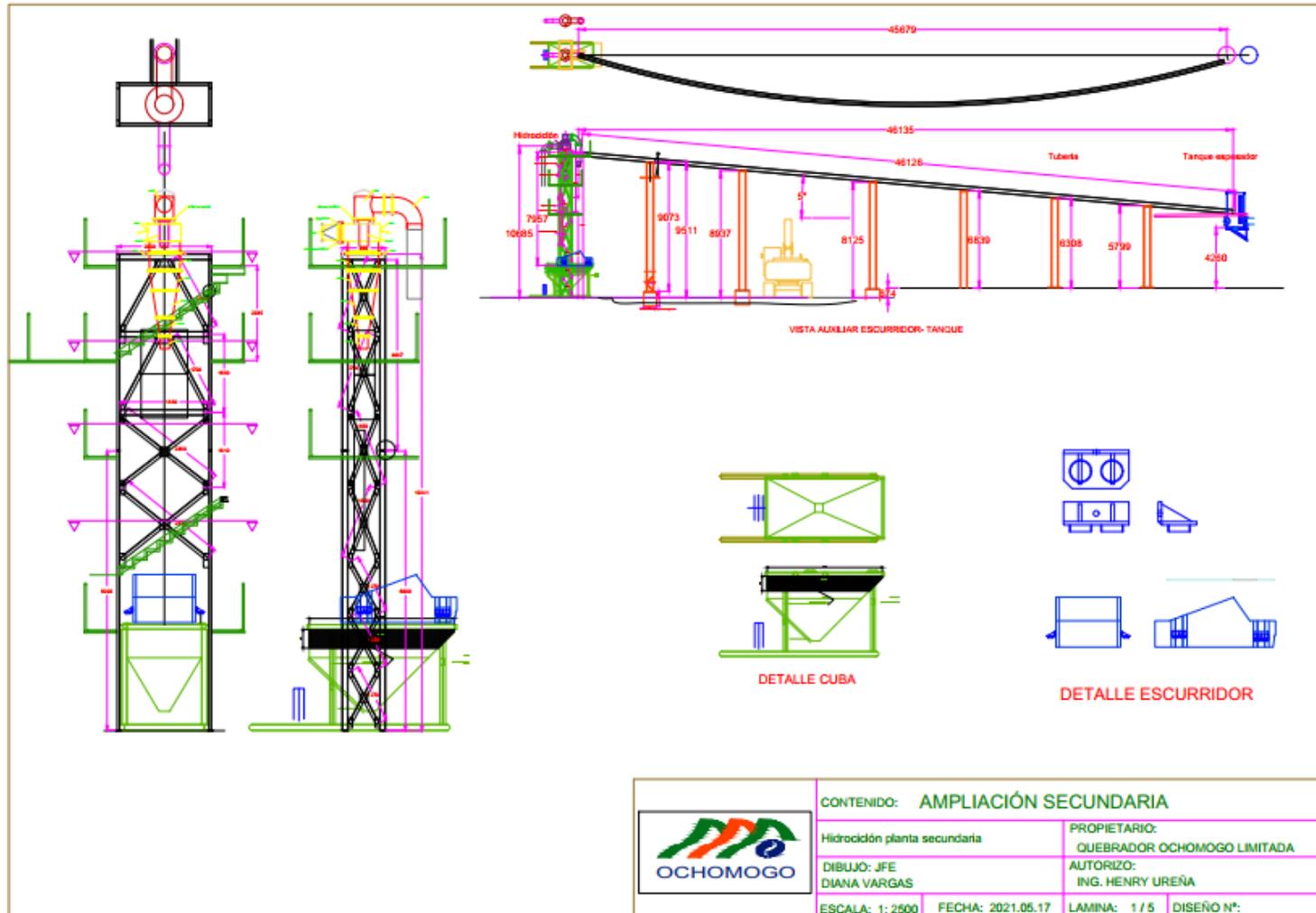
Cantidad	Descripción	Tiempos de Entrega	Código	Precio Unitario	Precio total
12	RODILLO INDIVIDUAL DE IMPACTO CI-30" 5x11	Inmediato	ROD-00107	\$ 95.00	\$ 1,140.00
12	RODILLO INDIVIDUAL DE IMPACTO CI-30" 5x11	8 Semanas	ROD-00107	\$ 95.00	\$ 1,140.00
24	RODILLO INDIVIDUAL 24" 5X9	Inmediato	ROD-00111	\$ 43.00	\$ 1,032.00
12	RODILLO INDIVIDUAL 30" 5X11	Inmediato	ROD-00104	\$ 34.00	\$ 408.00
12	RODILLOS DE GOMA RUBBER DISC RETURN IDLER CRRD-30"	12 Semanas	ROD-00161	\$ 110.00	\$ 1,320.00
8	RODILLO DE RETORNO CRRD-24" COBERTURA DE HULE	12 Semanas	RET-00011	\$ 98.00	\$ 784.00
4	RODILLO DE RETORNO CRRD-24" COBERTURA DE HULE	Inmediato	RET-00011	\$ 98.00	\$ 392.00
6	RODILLO DE RETORNO CR-60"	Inmediato	RET-00010	\$ 104.00	\$ 624.00
	*****UL*****				\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
					\$ -
Tiempo de entrega: Ver columna C de Tiempos de entrega				Subtotal	\$ 6,840.00
Forma de pago: 30 Días Crédito, un mes				Impuestos	\$ 889.20
Validez de la oferta un mes.				Total	\$ 7,729.20

Comparativos de precios para materiales de control.

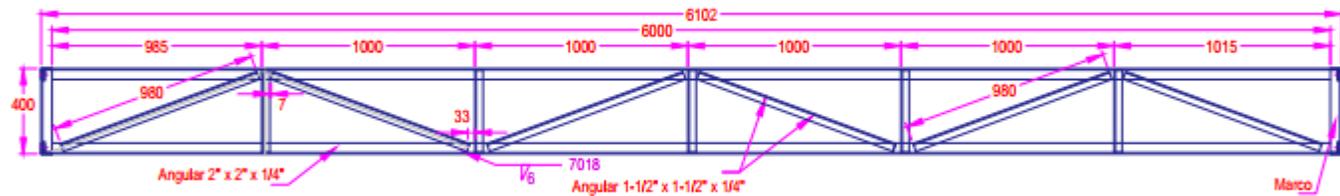
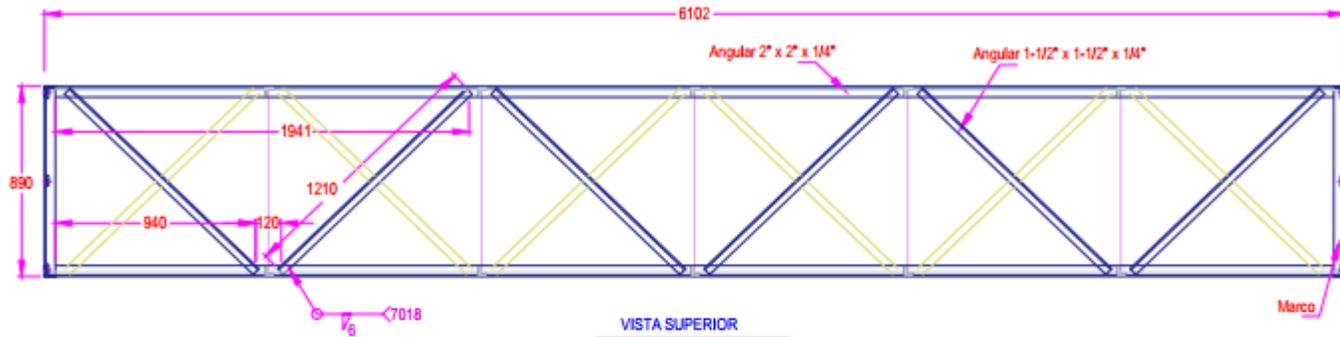
		Carlos Ureña	Tecnología Interactiva	NV Tecnologías S.A.
Modulo analógico FX5-4AD 4 entradas	1	€200.880	€327.144	
Modulo analógico FX5-8AD 8 entradas	1	€713.000	€659.360	
Modulo analógico FX3U-4AD 4 entradas	1	€195.300	€336.020	
Celda carga tipo S 100 Kg 2mV/V 100kg/220lb	1	€93.000		€210.800
Transductor Corriente 721LC, Alta precisión rango ajustable 10-20-40 amp, salida 4-20mA	1	€49.600		€34.100
Amplificador de celda de carga RW-ST01A	1	€43.400		€225.060
Sensor de nivel Ultrasonico IFM 0.2 a 2 M, salida 4-20 mA, cable 2m	1	€217.000		€693.160
Fuente 24 Vdc Siemens 2A Alim 110- 220 Vac	1	€77.500		€73.619

Descripción	PROVEEDORES												
	Cantidad	Anexos	TOTAL	Ronupe	TOTAL	Colono	TOTAL	Mercasa	TOTAL	Abonos Agro	TOTAL	ArcelorMittal CR	Total
Flete	1		€85.000	€85.000			€0			€35.000	€35.000		€0
Angular 2 x 2 x 1/4" x 6 m	23	€19.770	€454.710	€19.915	€458.045	€13.372	€307.556	€16.284	€374.533	€19.268	€443.164	€15.005	€345.115
Angular 1-1/2" x 1-1/2" x 1/4" x 6m	7	€18.687	€118.809	€15.500	€108.800	€9.074	€99.818	€11.837	€82.859	€13.940	€97.580	€11.802	€82.614
Tubo redondo de 1 1/2"	23	€12.028	€278.598	€12.180	€279.880	€8.913	€204.999	€11.268	€259.118		€0		€0
Tubo redondo de 1/2" Pared Gruesa	13	€5.191	€87.483	€5.350	€86.550	€3.550	€46.150	€4.848	€83.024	€10.847	€141.011		€0
Platina 1/4" x 4"	11	€23.333	€259.663	€25.415	€279.565		€0	€17.748	€195.228	€20.962	€230.912		€0
Lámina Expandida ACS # 1 1.22mm x 2.44mm	9	€77.000	€993.000	€80.990	€728.910		€0		€0		€0		€0
Vigas UPN 5" x 2"	6		€0	€78.000	€458.000		€0		€0		€0	€47.050	€282.300
Angular de 3" x 3" x 3/8"	10	€43.980	€439.800	€56.978	€669.780		€0		€0	€43.870	€438.700	€43.000	€430.000
Lámina HN 1.22mm x 2.44mm x 3/8"	1	€195.000	€195.000	€208.800	€208.800	€144.067	€144.067		€0		€0		€0
Tubo HN Redondo 10" x 10mts Ccd40	7	€355.753	€2.490.271	€389.700	€2.587.900								€0
Brida HN 10" Soldable S/Cuello Clase 150	16	€29.988	€479.808	€36.415	€630.640								€0
Tubo HN Redondo 8" x 10mts Ccd40	7	€251.057	€1.787.399	€290.600	€2.034.200								€0
Brida HN 8" Soldable S/Cuello Clase 150	16	€18.940	€271.040	€27.850	€446.800								€0

11.6. Planos



Tubo convejer 24"
 Angular 2" x 2" x 1/4": 5 unidades
 Angular 1-1/2" x 1-1/2" x 1/4": 5 unidades

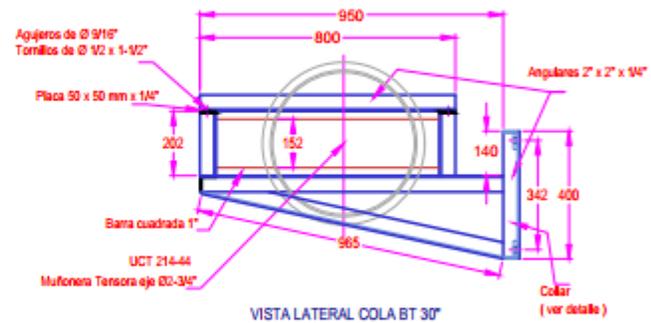
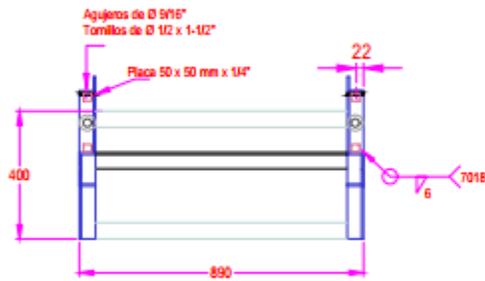
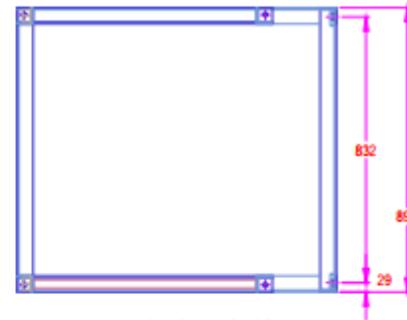


VISTA LATERAL ESTRUCTURA PARA TRANSPORTADOR 24"

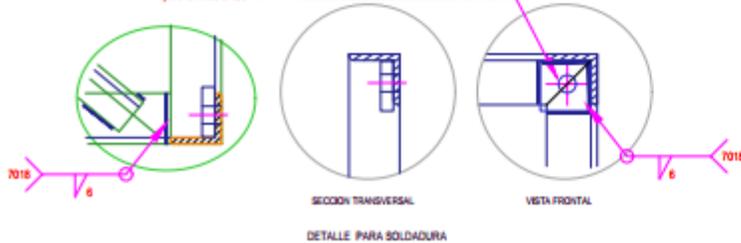
Placas 50 x 50 x 12.7 mm (1/2")
 con espesura 0.17,46 mm (1/16")
 para tornillos 0.58" x 2"



				CONTENIDO: AMPLIACIÓN SECUNDARIA			
				Banda Transportadora		PROPIETARIO: QUEBRADOR OCHOMOGO LIMITADA	
DIBUJO: JORGE FERNANDEZ		AUTORIZO: ING. HENRY UREÑA					
ESCALA: N/A	FECHA: 2021.05.17	LAMINA: 2 / 5	DISEÑO N°:				



Placa 50 x 50 x 12,7 mm (1/2")
con agujeros Ø 17,46 mm (11/16")
para tornillos Ø 5/8" x 2"



CONTENIDO: **AMPLIACIÓN SECUNDARIA**

Banda Transportadora

DIBUJO:
JORGE FERNANDEZ

ESCALA: N/A

FECHA: 2021.05.17

PROPIETARIO:

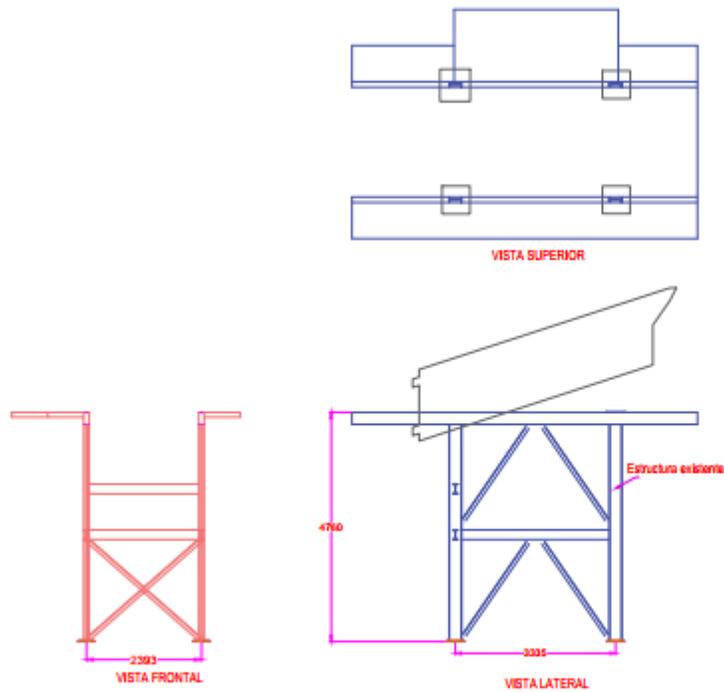
QUEBRADOR OCHOMOGO LIMITADA

AUTORIZO:

ING. HENRY UREÑA

LAMINA: 3 / 5

DISEÑO N°:



	CONTENIDO: AMPLIACIÓN SECUNDARIA			
	Soporte criba		PROPIETARIO: QUEBRADOR OCHOMOGO LIMITADA	
	DIBUJO: JORGE FERNANDEZ		AUTORIZO: ING. HENRY UREÑA	
	ESCALA: N/A	FECHA: 2021.05.17	LAMINA: 5 / 5	DISEÑO N°: