

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica



**“OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y
TRANSFERENCIAS EN CHANCADO PRIMARIO DE PLOMO-
ZINC”**

Tesis presentada por el Bachiller:

Bustamante Uriarte Maykel Dany

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor:

Ing. Alcázar Rojas Hermann E.

Arequipa - Perú

2020

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 16 de Julio del 2020

Dictamen: 001007-C-EPIMMEM-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 001007, presentado por:

2002203201 - BUSTAMANTE URIARTE MAYKEL DANY

Titulado:

**OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y TRANSFERENCIAS EN CHANCADO
PRIMARIO DE PLOMO-ZINC**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1634 - ALCAZAR ROJAS HERMAN ENRIQUE
DICTAMINADOR



1839 - DONAYRE CAHUA JESUS MANUEL
DICTAMINADOR



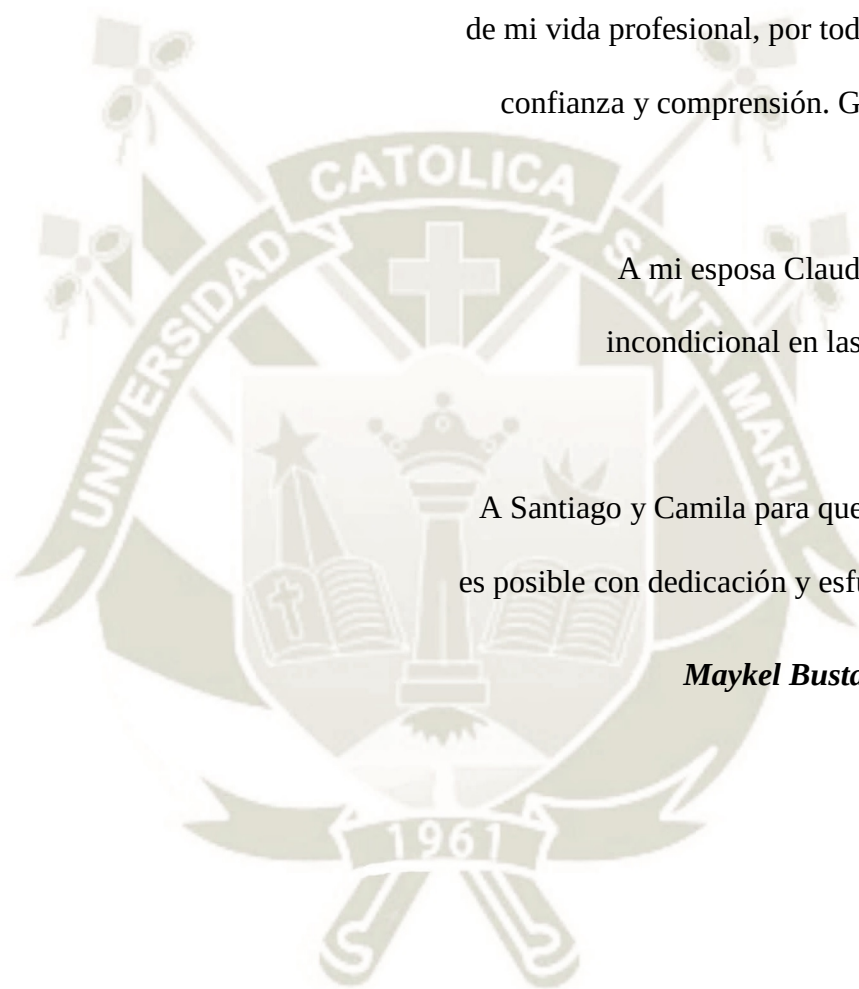
Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de tesis a mis
padres, Nelly y Daniel, por su amor
incondicional y apoyo constante, porque son
ellos el principal cimiento para la construcción
de mi vida profesional, por todos su consejos,
confianza y comprensión. Gracias por todo
papás.

A mi esposa Claudia por el apoyo
incondicional en las metas que nos
propusimos.

A Santiago y Camila para que vean que todo
es posible con dedicación y esfuerzo, los amo.

Maykel Bustamante Uriarte

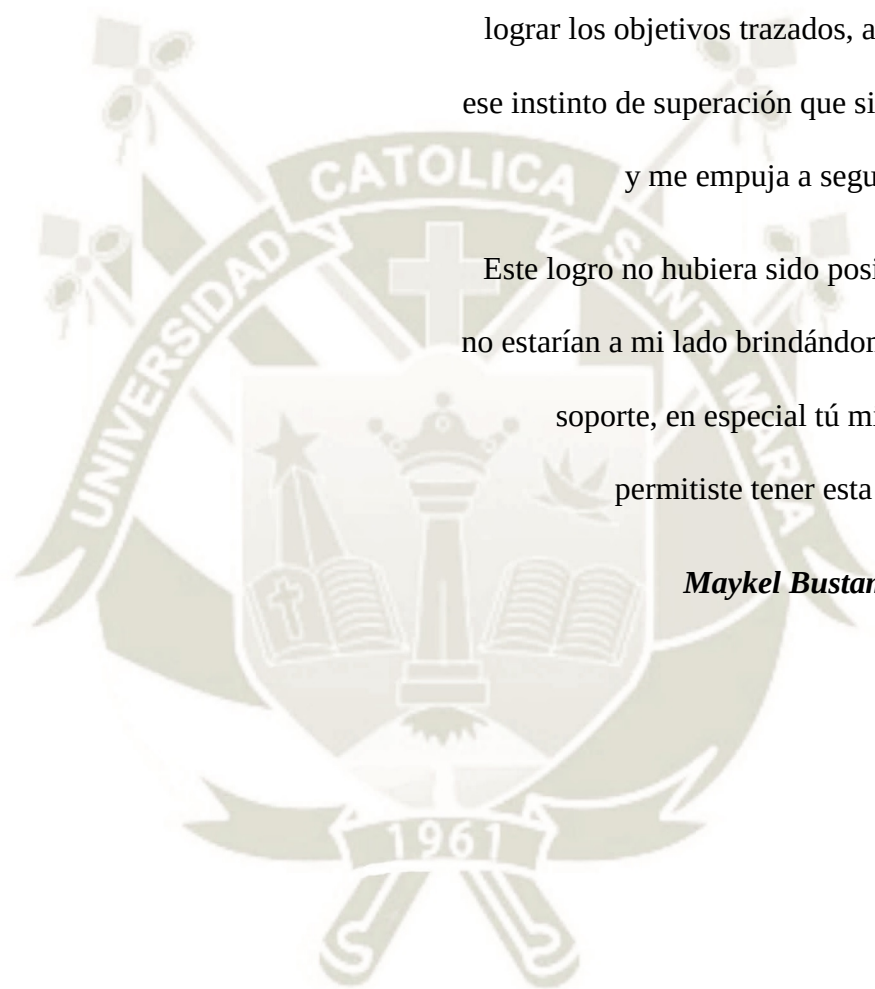


Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por la vida que me
permite vivir, a mis padres por el apoyo
incondicional que siempre me dieron, a mi
esposa por ese amor infinito que me permite
lograr los objetivos trazados, a mis hijos por
ese instinto de superación que siembran en mí
y me empuja a seguir avanzando.

Este logro no hubiera sido posible si ustedes
no estarían a mi lado brindándome ese amor y
soporte, en especial tú mi Dios que me
permitiste tener esta linda familia.

Maykel Bustamante Uriarte



RESUMEN

El transporte de mineral en la mayoría de unidades mineras a nivel mundial y local se realiza mediante circuitos de fajas transportadoras Overland, las cuales se adaptan a la geografía de su recorrido, el mineral es transportado desde el área de chancado primario, esta área compuesto por una chancadora de tipo rodillos es el primer estadio de reducción del mineral proveniente del proceso de voladura, siendo transportado a la siguiente área de chancado secundario.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo optimizar el circuito de transporte y transferencia de chancado primario de plomo-zinc, con la finalidad de disminuir las horas de parada por mantenimiento, aumentar la disponibilidad del sistema y aumentar la producción.

En el desarrollo metodológico de la investigación se realizó el Análisis Causa Raíz (ACR), para poder determinar las fallas, su origen y poder aplicar medidas correctivas que eviten la interrupción del proceso en cuatro pasos; definición del problema, análisis de la información, propuesta de solución y la verificación y seguimiento de las actividades programadas para que se cumplan en los tiempos establecidos con el personal designado.

Como resultado de la aplicación del ACR, se pudo identificar la raíz de las fallas en el sistema de fajas Overland, indicando que las paradas por fallas del circuito de fajas, se debió a una mala selección de la faja transportadora, uso inadecuado de componentes para la estructura soporte de las fajas, errores en la ejecución de los empalmes de las fajas, tamaño de material proveniente del chancado primario grande, altura de descarga de los chutes muy elevado y mantenimiento inadecuado del sistema.

Las conclusiones obtenidas de la investigación se representan en la optimización del circuito al implementar tres fajas de sacrificio intermedias en las zonas de transferencia, además con la selección de una nueva faja transportadora para las de mayor longitud entre centros siendo esta la ST2000 de 54" de ancho, permitiendo disminuir las detenciones del sistema por paradas de mantenimiento y se aumentó la disponibilidad.

Palabras Clave: Circuito de transporte, Faja Overland, Faja de sacrificio, Análisis causa raíz.

ABSTRACT

The transport of ore in the majority of units mining at global and local level is performed by circuits of conveyors-Overland, which was adapted to the geography of its route, the ore is transported from the area of crushing primary, this area is composed of a crusher roller type is the first stage of reduction of ore from the process of blasting, being transported to the next area of secondary crushing.

The present research work was aimed to optimize the circuit of the transport and transfer of crushing primary lead-zinc, with the aim of reducing the hours of maintenance shutdown, to increase the availability of the system and increase the production.

In the methodological development of the investigation, the Root Cause Analysis (RCA) was carried out in order to determine the faults, their origin and be able to apply corrective measures that avoid the interruption of the process in four steps; definition of the problem, analysis of the information, proposal of solution and the verification and follow-up of the programmed activities so that they are fulfilled in the established times with the designated personnel.

As a result of the application of the ACR, it was possible to identify the root of the faults in the Overland belt system, indicating that the stops due to faults in the belt circuit were due to a bad selection of the conveyor belt, inadequate use of components for the support structure of the belts, errors in the execution of the splices of the belts of the belt, size of material coming from the large primary crushing, very high discharge height of the chutes and inadequate maintenance of the system.

The conclusions obtained from the investigation are represented in the optimization of the circuit by implementing three intermediate sacrificial bands in the transfer zones, in addition with the selection of a new conveyor belt for the bands of greater length between centers being this the ST2000 of 54"; wide, allowing to diminish the stops of the system by stops of maintenance and the availability was increased.

Key Word: Circuit Transport, Belt Overland, Belt of sacrifice, Root Cause Analysis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	6
1.5.1. Alcance	6
1.5.2. Limitaciones	6
CAPÍTULO II	7
2. FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO	7
2.1 ANTECEDENTES.....	7
2.2 LA MINERÍA EN EL PERÚ	8
2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA MINERA POLIMETÁLICA	12
2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	13
2.4.1 Extracción	13
2.4.2 Fundición	15
2.4.3 Refinación.....	16
2.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA.....	16
2.5.1 Proceso de Chancado de Mineral.....	16
2.6 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	19
2.6.1 Faja (transportadora).....	19
2.6.2 Tambores	21
2.6.3 Polines.....	22
2.6.4 Tensores de faja:	23
2.6.5 Chute.....	25
2.7 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	26

2.7.1. Beneficios del ACR	26
2.7.2 Pasos para hacer el ACR.....	27
CAPITULO III	29
3. MARCO METODOLÓGICO.....	29
3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.2 APLICACIÓN DEL ACR.....	29
3.2.1 Definición del problema	29
3.2.2 Recolección y Análisis de la información.....	31
3.2.3 Propuesta y selección de soluciones	34
3.2.4 Verificación y seguimiento	37
3.3 EJECUCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN	37
3.3.1 Reducción del setting de la chancadora primaria.....	37
3.3.2 Instalación de retenedores de carga	38
3.3.3 Reposición de polines en todo el circuito	39
3.3.4 Instalación de bastidores autolineantes	39
3.3.5 Campaña de limpieza del circuito.....	40
3.3.6 Reposición de raspadores.....	40
3.3.7 Instalación de cadenas para amortiguar la carga.....	41
3.3.8 Instalación de bastidor de impacto.....	41
3.3.9 Evaluación de dimensionamiento de faja overland y cambio de ser necesario	42
3.3.10 Instalación de la faja de sacrificio: Diseño	45
3.3.11 Realizar procedimiento de empalmes según la norma y protocolo.....	75
3.3.12 Capacitación en el protocolo de empalme	75
3.4 VERIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIÓN	76
CAPÍTULO IV.....	77
4. RESULTADOS.....	77
4.1 PLANES DE ACCIÓN Y ACR.....	77
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE FIGURAS	96
ANEXOS... ..	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Posición del Perú como Productor Minero.....	10
Tabla 2. Producción Minera de Diciembre del 2017 y 2018.....	10
Tabla 3. Requerimiento de Personal.....	29
Tabla 4. Fallas y Consecuencias.....	31
Tabla 5. Tormenta de Ideas.	32
Tabla 6. Plan de Acción.....	36
Tabla 7. Seguimiento de Actividades.....	37
Tabla 8. Factor de Transmisión (K) para Prevenir el Deslizamiento.	43
Tabla 9 Tipos de Fajas Transportadoras con Cables de Acero.....	45
Tabla 10. Las Velocidades Maximas de la Faja Recomendadas.....	47
Tabla 11. Faja Abarquillada de 20° - Distancia Standard al Borde de Tres Rodillos Iguales = $0.055b + 0.9''$	48
Tabla 12. Espaciamiento Normal Recomendado para Rodillos (Si).....	49
Tabla 13. Peso de Faja Estimado Promedio con Pliegues.....	50
Tabla 14. Factor de Ajuste del Trozo K1.	52
Tabla 15. Factores Ambientales y de Mantenimiento K2.	52
Tabla 16. Factores de Servicio K3.....	53
Tabla 17. Factor de Corrección de la Velocidad de la Faja K4.....	53
Tabla 18. Valores de Carga para los Rodillos CEMA D, lbs.	54
Tabla 19. Clasificación del Rodillo	55
Tabla 20. Tensión de la Faja al Rodamiento de las Poleas.....	59
Tabla 21. Factor de Fricción con el Faldón, Cs.....	61
Tabla 22. Factor de Arrollamiento, Cw (Fajas con cubierta de caucho)	63
Tabla 23 Fajas Transportadoras Poliéster.....	64
Tabla 24. Carga de Materiales	66
Tabla 25. Diseño de Elementos (Factores de Utilización Máximos).	73
Tabla 26. Materiales de Fabricación de la Faja de Sacrificio.....	74
Tabla 27 Horas de Detenciones Overland 2016 y 2017	79
Tabla 28. Resultados del Plan de Acción.	80
Tabla 29. Horas de Detenciones Overland 2016 y 2017.....	84
Tabla 30. Disponibilidad de Circuito Chancado Primario 2015 Vs 2016.	85
Tabla 31 Costos de compra y cambio de faja overland.....	88

Tabla 32 Costos de Implementación de Fajas de Sacrificio.....	89
Tabla 33 Total de Costos de Implementación.	89
Tabla 34 Gastos por Detención de Equipos.....	89



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Posición del Perú como Productor Minero.	9
Figura 2. Principales Proyectos Mineros actuales del Perú.....	11
Figura 3. Participacion del Presupuesto Mundial en Exploracion Minera 2017	11
Figura 4. Estructura del Valor de las Exportaciones.	12
Figura 5 Extracción del Mineral.	14
Figura 6. Maquinaria de Extracción.	14
Figura 7. Mineral para el Chancado.	15
Figura 8. Movimiento del Mineral.	15
Figura 9. Fundición.	16
Figura 10. Proceso de Refinación.....	16
Figura 11. Flow Sheet Chancado – Lavado Pb-Zn.....	17
Figura 12. Detenciones Overland.	19
Figura 13. Faja Transportadora.	19
Figura 14. Transporte del Material.	20
Figura 15. Tambor ubicado en la Cabeza de la Faja.	21
Figura 16. Polines para Faja Transportadora.....	22
Figura 17. Tensor de Faja.....	23
Figura 18. Chute en Minería.....	25
Figura 19. Pasos para hacer el ACR.	27
Figura 20. Diagrama de Ishikawa.....	28
Figura 21. Disponibilidad 2016-Chancado Pb/Zn.....	30
Figura 22. Árbol de Fallas.	33
Figura 23. Detenciones Overland 2016.	34
Figura 24. Reducción del Setting.	38
Figura 25. Retenedores de Carga.....	38
Figura 26. Reposicion de Polines	39
Figura 27. Bastidores Autolineantes.....	39
Figura 28. Limpieza del Circuito.....	40
Figura 29. Raspadores.	40
Figura 30. Retenedores de cadena	41
Figura 31. Bastidores de Impacto.	42
Figura 32. Anchos Necesarios para Tamaño de Trozo.....	46

Figura 33. Variación del Factor Kt de Corrección de Temperatura.	57
Figura 34. Tensiones de Operación en Polea Motriz y Cola	66
Figura 35. Apoyos	70
Figura 36. Cargas Muertas (D).	70
Figura 37. Carga Muerta Material (LLn).	70
Figura 38. Impacto Vertical (Iv).	71
Figura 39. Tensión Máxima (Bmax)	71
Figura 40. Sismo en x (Ex).	71
Figura 41. Sismo en z (Ez)	72
Figura 42. Numeración de Miembros.	72
Figura 43. Envolvente de Interacciones para Todos los Perfiles.	74
Figura 44. Capacitación teórica en el Protocolo de Empalme.	75
Figura 45. Capacitación Práctica en el Protocolo de Empalme.	76
Figura 46. Detenciones de Overland 2016 luego de la implementación los planes de acción	76
Figura 47 Cambio de la Faja ST-1200 por la Faja ST-2000	81
Figura 48. Ubicación de Faja de Sacrificio en el Circuito.	83
Figura 49. Instalación de Faja de Sacrificio en el Circuito de Chancado.	83
Figura 50. Horas de detenciones de las Fajas Overland 2016 vs 2017.	84
Figura 51. Horas de detenciones según la etapa del plan de acción.	85
Figura 52. Disponibilidad del Circuito Chancado Primario 2015 vs 2016.	86
Figura 53. Disponibilidad según la etapa del plan de acción.	86
Figura 54. Comparativo entre el Costo Total y Gastos de Detención	90

INTRODUCCIÓN

Actualmente el aporte de la Minería al desarrollo económico y social del país se puede apreciar por los indicadores macroeconómicos: representa 59% del conjunto de las exportaciones peruanas y 5.7 % del producto bruto interno en 2011 (BCR 2012). Durante los últimos diez años la tasa anual promedio de crecimiento del PBI ha sido de 6 por ciento, mientras que la del sector minero ha alcanzado, en promedio, 10 por ciento. Por ello la importancia de optimizar procesos relacionados al sector minero.

En la mayoría de los proyectos a tajo abierto de la gran minería, con roca dura y a gran profundidad, se utiliza un sistema de carguío con palas y transporte por camiones que brinda flexibilidad a la operación. Sin embargo, el empleo de este método origina altos costos en combustible, grandes emisiones de dióxido de carbono por la cantidad de equipos gigantes y posibles accidentes de transporte. Por ello, muchas empresas mineras buscan otras alternativas para el acarreo de material en la mina, una de las alternativas más usadas es el sistema de transporte por fajas transportadoras que representan una excelente solución, pero también nuevos problemas generados por el uso continuo y que requiere de programas de mantenimiento para atender las demandas de los problemas que este sistema genera.

El transporte de materiales en un circuito del área de chancado de una unidad minera resulta un factor crítico para la continuidad de alimentación de procesos en la planta, es decir, si las fajas no se encuentran operativas, todo el sistema podría detenerse y por ende la producción, ahí radica la importancia de optimizar estos problemas para evitar, en la medida de lo posible, la parada de la producción a causa de problemas en los circuitos de fajas transportadoras.

El objetivo general del presente trabajo es optimizar el circuito de transporte y transferencias en chancado primario de plomo-zinc, en el proceso de obtención de minerales.

Las soluciones propuestas en este trabajo de investigación tendrán como resultado un beneficio económico para la empresa a mediano y largo plazo, ya que es constituyen una excelente herramienta para incrementar la disponibilidad efectiva de los sistemas usados y reducir los tiempos de mantenimientos correctivos que suelen darse a causa de las continuas paradas por los actuales problemas en las fajas transportadoras.

Luego de realizar un análisis de causa raíz del problema a investigar lograremos detectar las variables principales que originan el actual problema, de esta manera podremos estabilizar el proceso logrando una producción adecuada y continua lo que beneficiaría a la empresa minera. Así mismo constituye una necesidad real del uso de la ingeniería mecánica en la solución de problemas de transporte de mineral en el circuito de chancado Plomo Zinc.

La presente investigación tiene como objetivo el optimizar el circuito de transporte y transferencias en chancado primario de plomo-zinc, en el proceso de obtención de minerales, así también el estudio está compuesto por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Donde se encuentra el problema de investigación, la determinación del problema, el enunciado del problema, los objetivos de investigación, la justificación, los alcances y limitaciones.

Capítulo II: Conformado por la fundamentación del proyecto, los antecedentes, la descripción general de la empresa, la descripción de la implementación y descripción de los equipos.

Capítulo III: Donde se encuentra el marco metodológico, la metodología de la investigación, la aplicación del ACR y la ejecución del plan de acción.

Capítulo IV: Aquí se plasman los resultados obtenidos.

Finalmente se describen las conclusiones obtenidas en el presente trabajo de investigación, en el cual luego de aplicar el ACR se determinan acciones concretas como: la implementación de las fajas de sacrificio en el proceso y la evaluación del cálculo de diseño de las fajas overland, gracias a este último cálculo se concluye que las fajas iniciales se encontraban subdimensionadas y se procedió al reemplazo de las fajas overland correctas, con ayuda de estas implementaciones y mejoras se logra aumentar la disponibilidad de los equipos en planta.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del problema

El proceso de transporte de material del área de chancado primario hacia las demás áreas lo realizan mediante un sistema compuesto por fajas de transporte de tipo Overland, con una longitud total de 3146 m. El sistema de fajas cuenta con zonas de transferencia, donde están instalados los chutes para la alimentación y descarga en cada punto intermedio, con una diferencia de altura entre fajas de 6m.

Las fajas Overland, están compuestas por diferentes equipos como son la faja transportadora, las poleas de cola y motriz, los diferentes tipos de polines y el conjunto de motor y reductor para el accionamiento y funcionamiento del sistema. Los sistemas a lo largo del funcionamiento presentan fallas significativas ocasionando paradas imprevistas por mantenimiento, afectando el proceso, los tiempos y la producción diaria.

Las fallas en el sistema son atendidas de forma inmediata de manera correctiva, volviéndose a repetir las mismas fallas en el sistema sin dar una solución definitiva que ataque el problema raíz. Las áreas involucradas reportan la existencia de pérdidas significativas para la empresa en mantenimiento, operación y producción. Como parte de las funciones las áreas involucradas en conjunto, identificaron buscan identificar los problemas principales que afectan la producción y determinar la raíz de las fallas, mediante la evaluación de criticidad, de los equipos que más presentan fallas.

Para identificar las causas para los problemas se realizó un análisis de causa raíz (ACR), donde se pudo determinar las causas de las fallas en el sistema siendo los principales errores técnicos en la selección y compra de la faja transportadora, el uso de repuestos y accesorios que no están según los estándares del sistema de fajas y la diferencia de altura en cada estación de transferencia por el chute de descarga de una hacia la otra faja. Todas las fallas identificadas afectan directamente a la faja transportadora la cual sufre daños de rotura, cortes, y desprendimiento de alambres de la faja.

1.2. Enunciado del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo optimizar del circuito de transporte y transferencias en chancado primario de plomo-zinc, en el proceso de obtención de minerales?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo realizar el análisis de causa raíz de fallas (ACR) del circuito de chancado primario para determinar el origen de las detenciones del transporte por mantenimiento?
- ¿Cómo diseñar una faja de sacrificio en los puntos de transferencia de material que reduzca los daños a las fajas Overland dando una confiabilidad estable al circuito?
- ¿Cómo estabilizar la mantenibilidad del sistema de transporte de fajas Overland en el circuito de chancado de Plomo-Zinc?
- ¿Cómo aumentar la disponibilidad de circuito chancado Plomo Zinc, reduciendo las paradas por fallas de mantenimiento?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Optimizar el circuito de transporte y transferencias en chancado primario de plomo-zinc, en el proceso de obtención de minerales.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis de causa raíz de fallas (ACR) del circuito de chancado primario para determinar el origen de las detenciones del transporte por mantenimiento.
- Aumentar la disponibilidad de circuito chancado Plomo Zinc, reduciendo las paradas por fallas de mantenimiento.
- Estabilizar la mantenibilidad del sistema de transporte de fajas Overland en el circuito de chancado de Plomo-Zinc.

- Diseñar una faja de sacrificio en los puntos de transferencia de material que reduzca los daños a las fajas Overland dando una confiabilidad estable al circuito.

1.4. Justificación

El uso de equipos para la transferencia de mineral se da mediante fajas transportadoras de diferentes longitudes, anchos y composición de la faja; según el material que van a transportar, el tamaño del material y las condiciones operacionales. El área de mantenimiento debe llevar un control programado y planificado del sistema de fajas Overland del funcionamiento y componentes.

Todas las actividades de mantenimiento y operación deben buscar mantener operativa la faja, aumentando la disponibilidad de los equipos y disminuir las paradas de la producción por causas de fallas técnicas, operacionales y humanas que dañan los equipos siendo la más afectada la faja transportadora, la cual tiene que ser reparada y empalmada con otra faja nueva para reemplazar la parte dañada. El proceso técnico operativo se viene desarrollando de manera rutinaria sin la realización de un análisis minucioso del por qué los daños repetitivos en la faja, llegando a la conclusión de realizar un Análisis de Causa Raíz. (ACR)

Realizado el ACR se determinó las causas y también se determinó soluciones para eliminar las fallas y mejorar la disponibilidad de los equipos en conjuntos, siendo una de las medidas más significativas el cálculo para la selección de una nueva faja transportadora y el diseño de una faja de sacrificio para instalar en las zonas de transferencia intermedia entre fajas Overland.

El presente trabajo de investigación se justifica por ser necesario identificar la raíz de las fallas más comunes que afectan el funcionamiento de las fajas transportadoras Overland para poder implementar un plan de acción que involucre a todas las áreas relacionadas en el proceso. Una vez definido las causas raíz la investigación permitirá implementar mejoras en el sistema de transporte de las fajas Overland, para optimizar el proceso y disminuir las paradas por mantenimiento por fallas en la faja, aumentando la producción y mejorando los índices de mantenimiento (KPI).

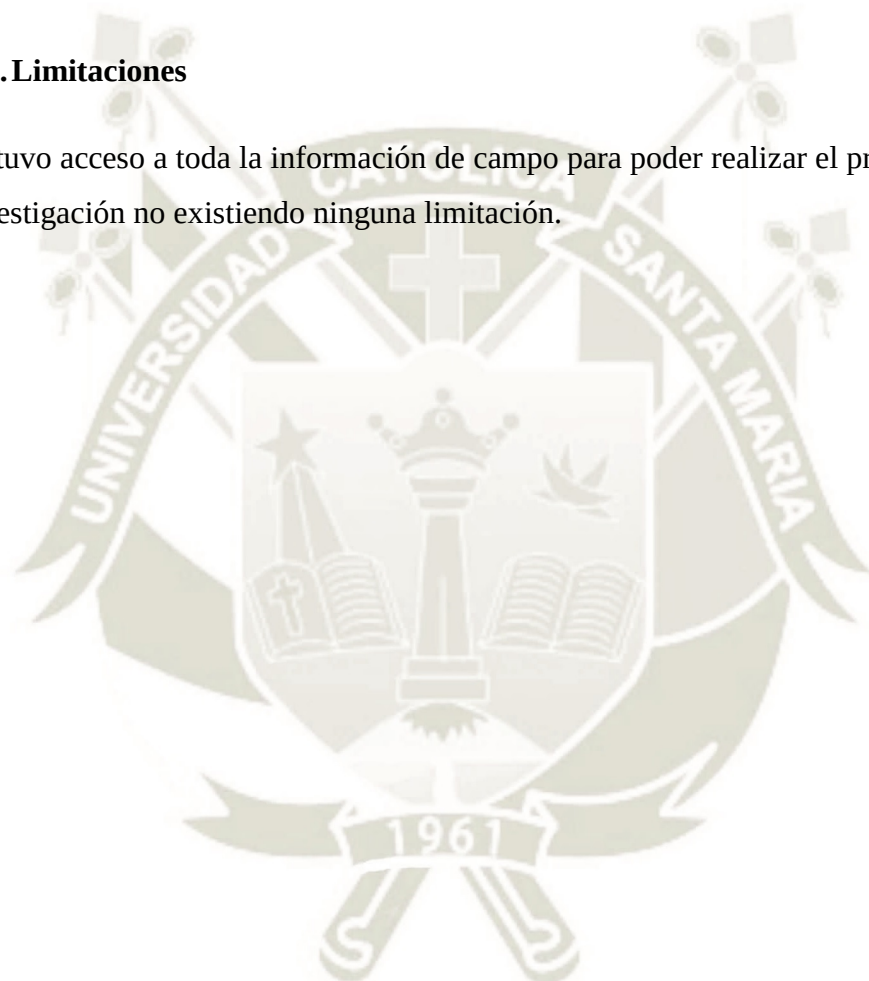
1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcance

El presente proyecto tiene por alcance optimizar el proceso de transporte y transferencia de material proveniente de la chancadora primaria, se aplica en las tres fajas overland a lo largo de todo el circuito de transporte de material, alcanzando el área de mantenimiento, operación y seguridad.

1.5.2. Limitaciones

Se tuvo acceso a toda la información de campo para poder realizar el presente trabajo de investigación no existiendo ninguna limitación.



CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO

2.1 ANTECEDENTES

Herrera (2016), en su tesis titulada “Dimensionamiento y selección de equipos para una planta concentradora de cobre, plomo y zinc con una capacidad de 4800 TMDP” que tuvo como objetivo general dar a conocer los aspectos necesarios para el dimensionamiento y selección adecuada de componentes y maquinaria de una planta de concentración de minerales típica, siendo esta una investigación de tipo descriptiva, donde finalmente concluye que para la etapa de chancado primario la chancadora adecuada es la chancadora de quijada, debido principalmente al tamaño de la roca de alimentación, rango de alimentación menor a 800ton/h, y además menor coste en mantenimiento así también en el equipo.

Acuña (2016), en su tesis titulada “Análisis para la implementación de una banda transportadora para mineral en el circuito de chancado de la CIA minera MAPERU” que tuvo como objetivo general la implementación en el circuito de chancado de la banda transportadora para CIA minera MAPERU, siendo esta una investigación de tipo descriptivo, donde finalmente se concluyó que los parámetros más relevantes para la selección de una faja son el ancho de banda, el diámetro del transportador, la resistencia y potencia, todos estos deben ser analizados en el arranque y frenado además de estar cargadas con el mineral, ya que aquí sucede los esfuerzos más críticos para las características mencionadas.

Paucar (2016), en su tesis “Optimización de la faja transportadora 9b para incrementar el tonelaje de transporte de mineral en la UMCL- MILPO Chinchá Perú”, que tuvo como objetivo general repotenciar una banda transportadora 9B tal que una mayor cantidad pueda ser transportada en la UMCL – MILPO CHINCHA, siendo una tesis de tipo descriptiva, donde finalmente se concluyó que cambiando mínimos componentes como parámetros de diseño crítico se puede aumentar considerablemente la capacidad de carga, es decir el flujo másico de 447% de sólidos (T/h), hasta un 546%.

Amela & Gómez (2016), en su tesis titulada “Diseño de una faja transportadora en una instalación de carga automática de coque”, siendo esta una tesis de tipo descriptiva, que

tuvo como objetivo general proporcionar una manera más dinámica de recoger y distribuir el coque, donde finalmente se concluyó que el uso de las fajas disminuye considerablemente la contaminación al ser un sistema mucho más ordenado además de que agiliza el proceso.

Zela (2017), en su tesis titulada “Planificación y programación del mantenimiento de instrumentación de la planta de chancado primario compañía Antapaccay”, siendo una investigación de tipo descriptiva, que tuvo como objetivo general la generación de un plan de mantenimiento para la planta de chancado primario de la compañía Antapaccay, para finalmente adecuarlo a un plan de mantenimiento anual, donde finalmente se concluyó que operar a la planta bajo un plan de mantenimiento anual en cuanto a su instrumentación aumenta considerablemente la disponibilidad de equipos a largo plazo, lo que acarrea un beneficio económico al final ya que la vida útil de dichos instrumentos aumenta, cabe resaltar que para poder administrar de manera adecuada los procesos de mantenimiento se usó un ERP.

Mollepaza (2018), en su tesis titulada “Estudio metodológico del tramo 1 de una faja transportadora para trasladar trozos de mineral de cobre con una capacidad de 944 TPH usando contrapeso de bloques de concreto evaluada con normas del sistema inglés”, siendo una investigación de tipo descriptiva, que tuvo como objetivo general estudiar de manera sistemática el tramo uno de una faja para llevar cobre usando para el proceso bloques de concreto como contrapeso, según normas inglesas, donde finalmente se concluyó que al comparar el método LRFD y ASD en el análisis de esfuerzos para perfiles estructurales, el primer método mencionado dio resultados mucho más favorables ya que nos daba un material menos costoso y ligero, además se comprobó el al aplicar el estándar CEMA 550 para analizar los componentes de la faja transportadora con el contrapeso resulto ser el más adecuado.

2.2 LA MINERÍA EN EL PERÚ

En el año 2019 señalaron que la minería es una actividad extractiva de vital importancia para el desarrollo económico del Perú y sus exportaciones. La minería peruana se encuentra dentro de los primeros lugares de Latinoamérica y del mundo. Los principales productos mineros del Perú son la plata, el cobre, el zinc, el estaño, el bismuto y el telurio como se observa en la figura 1. Debido a todas estas razones el potencial de

crecimiento de la minería en el Perú es notable y apreciado por especialistas del sector a nivel mundial.

Según el Sector Minero Perú Influencia del Crecimiento (2017) indica que a nivel mundial el Perú se mantiene como un buen productor de cobre, plata y zinc posicionándose en el tercer lugar con el estaño.



Figura 1. Posición del Perú como Productor Minero.
Fuente: Sector minero Perú influencia de Crecimiento (2017).

La minería es una de las actividades productivas de mayor aporte para el Perú, de acuerdo a la información que se registra en el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP) según su posición como productor minero detallado en la tabla 1, en promedio genera el 14% del Producto Bruto Interno Nacional, representando más del 60% de las exportaciones totales y contribuye con cerca del 30% del impuesto a la Renta empresarial.

Tabla 1
Posición del Perú como Productor Minero.

PRODUCTO	LATINOAMÉRICA	MUNDO
Oro	1	6
Cobre	2	2
Plata	2	2
Zinc	1	2
Plomo	1	3
Estaño	1	4
Molibdeno	2	4
Cadmio	2	8
Roca Fosfórica	2	11
Diatomita	1	5
Indio	1	7
Andalucita / Kyanita y minerales relacionados	1	4
Selenio	1	10

Fuente: Sánchez (2018)

La minería es una de las actividades productivas de mayor aporte para el Perú, de acuerdo a la información que se registra en el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP) detallado en la tabla 2, en promedio genera el 14% del Producto Bruto Interno Nacional, representando más del 60% de las exportaciones totales y contribuye con cerca del 30% del impuesto a la Renta empresarial.

Tabla 2.
Producción Minera de Diciembre del 2017 y 2018.

Metal	Diciembre			Enero – Diciembre		
	2017	2018	Var. %	2017	2018	Var.
Cobre (TMF)	224,652	230,258	2.5%	2,445,584	2,436,951	-0.4%
Oro (g finos)	13,186,897	11,896,922	-9.8%	151,964,040	142,642,543	-6.1%
Zinc (TMF)	125,054	120,202	-3.9%	1,473,073	1,474,674	0.1%
Plata (kg finos)	386,933	340,243	-12.1%	4,417,987	4,162,658	-5.8%
Plomo (TMF)	26,177	28,364	8.4%	306,784	289,195	-5.7%
Hierro (TMF)	852,396	895,943	5.1%	8,806,452	9,533,871	8.3%
Estaño (TMF)	1,306	1,696	29.9%	17,790	18,601	4.6%
Molibdeno (TMF)	2,622	2,393	-8.7%	28,141	28,034	-0.4%

Fuente: Sánchez (2018).

En el Perú no sólo constituye importancia en el presente, sino que el futuro resulta aún más prometedor, la cartera de inversión en minería se encuentra compuesta por 47 proyectos principales como se observa en la figura 2. Incluyendo proyectos de

ampliación, proyectos en etapa de exploración, y los proyectos con estudio ambiental aprobado o en proceso de evaluación, lo que representa un monto de US\$ 46,996 millones. Por lo que es importante apostar por proyectos que constituyan mejoras para la minería. (Exploradores.org, 2015)

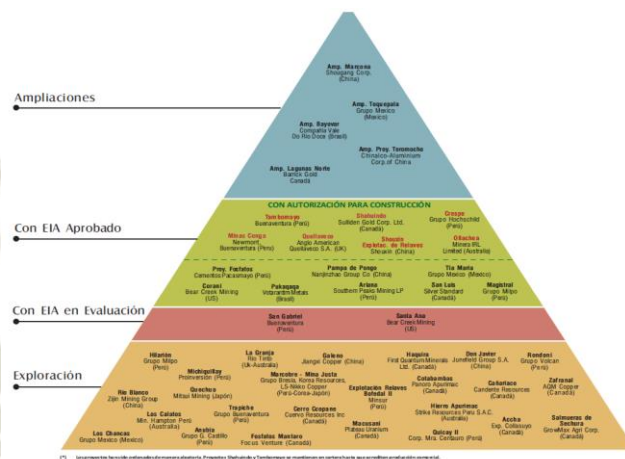


Figura 2. Principales Proyectos Mineros actuales del Perú.
Fuente: Shinno (2015).

Según Shinno (2015) en el Peru se estima una artera con sus proyectos mineros en un aproximado de los 45 millones de dólares.

Según Cuadra (2017), las actividades a nivel mundial están siendo fortalecidas con una mayor dinámica probando el crecimiento de cerca del 4% económicamente, como se observa en la figura 3.

2017: PARTICIPACIÓN DEL PRESUPUESTO MUNDIAL EN EXPLORACIÓN MINERA (%)



Figura 3. Participacion del Presupuesto Mundial en Exploracion Minera 2017

Fuente: Cuadra (2017)

2018: ESTRUCTURA DEL VALOR DE LAS EXPORTACIONES NACIONALES

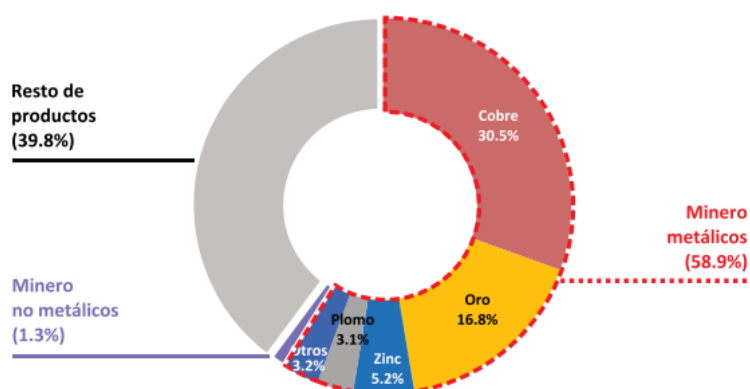


Figura 4. Estructura del Valor de las Exportaciones.

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (2018).

Según El Banco Central de Reserva del Perú (2018), la minería es importante para el crecimiento económico, así como el desarrollo del Perú. Como se observa en la figura 4.

2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA MINERA POLIMETÁLICA

Según infografía de la mina Antamina (2019), la minería polimetálica en términos generales es aquella en la que extrae principalmente minerales metálicos los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Básicos: Zinc, plomo, estaño, cobre.
- Ferrosos: Cobalto, molibdeno, titanio, cobalto, magnesio, hierro.
- Preciosos: Platino, oro, plata.
- Radiactivos: Torio, plutonio, uranio, radio.

Por lo general una mina polimetálica posee los siguientes procesos:

- Chancadora primaria: La cual reduce el tamaño considerablemente a dimensiones menores a la de un casco.
- Concentradora: Es aquí donde se concentra el mineral a través del apilamiento, molienda y flotación.
- Mineroducto: Es un sistema que sirve para el traslado de cobre y zinc, es considerada

una obra de alta tecnología que gracias a la fibra óptica da un monitoreo constante del proceso.

- Filtrado: A pesar de todos los procesos que se da a la producción, este poseerá al llegar a esta etapa un 65% de residuo sólido a través del mineroducto, cuando pase por este filtrado el mineral poseerá 9.5% de humedad. Esto garantiza un proceso de alta calidad.
- Embarque: Por lo general se quiere grandes barcos para transportar el mineral hacia las diferentes partes del mundo.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Según el Grupo Antofagasta Minerals (2012), las etapas del proceso productivo son comunes para cada proyecto minero. Pero es importante dejar en claro que cada mina es distinta a otra, por lo que puede haber algunas modificaciones en sus etapas de tal manera de hacer más eficiente el proceso productivo y mejorar la forma de extraer el mineral de interés.

- Distintos minerales y leyes.
- Distintas condiciones de roca y de geografía.
- Distintas condiciones de entorno (puertos, comunidades, otras industrias).

2.4.1 Extracción

Dentro la extracción de elementos en la minería se tiene como principio fundamental la extracción del mineral como se observa en la figura 5, que en su estado basal es la MENA y que se encuentra acompañada con impurezas que se llama la GANGA. En estos casos se debe pasar por un proceso de manufacturado, de manipulación del material para poder separar el mineral que nos interesa, como se observa en la figura 7, del que no se utiliza en la mina.

Según Lopez (2013), indica que la extracción es un procedimiento en el cual se puede extraer mineral de la tierra, sacándose del macizo rocoso como se indica en la figura 5.



Figura 5 Extracción del Mineral.

Fuente: Lopez (2013).

Según Jose López Arenales (2013), indican que hay minería a cielo abierto y minería subterránea, dicha extracción es realizada por voladura y perforación con el apoyo de maquinaria como se observa en la figura 6.



Figura 6. Maquinaria de Extracción.

Fuente: Informe José López Arenales (2013).



Figura 7. Mineral para el Chancado.

Fuente: Regmurcia (2012).



Figura 8. Movimiento del Mineral.

Fuente: Lopez (2013).

Según Lopez (2013), se puede afirmar que las plantas auríferas pueden ser despejadas por un avance mayor al de diferentes proyectos con el movimiento del mineral que se tiene, como se observa en la figura 8.

2.4.2 Fundición

Según Tironi (2015) este es el proceso más importante ya que se tiene que mezclar de tal manera que permita la obtención de solamente el mineral, en el que se tendrá una gran concentración del material para su tratamiento de manufacturación. Como se observa en la figura 9.



Figura 9. Fundición.
Fuente: Tironi (2015).

2.4.3 Refinación

Una vez listo el mineral extraído, se refina mediante diferentes procesos con el que se trabaja el mineral ya fundido, como se observa en la figura 10, seleccionado en el proceso cuando este se tiene que manipular, permitiendo la obtención de diferentes productos. Tironi (2015), aporta que en Alemania se ofrecen cátodos de cobre donde la oferta es abundante en dicho mercado.



Figura 10. Proceso de Refinación.
Fuente: Tironi (2015).

2.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA

2.5.1 Proceso de Chancado de Mineral

Arias (2014) manifiesta que se puede dividir los procesos del chancado primario en: Chancadora primaria, chutes de descarga, zaranda vibratoria, fajas transportadoras y circuito overland.

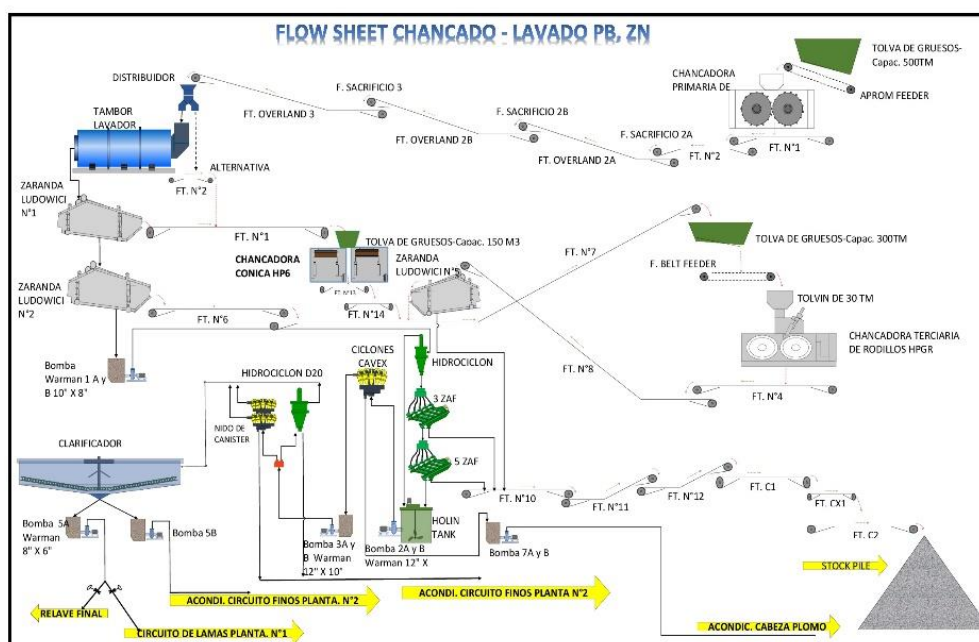


Figura 11. Flow Sheet Chancado – Lavado Pb-Zn.

Fuente: Andamio Químico (2012).

Como aporte del Andamio Químico (2012), indica que la alimentación de la mina se da en el área de chancado, como se observa en la figura 11.

A. Chancado primario

El chancado primario es la parte esencial de la trituración del mineral, ya que de ello depende el esfuerzo de la segunda chancadora que no llega a triturar completamente los minerales. Este proceso inicia con la Chancadora Sanvik, modelo Hybrid CR810/08-30 S que reduce el mineral de un diámetro mayor a 20” hasta un tamaño menor a 10”.

Este proceso se da en la parte más alejada que comprende la trituración, de las partes más grandes de las rocas en los que se encuentra el mineral y que es fortificada.

a. Setting de la Chancadora: Al referirnos al valor de “Setting de la chancadora” nos referimos la regularización de la “abertura de la descarga”, este término se usa a menudo en minería y lo usaremos a lo largo de este trabajo de investigación bajo ese término.

B. Chute de descarga:

Son cajones invertidos con lados inclinados que se encuentran conectados con la tolva y el alimentador correspondiente. Los chutes son los que ayudan amortiguando la carga del mineral en caso contrario el mineral que llegan de forma entera y dañarían la faja.

C. Zaranda Vibratoria:

Como su nombre lo indica es una zaranda que separa el mineral de mineral de alta densidad que no será manufacturado. Sabiendo que debe de pasar por la chancadora y reducirlo a un menor tamaño para su pronta manufacturación.

D. Fajas Transportadoras

Se basa en el transporte del mineral desde las tolvas de gruesos para las diferentes secciones de chancado, gracias a ello se puede transportar de forma constante y segura.

Faja de Sacrificio: La faja de sacrificio es un equipo empleado en el transporte de mineral ubicado delante de la faja a proteger, permite reducir el impacto de daños a la faja principal, así mismo dicha faja de sacrificio presenta costos de mantenimiento menores a la faja principal.

E. Circuito de Overlands

El circuito de overlands consta de tres fajas transportadoras de gran dimensión, como se observa en la figura 12, que unen chancado primario con el tambor lavador estas fajas son de características similares y recorren 5300 metros aproximadamente.

- Overland 2A: ST-1200 8+4 –X espesor 19.5mm distancia de recorrido 876m.
- Overland 2B: ST-1200 8+4 –X espesor 19.5mm distancia de recorrido 2810m.
- Overland 3: ST-1200 8+4 –X espesor 19.5mm distancia de recorrido 1573m.

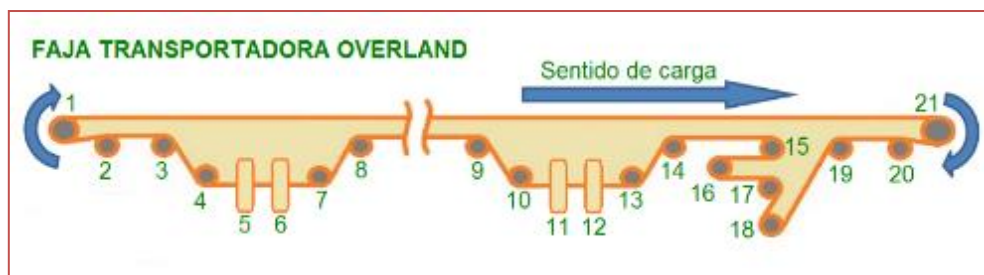


Figura 12. Detenciones Overland.
Fuente: Rivkin (2018)

2.6 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.

Según Calderón (2014), las partes más importantes son las mencionadas a continuación:

2.6.1 Faja (transportadora)

Son las encargadas de transportar el material, como se observa en la figura 14, siendo una de las más importantes y costosa a conseguir, los fabricantes ofrecen varios tipos dependiendo del tipo de tejido, aspecto y disposición de la superficie.

Dsimet (2012), indican que la minería continua es aplicada en diferentes procesos mineros para el cual se transporta dicho mineral mediante la faja transportadora como se observa en la figura 13.



Figura 13. Faja Transportadora.
Fuente: Dsimet (2012).



Figura 14. Transporte del Material.
Fuente: Tironi (2015).

A. Clases/tipos

Existen algunos de los tipos que se pueden encontrar en el mercado según sus características:

- Fajas transportadoras de lona.
- Fajas transportadoras resistente a alta temperaturas.
- Fajas transportadoras de chevrones.
- Fajas transportadoras de cables de acero.
- Fajas transportadoras especiales.
- Fajas transportadoras para el transporte de materiales inclinados.

B. Uso:

Según Dismet (2016), indica que su uso más convencional son el transporte del cargamento de manera constante sin la actuación de la mano del hombre teniendo como fin ser más constante en el trabajo sin percances y la eficiencia óptima.

Dependiendo de ello sus características y el tipo de material con el que está siendo usada la faja, y el tipo de exigencia con la que se trabajara.

2.6.2 Tambores

Según Diaz (2019) refiere que los elementos que generalmente se encuentran en los extremos de la faja, como se observa en la figura 15, se pueden distinguir de dos tipos, el primero es el motriz por el cual se transmite la potencia de la fuente motriz, transmite la fuerza tangencial de la banda, produciendo el movimiento y la no motriz que solo se ocupa de cambiar la trayectoria de la banda.



Figura 15. Tambor ubicado en la Cabeza de la Faja.
Fuente: Dismet (2012).

2.6.2.1. Clases/tipos

Diaz (2019), indica que la determinación del tamaño de los tambores depende del tipo de banda empleado, o del cable empleado. Por las distancias con las que se trabaja depende de la tensión proporcionada y soportada por la banda.

A continuación, se señalan los tipos de tambores más utilizados:

A. Tambores Motrices

Este tipo de tambores, transmiten la fuerza tangencial a la banda.

B. Tambores No Motrices

Los tambores serán utilizados para el cambio de trayectoria de la banda, esta se puede dividir en (reenvió, tensores, presión, desvió).

C. Dependiendo de la Magnitud de la Tensión

- Dependiendo de la magnitud con la que trabaja la tensión.

- Tambores Tipo A: Tambores de alta tensión, con un ángulo de abrazado de 30 (tambores motrices).
- Tambores Tipo B: Tambores donde se encuentra baja tensión sabiendo que el ángulo abrazado mayor de 30 (tambores de cola).
- Tambores Tipo C: Tambores con un ángulo menor a 30 (tambores de desvío).

2.6.2.2 Uso

Según Pampeiro (2010), indica que el uso convencional de los tambores motrices es el direccionamiento de la faja, traccionar y/o tensionar la misma cuando esta se encuentre funcionando

2.6.3 Polines

Según Paqui, Romero, Vera, Medina (2009) refieren que estos elementos son los que le dan la calidad en general al sistema de fajas transportadoras, son los encargados de reducir la fricción entre los tambores, y sin estos el gasto de energía por parte de fuente motriz seria astronómico, además de ayudar a la limpieza de la banda, facilitar el arranque del producto, etc.

Allbiz (2010), es una empresa encargada de dicho rubro cuyas características son beneficiosas para el uso en minería como se observa en la figura 16.



Figura 16. Polines para Faja Transportadora.

Fuente: Allbiz (2010).

A. Clases/tipos

Polines de Impacto: Los polines de impacto están equipados con anillos de goma los cuales están hechos de material sintético. Para la fácil manipulación y mantenimiento deben de ser diseñados para ello, estas protegen a la faja mediante absorción se impactó en un punto de carga 20° , 35° y 45° de ángulo.

Polines de Carga: También conocidos como estaciones, los cuales son capaces de soportar la faja y toda su carga; se constituyen de una parte fija o base y uno o más rodillos que apoyan la faja. De estos depende la continuidad del movimiento de la faja transportadora

B. Uso

Según Paqui, Romero, Vera & Medina (2009), el uso que se le da a los polines es la contención, soporte a la faja la cual la libra de menos esfuerzo con el transporte, así tratar de mantener una larga vida útil a la faja y los tambores que se encuentran en movimiento.

2.6.4 Tensores de faja:

Gil Berru (2013) concluye que la gracias a este sistema se logra hacer un buen contacto entre la banda y el tambor motriz para evitar derrames en las proximidades de los puntos de carga. Según la figura 17, la cual describe las partes principales que presentan estos tensores de faja.



Figura 17. Tensor de Faja.
Fuente: Allbiz (2010).

A. Clases/tipos

Se clasifican en:

➤ Por su forma constructiva

Pueden variar según su uso ya que depende de cuantos equipos han de utilizar y como se encuentran instaladas ya que, así como de ello depende que la faja en su constante utilización del sistema.

- De lazo sencillo.
- De lazo múltiple.

➤ De la forma de aplicar la fuerza tensora

Esta depende de cómo se aplica la tensión en el sistema si es de una forma autónoma o fija con el peso aplicable.

- Automática.
- Fija.

➤ Por el equipo mecánico que aplica la fuerza

Como se aplica una tensión constante en la instalación se comprende que el peso utilizado en la faja debe de ser mayor el peso aplicado. Este tensado que se aplica en el sistema es recomendable que se utilice una faja con tracción de poliamida, la cual no debe de ser utilizada en el funcionamiento inverso a plena carga a menos que este equipado este equipado con dos dispositivos, uno a cada lado del tambor motriz.

- Gravedad.
- Husillo.
- Cabrestante Manual fijo.
- Cabrestante Eléctrico Fijo.
- Cabrestante Eléctrico Automático.

➤ **Por la situación del equipo**

Se trata de la fuerza o tensión en toda la faja ya que de ello depende que tan cual este bien aplicada y su misma fuerza que se utiliza en toda la faja.

- En Cabeza.
- En Cola.

B. Uso

Para la correcta instalación de este tipo de sistemas de prevención de alguna falla se concluye que se utiliza de forma más constante los tensores automáticos y fijos

2.6.5 Chute

Según Patiño (2015), indica que son chimeneas, como se indica en la figura 18, donde se vierte el mineral tal que conduzca o lo encause hacia las fajas transportadoras, debe dimensionarse dependiendo del mineral y la cantidad de este.



Figura 18. Chute en Minería.
Fuente: Dismet (2012).

A. Clases/tipos

- Chutes Gruesos: Usualmente estos son de concreto armado la cual tiene una forma cuadrada y tiene la función de la recepción del mineral que viene de la mina de tal forma que llega a la chancadora en forma regular.
- Chutes de Finos: Como su nombre lo indica almacena de forma constante del mineral ya chancados las cuales llegan a los molinos para después ser tratados.

B. Uso

Para la correcta utilización de este componente en la recolección de los materiales que se encuentran en movimiento en la faja, la que se encuentran en recolección de los minerales chancados y procesados tanto al inicio o final.

2.7 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

En el funcionamiento de los equipos existen fallas imprevistas que generan parada del proceso, afectando la producción y atentando con la seguridad, cuando ocurren estas fallas se procede a su corrección inmediata para reiniciar el proceso, sin tomar en cuenta la raíz de la falla y la oportunidad que nos brindan para la implementación de una mejora.

Según sea el equipo y/o sistema aumentara la complejidad aumentara la dificultad de localizar la raíz u origen de la falla, se debe tener en cuenta que el solo identificar la falla no resuelve el problema, pero sirve como herramienta para implementar acciones correctivas de mejora.

2.7.1. Beneficios del ACR

- Evita incurrir en el mismo problema.
- Redefine procesos y procedimientos en la operación.
- Aumenta el conocimiento de todos los participantes.
- Evita la manifestación del mismo problema, pero con diferentes causas raíz.
- Realizar correctamente el ACR permite adelantarnos a situaciones problemáticas, previniendo futuras fallas.

2.7.2 Pasos para hacer el ACR

Para el desarrollo del ACR se considera cuatro pasos como se indica en la figura 19.

- Definir el problema.
- Información y análisis.
- Propuesta de solución.
- Verificación y seguimiento.



Figura 19. Pasos para hacer el ACR.
Fuentes: Elaboración propia.

A. Definir el problema

Consiste en identificar un equipo multidisciplinario (mantenimiento, operación, seguridad, etc.), se pueden utilizar preguntas de ayuda como las siguientes:

- ¿Qué ocurrió?
- ¿Cómo ocurrió?
- ¿Cuándo ocurrió?
- ¿Qué tan frecuente sucede?
- ¿Qué impacto tiene?

B. Análisis de la información

Se recolecta información (documentos, fotos, videos, etc.) y se procede analizar la información mediante herramientas establecidas como: 5W, diagrama de Ishikawa, árbol de fallas, norte, etc.

Según Perez (2015), el diagrama de Ishikawa, como se observa en la Figura 20,

es una representación gráfica en la que se puede realizar estrategias para el aprendizaje visual, para desarrollar habilidades nuevas.

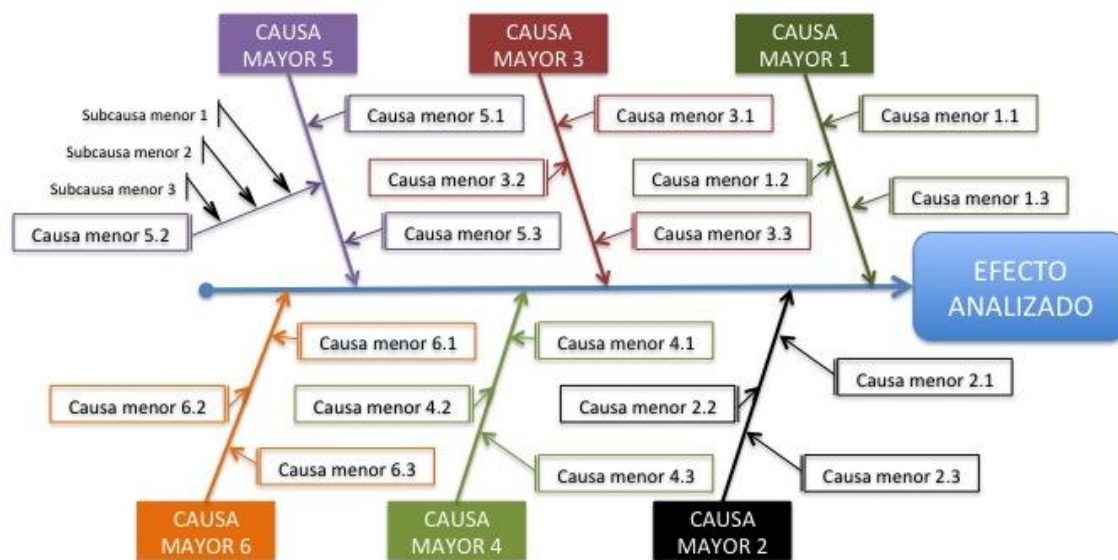


Figura 20. Diagrama de Ishikawa.
Fuente. Pérez (2015).

C. Propuesta de solución

Se tiene que llegar a la conclusión y tomar la decisión de cual de todas propuestas es la mejor, haciendo un análisis de costo beneficio, así mismo se debe desarrollar un plan de acción para su implementación.

D. Verificación y seguimiento

Un paso muy importante es el seguimiento de la implementación, la cual tiene que ser realizado por el personal que fue parte del equipo, evaluando la efectividad de las soluciones.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo metodológico se empezará realizando un análisis de causa raíz (ACR), para poder determinar las fallas, su origen y aplicar medidas correctivas que eviten la interrupción del proceso.

3.2 APLICACIÓN DEL ACR

Como se describió en el capítulo anterior en el punto 2.6, seguiremos cuatro pasos.

- Definir el problema.
- Análisis de la información.
- Propuesta de solución.
- Verificación y seguimiento.

3.2.1 Definición del problema

A. Selección de equipo multidisciplinario

En la tabla 3, se detallan las áreas, así como los responsables.

Tabla 3.
Requerimiento de Personal.

Nº	Responsable	Área
01	Responsable de operaciones	Operaciones
02	Responsable de mantenimiento	Mantenimiento
03	Responsable de proyectos	Proyectos
04	Responsable de Seguridad	Seguridad
05	Responsable de Contratos	Contratos
06	Responsable de Planteamiento	Planeamiento
07	Responsable de Confiabilidad	Confiabilidad
08	Responsable de electricidad e instrumentación	Electricidad e instrumentación
09	Responsable de predictivo	Predictivo

Fuente: Elaboración propia.

B. Identificación de las fallas

a) Área operaciones

Durante el periodo 2015 Y 2016 se presenta un déficit elevado de producción en el área de chancado primario de un 43% promedio. Este impacto se reflejó en la producción final deteniendo todo el circuito de planta concentradora por falta de mineral procesado en chancado primario. Siendo el principal causante de las detenciones el circuito de overland, por daños presentados en las fajas transportadoras. Según la figura 21, se realiza un análisis de la disponibilidad en el área de chancado pb-zn.

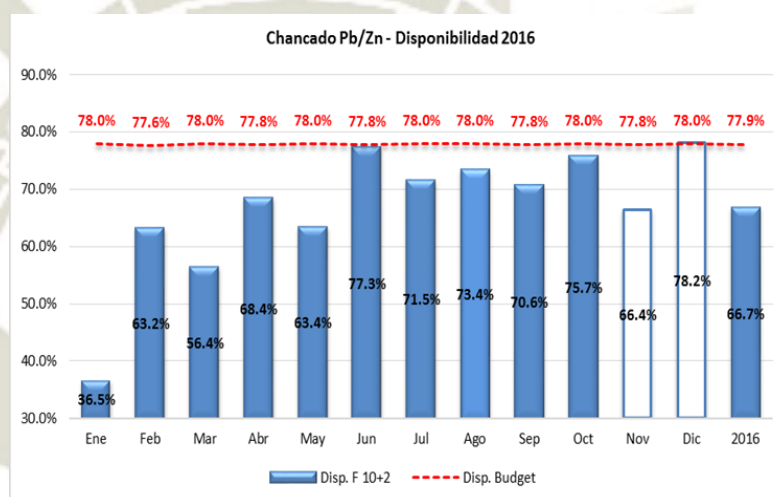


Figura 21. Disponibilidad 2016-Chancado Pb/Zn

Fuente: Elaboración propia

b) Área mantenimiento

Dicha área se encarga de proporcionar oportunamente, los servicios que requiera la empresa, que pueden ser predictivos o correctivos. Así también, otro de los propósitos es conservar en las mejores condiciones de operación y producción de cualquier tipo. Donde se pueden detallar las fallas y consecuencias como la tabla 4 lo indica. Se procede a realiza una evaluación del circuito de chancado primario evaluando lo siguiente:

Tabla 4.
Fallas y Consecuencias.

ITEM	FALLA	CONSECUENCIAS
F1	Ruptura de faja transportadora lateral con exposición del cable, cantidad de cables comprometidos 5	
F2	Ruptura de faja transportadora zona central longitudinal 10 metros, cantidad de cables comprometidos 6.	
F3	Desalineamiento de faja transportadora	
F4	Caída de bastidores y polines	

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Recolección y Análisis de la información

Para realizar la recolección y análisis de la información se realiza una reunión con los principales representantes de las áreas involucradas, donde se evalúan los problemas comunes mediante las siguientes actividades:

A. Tormenta de ideas

La tormenta de ideas, como se detalla en la tabla 5, es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. En la reunión entre áreas surgió la siguiente “tormenta de ideas”:

Tabla 5.
Tormenta de Ideas.

TORMENTA DE IDEAS		
¿Cómo mejorar el mantenimiento de las fajas Overland?		
	DESCRIPCION DE LA IDEA	AREA
1	Realizar planes de mantenimiento de los equipos	Planeamiento
2	Realizar programa de limpieza operación	Operaciones
3	Estandarizar tipo de faja transportadora	Planeamiento
4	Verificar cálculo de tensiones de faja	Proyecto
5	Instalación de bastidores autoalimentes	Mantenimiento
6	Establecer estándares de empalme según norma	Mantenimiento
7	Solicitar protocolo de reparación de fajas	Mantenimiento
8	Solicitar protocolo de empalme de fajas	Mantenimiento
9	Instalación de cadenas que amortigüen la carga	Mantenimiento
10	Instalación de camas de impacto	Mantenimiento
11	Instalación de faja de sacrificio	Proyectos
12	Escaneo de fajas transportadoras semestral	Planeamiento
13	Instalación de retenedores de carga en Apron feeder	Mantenimiento
14	Cerrado de Setting chancadora primaria	Mantenimiento
15	Monitoreo de componentes en el cerrado de Setting	Predictivo
16	Agregar cal dentro del sistema para evitar atoros de carga	Operaciones
17	Mantener una alimentación constante en circuito	Operaciones
18	Cambio integral de faja transportadora	Mantenimiento
19	Cambio de raspadores de faja	Mantenimiento
20	Campaña de cambio de polines	Mantenimiento
21	Compra de herramientas para reparación de correctivos	Planeamiento
22	Contratación de personal fajero	Mantenimiento
23	Comprar prensas para vulcanizado de faja (ahorro de costos)	Planeamiento
24	Reposición de polines faltantes	Mantenimiento
25	Reparación de raspadores en V para proteger polea	Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

B. Árbol de fallas

El árbol de fallas, como se observa en la figura 22, es un análisis de falla deductivo de arriba hacia abajo (descendente), en el que un estado no deseado de un sistema es analizado utilizando la lógica Booleana para conjugar una serie de eventos de bajo nivel.

En este caso aplicamos esta metodología para encontrar todas las causas raíces del problema que presentaba nuestra faja transportadora: “corte de faja transportadora” y lo clasificamos dependiendo al tipo de condición al que pertenece; todas las causas analizadas son causas reales que se presentaron en la operación:

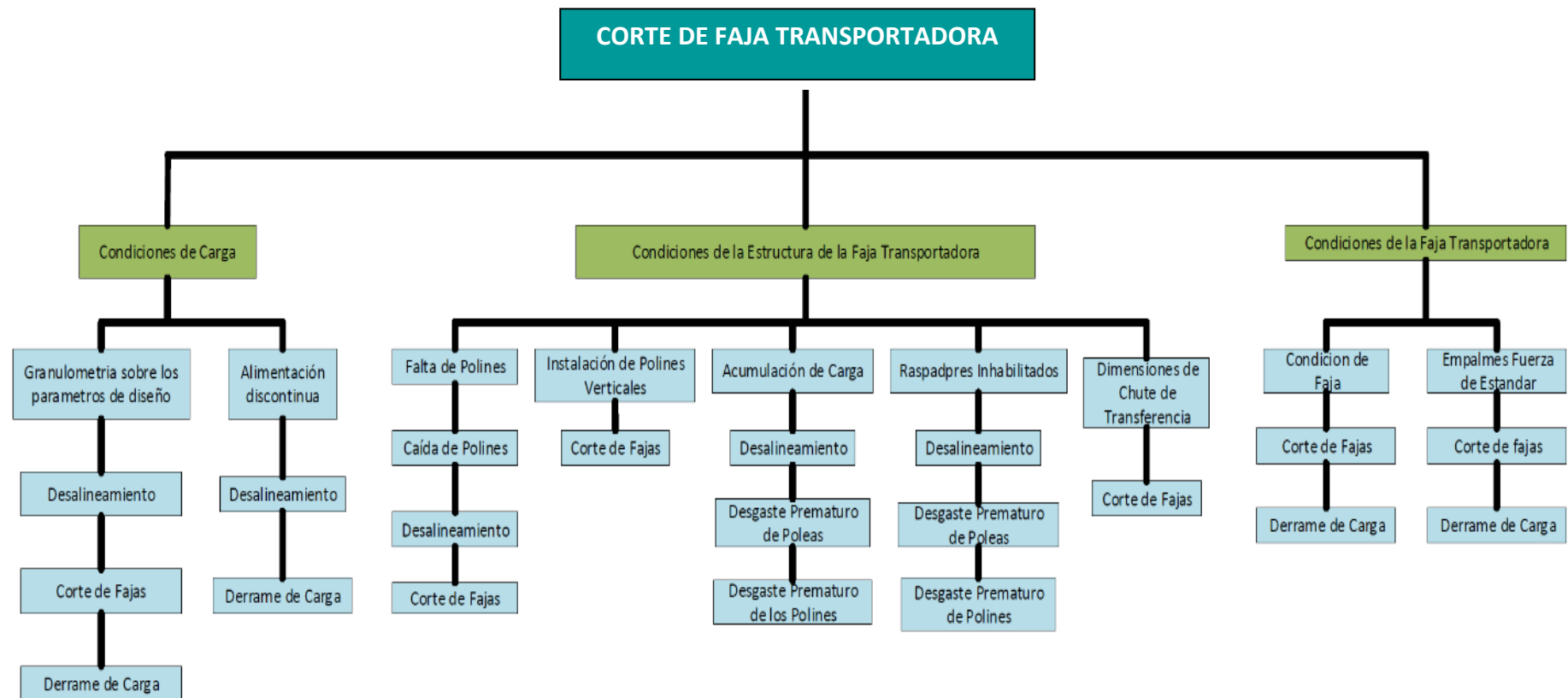


Figura 22. Árbol de Fallas.
Fuente: Elaboración propia.

C. Línea de tiempo

En la siguiente línea de tiempo, como se observa en la figura 23, se puede apreciar el tiempo en el que sucedieron las fallas analizadas en los puntos anteriores durante el año 2016 y previo a la implementación de las soluciones planteadas.

MES	DETENCIONES OVERLAND 2016				
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
HORAS DETENIDAS	272.83	126.57	194.78	99.3	143

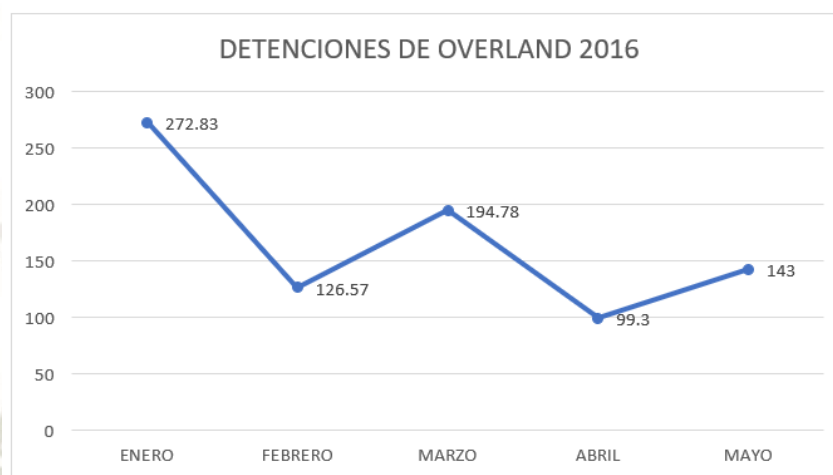


Figura 23. Detenciones Overland 2016.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Propuesta y selección de soluciones

A. Análisis de Causas raíz

Las causas raíces detectadas en campo fueron clasificadas en 03 tipos de causas principales: físicas, humanas y latentes, como podemos observar líneas abajo:

a) Causa raíz física

- Granulometría fuera de los parámetros de diseño mayor a 6.
- Alimentación discontinua, genera sobre carga intermitente.
- Falta de polines, bastidores sin polines.
- Polines instalados verticalmente, bastidores no son estándar.
- Derramamiento de mineral sobre los polines, por sobre carga.
- Raspadores inhabilitados por desgaste.
- Sobre dimensionamiento del chute de descarga.
- Fajas de distintas características.
- Mal empalme de fajas.

b) Causa raíz humana:

- Mala operación de los equipos del área.
- Mala selección de equipos y de repuestos.
- Errores en los trabajos de mantenimiento.
- Mala limpieza a lo largo de todo el circuito de fajas overland.

c) Causa raíz latente

- Falta establecer el procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS).
- Mal uso de los catálogos para la selección de fajas y demás componentes.
- Planes de mantenimiento y programación no están definidos.

B. Plan de acción

Se planteó un plan de acción para cada una de las causas raíces detectadas con fechas límites y responsables a fin de atacar y mitigar el problema.

Lo cual está detallado en las tablas 6 y 7, el plan de acción y el seguimiento de actividades respectivamente.

Tabla 6.
Plan de Acción.

PLAN DE ACCIÓN PARA CORTE DE FAJA OVERLAND						
ITEM	CONDICIÓN INICIAL	CAUSA	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN	FECHA	ÁREA RESPONSABLE
1	Condición de carga	Granulometría fuera de los parámetros de diseño	Material procesado mayor a 6"	Reducir el Setting de la chancadora primaria a tamaño de 55mm a 45mm	15/03/2016	MANTTO
						OPERACIÓN
2		Alimentación discontinua	Genera sobre carga intermítete en la faja	Instalación de retenedores de carga	15/03/2016	MANTTO
						OPERACIÓN
3	Estructura de la faja transportadora	Falta de polines	Bastidores sin polines	Reposición de polines en todo el circuito. Plan de inspección polines en SAP.	15/03/2016	MANTTO
4		Instalación de polines verticales	Bastidores fuera de norma instalados verticalmente en toda la faja	Instalación de bastidores autolimitantes	15/03/2016	MANTTO
5		Acumulación de carga	Carga derramada sobre polines	Campaña de limpieza del circuito.	15/03/2016	MANTTO
				Plan de inspección y limpieza del circuito.		OPERACIÓN
6		Raspadores inhabilitados	Raspadores inhabilitados y desgastados	Reposición de raspadores. Plan de inspección de raspadores	15/03/2016	MANTTO
7		Dimensiones de chute de transferencia	Altura del chute de transferencia 6.5 metros	Instalación de cadenas para amortiguar la carga	1/04/2016	MANTTO
8				Instalación de bastidor de impacto	15/03/2016	MANTTO
9				Instalación de faja de sacrificio	15/10/2016	MANTTO
10	Condiciones de la faja transportadora	Condición actual de faja	Fajas de distintas características instaladas a lo largo de la faja	Evaluación de dimensionamiento de faja overland y cambio de ser necesario	1/04/2016	MANTTO
11		Empalmes fuera de estándar	Procedimiento de empalme fuera de estándar	Realizar procedimiento de empalmes según la norma y protocolo	15/03/2016	MANTTO
12	Condiciones humanas	Errores en los trabajos de manto y limpieza del área	Errores en la realización de los empalmes de las fajas, uso de diferentes tramos de faja.	Capacitación en el protocolo de empalme	Inmediato	MANTTO
						OPERACIONES
						LOGISTICA
						ADMINISTRACIÓN

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Verificación y seguimiento

Tabla 7.
Seguimiento de Actividades.

ITEM	ACCIÓN	FECHA INICIO	FECHA FINAL
1	Reducir el setting de la chancadora primaria de 55mm a 45mm	15-Feb	15-Feb
2	Instalación de retenedores de carga	15-Feb	16-Feb
3	Reposición de polines en todo el circuito. Plan de inspección polines en SAP.	15-Feb	15-May
4	Instalación de bastidores autolimitantes	15-Feb	15-May
5	Campaña de limpieza del circuito. Plan de inspección y limpieza del circuito.	15-Feb	15-May
6	Reposición de raspadores, Plan de inspección de raspadores	15-Feb	15-May
7	Instalación de cadenas para amortiguar la carga	15-Feb	15-Feb
8	Instalación de bastidor de impacto	15-Feb	15-Feb
9	Evaluación de dimensionamiento de faja overland y cambio de ser necesario	15-May	15-Nov
10	Instalación de faja de sacrificio	15-May	15-Nov
11	Realizar procedimiento de empalmes según la norma y protocolo	15-Feb	15-Feb
12	Capacitación en el protocolo de empalme	15-Feb	15-May

Fuente: Elaboración Propia

3.3 EJECUCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN

3.3.1 Reducción del setting de la chancadora primaria

Se coordinó con operaciones, mantenimiento, confiabilidad y electricidad la detención del equipo y el cerrado del setting de la chancadora teniendo en consideración de como indicación de Sandvik se debería dejar en un setting de 55mm, pero esto nos genera una granulometría mayor a 6”, se procedió a cerrar el setting dejándolo en 45mm retirando anillos del tope axial de la chancadora. Como lo indica la figura 24.

Durante el arranque del equipo se realizaron monitoreos por el área de predictivo de vibración y temperatura obteniendo parámetros normales.

También el área de electricidad e instrumentación realizó monitoreos de los equipos obteniendo parámetros normales.



Figura 24. Reducción del Setting.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Instalación de retenedores de carga

Se coordinó con planeamiento que verifique con el proveedor Sandvik un sistema de retención dinámico que no restrinja la alimentación a un 100% y que solo nos permita homogeneizar la carga.

Se coordinó con operaciones y mantenimiento la instalación de estos retenedores de carga con apoyo del área de mantenimiento obteniendo una alimentación constante.

En la figura 25 se observa la instalación de los retenedores de carga.



Figura 25. Retenedores de Carga.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Reposición de polines en todo el circuito

Se realizó con el área planificación y confiabilidad la evaluación de las zonas que presenta mayor desgaste de polines, donde se coordinaron campañas para cambio de polines así mismo se coordinó con los proveedores de polines pruebas contra rendimiento obteniendo un resultado óptimo con la duración de estos como se evidencia en la figura 26.

Donde mantenimiento y operaciones coordinaron la instalación de estas en la parada de planta de 15 de febrero.



Figura 26. Reposición de Polines
Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Instalación de bastidores autolineantes

Se realizó con el área planificación y confiabilidad la evaluación de las zonas que presenta mayor desalineamiento, donde se coordinó con proveedores de bastidores autolineantes realizar pruebas contra rendimiento obteniendo un resultado la instalación intermitente de los bastidores autolineantes a lo largo de la overland, como indica la figura 27. Donde mantenimiento y operaciones coordinaron la instalación de estas en la parada de planta de 15 de febrero



Figura 27. Bastidores Autolineantes.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.5 Campaña de limpieza del circuito.

Se coordinó con el área de operaciones y contratos un contrato marco de 10 personas que realicen limpieza de las áreas en base a un programa preventivo y correctivo según la condición de la planta reduciendo así la acumulación de carga del circuito. El circuito quedó como la figura 28.



Figura 28. Limpieza del Circuito.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 Reposición de raspadores.

Se coordinó con mantenimiento la evaluación de los raspadores dentro del circuito y se coordinó con planeamiento la compra de los repuestos.

Donde mantenimiento y operaciones coordinaron la instalación de estas en la parada de planta de 15 de febrero. Obteniendo una mayor protección de las poleas. En la figura 29 se observan os bastidores que serán instalados.



Figura 29. Raspadores.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.7 Instalación de cadenas para amortiguar la carga

Se coordinó con mantenimiento y operaciones la instalación de cadenas de $\frac{3}{4}$ " de espesor instaladas en dos filas de 3 con una separación de 500mm entre cadenas y una altura entre ellas de 2000mm como muestra la imagen adjunta.

Pero el resultado de esta instalación fue insatisfactoria debido a la condición del material este tiende a apelmazarse ocasionando atoros del chute. Como se observa en la figura 30.



Figura 30. Retenedores de cadena

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8 Instalación de bastidor de impacto

Se coordinó con las áreas de mantenimiento, planeamiento y confiabilidad las pruebas de camas de impacto.

Sin embargo, no se tuvo éxito durante las pruebas debido a que la soportaría de los segmentos de fisuraban por el impacto del mineral hacia el componente.

En la figura 31 se observan los bastidores de impacto que fueron instalados, evidenciando fisuras en su puesta en marcha



Figura 31. Bastidores de Impacto.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.9 Evaluación de dimensionamiento de faja overland y cambio de ser necesario

El calculo lo realizaremos por el método corto, según el manual de ContiTech (2013), debido a que tenemos la faja transportadora ya existente y por lo tanto tenemos datos conocidos como son la velocidad, capacidad, potencia del motor y el ancho de la banda.

El procedimiento de cálculo lo realizaremos en 4 pasos siguientes:

Paso 1: Determinar la tensión efectiva mediante la fórmula:

$$T_e = \frac{n \times HP_{mot} \times 33000}{S} \quad (1).$$

Donde:

Te: Es la tensión efectiva en lb.

Hpmot: Es la potencia del motor en HP.

S: Es la velocidad en ppm.

n: Es la eficiencia de acople.

- Tenemos 4 motores de potencia de 220 kW en consecuencia una potencia total de 880 kW = 1179.6 HP.
- Una velocidad de $S = 4.2 \text{ m/s} = 826.8 \text{ ppm}$.
- Un ancho de banda de $B = 36 \text{ pulgadas}$.
- Eficiencia de acople de $n = 0.9$.

Reemplazando en la ecuación (1).

$$T_e = \frac{0.9 \times 1179.6 \text{ HP} \times 33000}{826.8 \text{ ppm}}$$

$$T_e = 42373.15 \text{ lb}$$

Paso 2: Determinar la tensión de retorno mediante la siguiente ecuación:

$$T_2 = K \times T_e \quad (2).$$

Donde:

T_2 : Es la tensión de retorno en lb.

K: Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción, arco de contacto y tipo de tensor. Los valores de K para varias condiciones de transmisión se encuentran en la tabla siguiente:

Tabla 8.

Factor de Transmisión (K) para Prevenir el Deslizamiento.

ANGULO DE CONTACTO EN LA BANDA DE TRANSMISION	TIPO DE TRANSMISION	TENSOR DE TORNILLO		TENSOR DE GRAVEDA	
		POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA	POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA
150°	Recta	1.5	1	1.08	0.670
160°	Recta	1.4	0.9	0.90	0.600
170°	Recta	1.3	0.9	0.91	0.550
180°	Recta	1.2	0.8	0.84	0.500
190°	De contacto	1.1	0.7	0.77	0.450
200°	De contacto	1	0.7	0.72	0.420
210°	De contacto	1	0.7	0.67	0.380
220°	De contacto	0.9	0.6	0.62	0.350
230°	De contacto	0.9	0.6	0.58	0.320
240°	De contacto	0.8	0.6	0.54	0.300
340°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.29	0.143
360°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.26	0.125
380°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.23	0.108
400°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.21	0.095
420°	Tandem o Dual	0.4	0.3	0.19	0.084
440°	Tandem o Dual	-	-	0.17	0.074
460°	Tandem o Dual	-	-	0.15	0.064
480°	Tandem o Dual	-	-	0.14	0.056

Fuente: ContiTech (2013)

Con ángulo de contacto de 210° con polea recubierta, según la Tabla 8, $K = 0.38$. y
reemplazando valores en la Ecuación 2 tenemos:

$$T_2 = 0.38 \times 42373.15 \text{ lb}$$

$$T_2 = 16101.80 \text{ lb}$$

Paso 3: Determinar el lado tenso mediante la siguiente ecuación:

$$T_1 = T_e + T_2 \quad (3).$$

Donde:

T_1 : Es la tensión en el lado tenso en lb

Reemplazando:

$$T_1 = 42373.15 \text{ lb} + 16101.80 \text{ lb}$$

$$T_1 = 58474.95 \text{ lb}$$

Paso 4: Determinar la tensión de operación unitaria mediante la ecuación siguiente:

$$T_u = \frac{T_1}{B} \quad (4)$$

Donde:

T_u : Es la tensión de operación unitaria en lb.

B : Es el ancho de banda en pulgadas.

Reemplazando:

$$T_u = \frac{58474.95 \text{ lb}}{36 \text{ pulg}}$$

$$T_u = 1624.30 \text{ lb/pulg}$$

Para la selección convertimos a kN/m

$$T_u = 284.44 \text{ kN/m}$$

Tomaremos como factor de seguridad el valor de 6. Entonces:

$$T_u = 284.44 \times 6 \text{ kN/m}$$

$$T_u = 1706.64 \text{ kN/m}$$

Según catálogo Bridgestone de fajas ST escogemos una faja ST 2000 con 36 pulgadas de ancho por ser la superior inmediata.

NOTA: Con este cálculo determinamos que la faja instalada ST 1200 fue subdimensionada, con un factor de seguridad de 4, por ello se optó por realizar el cambio de las Fajas Overland.

En la tabla 9 se observa los tipos de fajas transportadoras según la empresa Bridgestone.

Tabla 9

Tipos de Fajas Transportadoras con Cables de Acero

TENSILE STRENGTH (KN/m)	PITCH (mm)	CORD DIAMETER (mm)	CORD TENSILE STRENGTH
ST- 630	10	3.0	9.5
ST- 800	10	3.0	9.5
ST-1000	12	3.6	13.3
ST-1250	12	4.0	16.2
ST-1400	12	4.5	20.7
ST-1600	12	4.5	20.7
ST-2000	12	5.6	30.4
ST-2250	12	5.6	30.4

Fuente: Bridgestone: All About Conveyors Belt (2015)

En el Anexo N°2 se puede ver más detalles de la faja seleccionada

3.3.10 Instalación de la faja de sacrificio: Diseño

A. Determinar el ancho de la faja.

El diseño se realizará de acuerdo al manual de CEMA. Como datos de entrada tenemos los siguiente:

- Longitud entre centros de 10 m = 32.81 pies
- Elevación de la faja de 0 m
- Material: cobre/zinc
- Tamaño del terrón de 270 mm = 10.63 pulgadas
- Densidad del material de 1800 kg/m³ = 112.13 lb/pie³
- Capacidad de 1500 T/h
- Temperatura de ambiente de 35° C = 95 °F

En primer lugar, escogeremos el ancho de faja adecuado. Para esto necesitaremos el ángulo de sobrecargas o máxima inclinación y esto dependerá del tipo de material a transportar. Del Anexo N°3 podemos obtener el ángulo de sobrecarga.

Para el cobre máxima inclinación es de 20° y para el zinc es de 22° , como la inclinación del cobre es menor que la del zinc usaremos la inclinación máxima del cobre.

- Inclinación máxima o ángulo de sobre carga es de 20°

Luego seleccionaremos el ancho de faja adecuado y esto será de acuerdo al tamaño del terrón. En la figura 32 podemos obtener el ancho de faja.

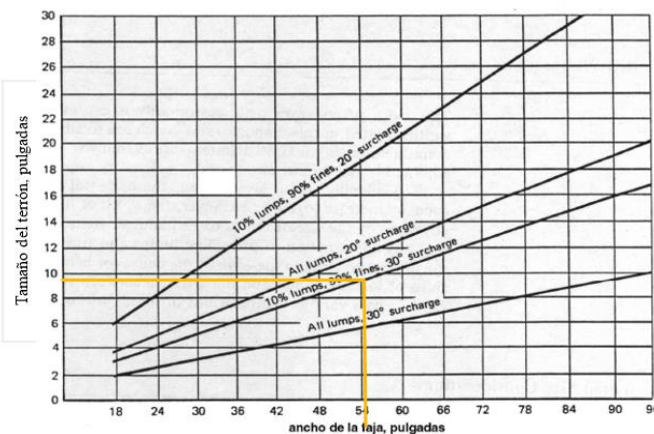


Figura 32. Anchos Necesarios para Tamaño de Trozo.

Fuente: CEMA (2002).

NOTA: Para el tamaño de 10.63 pulgadas se escoge una faja de **54 pulgadas de ancho**.

Una vez seleccionada la faja tenemos que fijar la velocidad de la faja. Esto lo haremos con la tabla 10:

Tabla 10.

Las Velocidades Maximas de la Faja 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 (2002).

Para material pesado, duro y de bordes afilados tenemos como máxima velocidad de faja de 600 ppm.

Usaremos una velocidad de 450 ppm y para verificar el ancho de la faja, usaremos fajas de abarquillamiento de 20° y como aumento futuro de capacidad en un 50% procederemos a calcular la capacidad equivalente.

- Primero convertiremos el tonelaje por hora a ser transportado en pies^3/h :

$$\frac{\text{pie}^3}{h} = \frac{(T/h \times 1.5) \times 2000}{\text{densidad del material}}$$

- Reemplazando datos:

$$\frac{\text{pie}^3}{h} = \frac{(1500 T/h \times 1.5) \times 2000}{112.13 \text{ lb/pie}^3}$$

$$\frac{pie^3}{h} = 40130.34 \frac{pie^3}{h}$$

Luego la capacidad equivalente en pie cúbico por hora a la capacidad equivalente a una velocidad de faja de 100 ppm.

$$capacidad\ equivalente = \frac{pie^3}{h} \times \frac{100}{velocidad\ de\ la\ faja\ (ppm)} \quad (5)$$

Reemplazando:

$$capacidad\ equivalente = 40130.34 \frac{pie^3}{h} \times \frac{100}{450\ ppm}$$

$$capacidad\ equivalente = 8917.85 \frac{pie^3}{h} \text{ en } 100\ ppm$$

Con estos resultados de capacidad equivalente de 8913.85 pie³/h en 100 ppm y con un ángulo de sobrecarga de 20° entramos a la Tabla 11, donde 10935 pie³/h en 100 ppm es el inmediato superior y se verifica el ancho de la faja de 54 pulgadas.

Tabla 11.

Faja Abarquillada de 20° - Distancia Standard al Borde de Tres Rodillos Iguales = 0.055b + 0.9"

Ancho de la faja (pulg)	A _t – Sección transversal de carga (pie ²)								Capacidad en 100 PPM (pie ³ /Hr)					
	Angulo de sobrecarga								Angulo de sobrecarga					
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	0.089	0.108	0.128	0.147	0.167	0.188	0.209	537	653	769	886	1005	1128	1254
24	0.173	0.209	0.246	0.283	0.320	0.359	0.399	1041	1258	1477	1698	1924	2155	2394
30	0.284	0.343	0.402	0.462	0.522	0.585	0.649	1708	2060	2414	2772	3137	3511	3897
36	0.423	0.509	0.596	0.684	0.774	0.866	0.960	2538	3057	3579	4107	4645	5196	5765
42	0.588	0.708	0.828	0.950	1.074	1.201	1.332	3533	4250	4972	5703	6447	7210	7997
48	0.781	0.940	1.099	1.260	1.424	1.592	1.765	4691	5640	6594	7560	8544	9552	10592
54	1.002	1.204	1.407	1.613	1.822	2.037	2.258	6013	7225	8444	9678	10935	12223	13552
60	1.249	1.501	1.753	2.009	2.270	2.537	2.812	7498	9006	10522	12057	13621	15223	16876
72	1.826	2.192	2.560	2.933	3.312	3.701	4.102	10961	13155	15364	17599	19876	22210	24617
84	2.513	3.014	3.519	4.030	4.551	5.085	5.635	15079	18089	21119	24186	27309	30511	33813
96	3.308	3.967	4.631	5.302	5.986	6.687	7.411	19850	23806	27787	31816	35921	40128	44466

Fuente: CEMA (2002).

B. Selección de los rodillos

a) Rodillos de transporte

Al seleccionar una faja abarquillada de 20° en consecuencia el rodillo de transporte también tiene que tener un abarquillamiento de 20°.

El espaciamiento máximo recomendado lo obtenemos de la siguiente tabla:

Tabla 12.

Espaciamiento Normal Recomendado para Rodillos (Si).

Ancho de la faja (pulgadas)	Rodillos abarquillados						Rodillos de retorno
	Peso del material maniobrado, en lbs por pie cúbico						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	5.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

Fuente: CEMA (2002).

En la Tabla 12 para una faja de 54 pulgadas y el peso del material de 112.13 lb/pie³ realizamos una interpolación:

$$\frac{(112.13 - 100)lb/pie^3}{(150 - 100)lb/pie^3} = \frac{(3.5 - x)pie}{(3.5 - 3)pie}$$

$$x = 3.4 pie$$

Obtenemos como máximo espaciamiento recomendado de 3.4 pies.

Para seleccionar el rodillo, es necesario determinar la carga ajustada. Ésta es la carga manejada por el rodillo, pero afectada por factores de tamaño de trozo, condiciones ambientales, y factores de servicio.

Primero determinaremos la carga de rodillo real:

$$IL = (Wb + Wm) Si \quad (6)$$

Donde:

IL: Carga de rodillo real en lb.

Wb: Peso lineal de la faja en lb/pie.

Wm: Peso lineal del material transportado en lb/pie.

Si: Espaciamiento entre rodillos en pies.

El peso lineal de la faja la obtenemos de la tabla 13:

Tabla 13.
Peso de Faja Estimado Promedio con Plieques.

Ancho de la faja en pulgs. (b)	Material transportado, lbs/ft ³		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4	4.5
24	4.5	5.5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

Fuente: CEMA (2002).

Nota:

1. Fajas con alma de acero, incrementar el valor en 50%
2. Los pesos reales de la faja varían con las diferentes construcciones, fabricaciones, calibres de cubierta, etc. Use estos valores para una estimación. Obtenga los valores reales de los fabricantes de faja, en lo posible.

Para 112.13 lb/pie³ de material transportado y ancho faja de 54 pulgadas. Tenemos:

$$Wb = 17 \text{ lb/pie}$$

El peso lineal del material transportado se calcula con la siguiente expresión:

$$Wm = \frac{33.3 \times T/h}{\text{velocidad (ppm)}}$$

Reemplazando:

$$W_m = \frac{33.3 \times 2250 \text{ T/h}}{450 \text{ ppm}}$$

$$W_m = 166.5 \text{ lb/pie}$$

Se tiene en la Ecuación 6 en la carga de rodillo real:

$$IL = \left(17 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} + 166.5 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} \right) \times 3.4 \text{ pie}$$

$$IL = 623.9 \text{ lb}$$

Luego determinamos la carga ajustada mediante la siguiente ecuación:

$$AL = (IL \times K1 \times K2 \times K3 \times K4) + IML \quad (7)$$

Donde:

AL: Carga ajustada en lb.

IL: Carga de rodillo real en lb

Si: Espaciamento del Rodillo en pie

K1: Factor de Ajuste por Tamaño de Trozo

K2: Factor de Medio Ambiente y de Mantenimiento

K3: Factor de Servicio

K4: Factor de Corrección de la Velocidad de la faja

IML: Fuerza Debido a la Desviación por la Altura del Rodillo en lb

Los factores los obtenemos de las siguientes tablas:

Tabla 14.
Factor de Ajuste del Trozo K1.

Tamaño máximo del trozo (pulgadas)	Peso del material, lbs/cu. ft . $K_1 = 1.1$						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

Fuente: CEMA (2002).

En la Tabla 14 entramos con tamaño del trozo de 10.63 pulg y con 112.13 lb/pie³ y procedemos a interpolar y obtenemos:

$$\frac{K_1 - 1.1}{1.2 - 1.1} = \frac{(112.13 - 100)b/pie^3}{125 - 100)lb/pie^3}$$

$$K_1 = 1.13$$

Tabla 15.
Factores Ambientales y de Mantenimiento K2.

Condiciones Ambientales	Mantenimiento		
	Bueno	Promedio	Escaso
Limpio	1.00	1.08	1.11
Moderado	1.06	1.10	1.13
Sucio	1.09	1.12	1.15

Fuente: CEMA (2002).

En la Tabla 15 se toma un ambiente moderado y mantenimiento promedio.

Tabla 16.
Factores de Servicio K3

Operación	Factor
Menos de 6 horas al día	0.8
Entre 6 y 9 horas al día	1.0
Entre 10 y 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

Fuente: CEMA (2002).

En la Tabla 16 se considera un servicio de más de 16 horas al día.

Tabla 17.
Factor de Corrección de la Velocidad de la Faja K4.

Velocidad de la faja (ppm)	Diámetro de los rodillos, en pulgadas			
	4	5	6	7
100	0.80	0.80	0.80	0.80
200	0.83	0.80	0.80	0.80
300	0.90	0.85	0.83	0.81
400	0.95	0.91	0.88	0.85
500	0.99	0.95	0.92	0.88
600	1.03	0.98	0.95	0.92
700	1.05	1.01	0.98	0.95
800	-	1.04	1.00	0.97
900	-	1.06	1.03	1.00
1000	-	-	1.05	1.02

Fuente: CEMA (2002).

En la Tabla 17 entramos con una velocidad de faja de 450 ppm y consideraremos el diámetro de los rodillos de 5 pulgadas y procedemos a interpolar y tenemos:

$$\frac{450 - 400}{500 - 400} = \frac{K4 - 0.91}{0.95 - 0.91}$$

$$K4 = 0.93$$

En conclusión:

- Para tamaño de terrón 10.63 pulgadas tenemos K1 = 1.13
- Condiciones ambientales moderado y mantenimiento promedio, K2 = 1.10
- Operación más de 16 horas, K3 = 1.20
- Velocidad de la faja de 450 ppm diámetro de rodillos de 5 pulgadas, K4 = 0.93

Las fuerzas debido a la desviación por la altura del rodillo (IML) se da cuando un rodillo es más alto que adyacente, que es algo que no se da para esta faja transportadora. Por lo tanto, $IML = 0$

Reemplazando en la Ecuación 7.

$$AL = (623.9 \text{ lb} \times 1.13 \times 1.1 \times 1.2 \times 0.93)$$

$$AL = 865.47 \text{ lb}$$

Este valor obtenido tiene que ser menor al valor de carga de la Tabla 18 entonces entramos con el ancho de faja de 54 pulgadas y el ángulo de abarquillamiento de 20° y compramos

Tabla 18.

Valores de Carga para los Rodillos CEMA D, lbs.

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
24	1200	1200	1200	600
30	1200	1200	1200	600
36	1200	1200	1200	600
42	1200	1200	1200	500
48	1200	1200	1200	425
54	1200	1116	1080	375
60	1150	1070	1035	280
72	1050	977	945	155

Fuente: CEMA (2002)

Efectivamente el valor de 1200 lb es mayor que el valor de la carga ajustada de 865.47 lb.

Con la Tabla 19 podemos verificar también el ancho de la faja de 54 pulgadas y que los rodillos a usar son CEMA D con diámetro de 5 pulgadas para servicio medio según la tabla 19:

Tabla 19.
Clasificación del Rodillo

Clasificación	Número de serie de la matriz	Diámetro del rodillo (pulgadas)	Descripción
A4	I	4	Servicio liviano
A5	I	5	“ ”
B4	II	4	“ ”
B5	II	5	“ ”
C4	III	4	Servicio medio
C5	III	5	“ ”
C6	IV	6	“ ”
D5	NA	5	“ ”
D6	NA	6	“ ”
E6	V	6	Servicio pesado
E7	VI	7	“ ”

Fuente: CEMA (2002).

b) Rodillo de retorno

Se recomienda rodillos en "V", para este caso usaremos una inclinación de 15°. El rodillo de retorno en "V" tiene un poco del efecto guía en la faja, mientras que permite un mayor espaciamiento de los rodillos debido a su incremento de rango de carga.

El espaciamiento recomendado en la Tabla 12 es de 10 pies.

Rodillos a usar CEMA D5.

c) Rodillo de impacto

Los rodillos de impacto también tendrán un abarquillamiento de 20° esto debido a que también son de transporte con la diferencia que estos resisten una carga de impacto.

El espacio recomendado no será mayor que el rodillo transportador normal, el espaciamiento será de 2 pies.

Rodillos a usar CEMA D5.

d) Selección del motor

Para la selección del motor haremos uso de la siguiente expresión:

$$HP = \frac{Te \text{ (lbs)} \times \text{velocidad (ppm)}}{33000} \quad (8)$$

Donde:

HP: Potencia de la faja

Te: Tensión efectiva

La tensión efectiva tiene la siguiente expresión:

$$Te = LKt (Kx + Ky Wb + 0.015 Wb) + Wm (LKy \pm H) + Tp + Tam + Tac \quad (9)$$

Para el cálculo de la tensión efectiva se tiene que hacer una recopilación de todas las tensiones:

Fuerza de fricción de los rodillos de transporte y de retorno en lbs (Tx)

$$Tx = L * Kx * Kt \quad (10)$$

Donde:

L: Es la distancia entre centros de la de faja transportadora en pies.

Kx: Factor de fricción del rodillo.

Kt: Factor de la corrección de la temperatura de ambiente.

Los factores Kx y Kt se calculan de la siguiente manera:

$$Kx = 0.00068(Wb + Wm) + \frac{Ai}{Si} \quad (11)$$

Donde:

Wb: Peso lineal de la faja en lb/pie

Wm: Peso lineal del material en lb/pie

Si: Espacio entre rodillos en pie

Ai: 1.8 para rodillos de 5 pulgadas de diámetro, CEMA A5, B5, C5 y D5.

Reemplazando valores se obtiene:

$$Kx = 0.00068(183.5 \text{ lb/pie}) + \frac{1.8}{3.4 \text{ pie}}$$

$$Kx = 0.654$$

El factor Kt se obtiene de la figura 33:

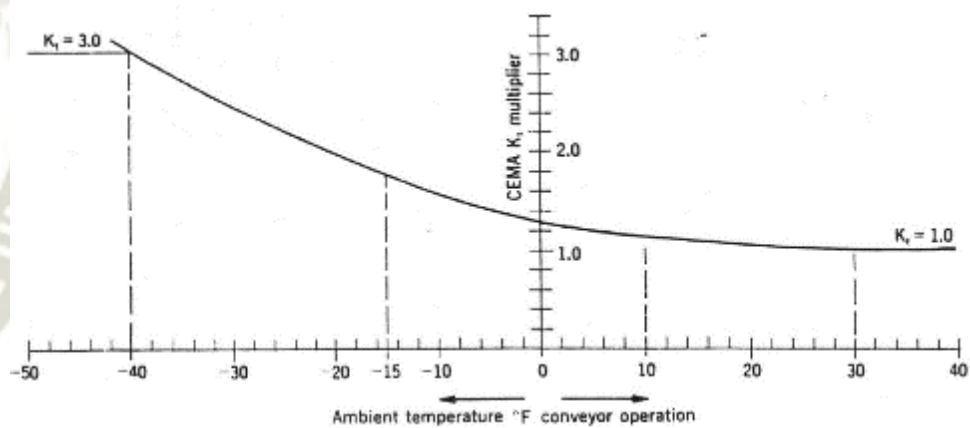


Figura 33. Variación del Factor Kt de Corrección de Temperatura.

Fuente: CEMA (2002).

Para la temperatura de ambiente de 95 °F el factor Kt tiende a ser 1, por lo tanto en la Ecuación 10:

$$Tx = 32.81 \times 0.654 \times 1$$

$$Tx = 21.463 \text{ lbs}$$

- Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos en lbs (Tyb)

Tyc para los rodillos de transporte:

$$Tyc = L \times Ky \times Wb \times Kt \quad (12)$$

Donde:

K_y : Factor para calcular la fuerza en la faja y la carga de flexión sobre los rodillos

El valor de K_y se obtiene del Anexo N°4:

Para la longitud entre centros de 32.91 pies y una pendiente cero procedemos a extrapolar y con un peso de faja y material de 192 lb/pie:

$$\frac{32.81 - 250}{32.1 - 3000} = \frac{K_y - 0.035}{K_y - 0.019}$$

$$K_y = 0.036$$

Reemplazando:

$$T_{yc} = 32.81 \times 0.036 \times 17 \times 1$$

$$T_{yc} = 20.078 \text{ lbs}$$

T_{yr} para los rodillos de retorno:

$$T_{yr} = L \times 0.015 \times W_b \times K_t \quad (13)$$

Remplazando valores en la Ecuación 13

$$T_{yr} = 8.36 \text{ lbs}$$

Luego

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr}$$

$$T_{yb} = 20.078 + 8.36$$

$$T_{yb} = 28.44 \text{ lbs}$$

- Resistencia del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos en lbs (T_{ym})

$$T_{ym} = L \times K_y \times W_m \quad (14)$$

$$T_{ym} = 32.81 \text{ pies} \times 0.036 \times 166.5 \text{ lb/pie}$$

$$T_{ym} = 196.65 \text{ lbs}$$

- Fuerza necesaria para elevar o bajar la carga (el material) en lbs (T_m).

$$T_m = \pm H \times W_m \quad (15)$$

En este caso no hay elevación, por lo tanto, esta fuerza es cero.

- Resistencia de la faja a la flexión alrededor de las poleas y la resistencia de poleas a rodar sobre sus rodamientos en lbs (T_p).

Para calcular esta tensión usaremos la tabla 20:

Tabla 20.
Tensión de la Faja al Rodamiento de las Poleas.

Ubicación de la polea	Angulo de arrollamiento	Libras de tensión en la línea de la faja
Lado tenso	150° a 240°	200 lbs por polea
Lado flojo	150° a 240°	150 lbs por polea
Cualquier otra polea	Menor de 150°	100 lbs por polea

Fuente: CEMA (2002).

Se tiene:

Una polea motriz de 200 lbs que no interviene en este cálculo, pero si estará presente en el cálculo de la potencia de la polea.

Una polea de descanso motriz en el lado tenso, 200 lbs

Doce rodillos de ida, 12(100 lbs/polea)

Cuatro rodillos de retorno, 4(100 lbs/polea)

Por lo tanto, tenemos una tensión de:

$$T_p = 1 \times 200 \text{ lbs} + 16 \times 100 \text{ lbs}$$

$$T_p = 1800 \text{ lbs}$$

- Fuerza para acelerar el material continuamente mientras se alimenta hacia la faja en lb (Tam).

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$Tam = 2.8755 \times 10^{-4} \times Q \times (V - Vo) \quad (16)$$

Donde:

Q: Es la capacidad en T/h.

V: Es la velocidad de la faja en ppm.

Vo: Es la velocidad de alimentación inicial del material como cae en la faja en ppm.

Al ser la velocidad baja en la faja Vo será muy pequeña por lo tanto no lo consideraremos.

Entonces.

$$Tam = 2.8755 \times 10^{-4} \times 2250 \text{ T/h} \times (450 \text{ ppm} - 0)$$

$$Tam = 291.14 \text{ lbs}$$

- Resistencia generada por los accesorios del transportador en lbs (Tac).
 - ✓ Ttr para los volteadores y apiladoras, que para esta faja no consideraremos estos elementos.
 - ✓ Tpl para la fuerza de fricción de los desviadores, que para esta faja no consideraremos estos elementos.
 - ✓ Tbc para los dispositivos de limpieza de la faja, que para esta faja no consideraremos estos elementos.
 - ✓ Tsb para la fricción de los faldones.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Tsb = Cs \times Lb \times hs^2 + 2 \times Lb \times x3 \quad (17)$$

Donde:

Cs: Factor para los diferentes materiales.

Lb: Longitud del faldón en pies.

hs: Profundidad del material en contacto en pulgadas.

El factor Cs lo obtenemos de la tabla 21.

Tabla 21.

Factor de Fricción con el Faldón, Cs

Material	Factor Cs	Material	Factor Cs	Material	Factor Cs
Alúmina, pulv. seca	0.1210	Coque, molido fino	0.0452	Piedra de cal, pulv., seca	0.1280
Ceniza, de carbón de piedra, seca	0.0571	Coque, en trozos y fino	0.0186	Cloruro de Magnesio, seco	0.0276
Bauxita, molida	0.1881	Copra, en trozos	0.0203	Avenas	0.0219
Frijoles, Navy, secos	0.0798	Cullet	0.0836	Fosfato roca, seca, partida	0.1086
Borax	0.0734	Trigo, harina	0.0265	Sal, común, seca fina	0.0814
Bran, granulado	0.0238	Grano, trigo maiz o centeno	0.0433	Arena, seca, de cantera	0.1378
Cemento, Portland, seco	0.2120	Grava, extraída de mina	0.1145	Asemin, seco	0.0086
Cemento clinker	0.1228	Yeso, cernido hasta 1/2"	0.0900	Ceniza de soda, pesada	0.0705
Arcilla, cerámica, seca fina	0.0924	Mineral de hierro, 200 lbs por cada pie	0.2760	Almidón, en trozos grandes	0.0623
Carbón de piedra, antracita, medida	0.0538	Cal, quemada, 1/8"	0.1166	Azúcar, granulada seca	0.0349
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina	0.0754	Cal, hidratada	0.0490	Viruta de madera, hogged combustible	0.0095

Fuente: CEMA (2002).

Cs = 0.276 se asume el del hierro debido a que la densidad del cobre y del zinc es cercanamente similar a la del hierro.

La profundidad del material que hace contacto es 10% del ancho de la faja.

$$hs = 0.1 \times 54 \text{ pulg.}$$

$$hs = 5.4$$

La longitud del faldón es:

$$Lb = 10 \text{ pies}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$Tsb = 0.276 \times 10 \text{ pies} \times 5.4^2 + 2 \times 13 \times 3$$

$$Tsb = Cs \times Lb \times hs^2 + 2 \times Lb \times 3$$

$$Tsb = 137.85 \text{ lbs}$$

La tensión efectiva en la Ecuación 9 queda de la siguiente manera:

$$Te = (21.65 + 30.19 + 12.55 + 196.65 + 1800 + 291.14 + 137.85) \text{ lbs}$$

$$Te = 2475.56 \text{ lbs}$$

Teniendo este dato podemos calcular la potencia de la faja en la Ecuación 8

$$HP = \frac{2475.56 \text{ lbs} \times 450 \text{ ppm}}{33000}$$

$$HP = 33.76 \text{ hp}$$

Potencia de la polea motriz:

$$HP = \frac{200 \text{ lbs} \times 450 \text{ ppm}}{33000}$$

$$HP = 2.73 \text{ hp}$$

Con esto podemos calcular la potencia del motor añadiendo 5% de pérdidas por el reductor.

$$\text{Potencia en el eje del motor} = (33.76 \text{ hp} + 2.73 \text{ hp}) \times 1.05$$

$$\text{Potencia en el eje del motor} = 38.31 \text{ hp}$$

Para esto seleccionaremos un motor de 40 hp de potencia marca TATUNG, en el Anexo N°5 se ve las especificaciones técnicas del motor.

e) Selección de la faja

Para la selección de la faja necesitamos hallar la tensión de operación que se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Tension\ de\ operacion = \frac{T_1\ lbs}{ancho\ de\ la\ faja\ (pulg.)} \quad (18)$$

T1 es la tensión en el lado tenso y se consigue mediante la expresión siguiente:

$$T_1 = T_e + T_2 \quad (19)$$

T2 es la tensión en el lado de retorno y se obtiene por la siguiente expresión:

$$T_2 = C_w \times T_e \quad (20)$$

Donde Cw es el factor de arrollamiento y se obtiene de la tabla 22:

Tabla 22.
Factor de Arrollamiento, Cw (Fajas con cubierta de caucho)

Tipo de Polea Motriz	Arrollamiento θ	Tensor automático		Tensor manual	
		Polea desnuda	Polea recubierta	Polea desnuda	Polea recubierta
Simple sin polea de renvío	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
	200°	0.72	0.42	1.0	0.7
Simple con polea de reenvío	210°	0.66	0.38	1.0	0.7
	220°	0.62	0.35	0.9	0.6
	240°	0.54	0.30	0.8	0.6
Dual	380°	0.23	0.11	0.5	0.3
	420°	0.18	0.08	-	-

Fuente: (CEMA 2002)

Por ser de servicio simple sin polea de renvío, con tensor manual y con ángulo de arrollamiento de 180° el factor de Cw es 0.8

Por lo tanto, se tiene en la Ecuación 20:

$$T_2 = 0.8 \times 2475.56\ lbs$$

$$T_2 = 1980.45\ lbs$$

En la Ecuación 19.

$$T_1 = 2475.56 \text{ lbs} + 1980.45 \text{ lbs}$$

$$T_1 = 4456.01 \text{ lbs}$$

En la Ecuación 18.

$$Tension \text{ de operacion} = \frac{4454.01 \text{ lbs}}{54 \text{ pulg}}$$

$$Tension \text{ de operacion} = 82.518 \text{ lbs/pulg}$$

Entonces por efectos de redondeo consideramos una faja de 90 lbs/pulg y dando un factor de seguridad de 6, tenemos:

$$Tension \text{ de operacion} = 90 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \times 6$$

$$Tension \text{ de operacion} = 540 \text{ lbs/pulg}$$

Seleccionaremos una faja Bridgestone poliéster con tensión de operación de 630 lbs/pulg, con 4 pliegues debido a la confiabilidad que estas ofrecen.

La ficha técnica se encuentra en el Anexo N°7

Tabla 23
Fajas Transportadoras Poliéster

Tensile Strength(KN/mm)	Nos. of Ply					
	1	2	3	4	5	6
100	•	•				
125	•	•	•			
160	•	•	•	•		
250	•	•	•	•	•	
315		•	•	•	•	
400		•	•	•	•	
500		•	•	•	•	•
630			•	•	•	•
800			•	•	•	•

Fuente: Bridgestone: All About Conveyors Belt (2015)

f) Cálculo de la estructura

La correa de sacrificio tiene una capacidad de 1500 toneladas por hora a una velocidad de 2.21 m/s el cual tiene una longitud de 10.000 mm entre poleas. El material que transporta corresponde a una mezcla de chancado de Cobre/Zinc.

El fin de este cálculo comprende: materiales, estructuración, estados de carga, combinaciones de carga, verificación de elementos resistentes y placas base.

a) Referencias

- Norma Técnica de Edificación E030-2016 "Diseño Sismorresistente".
- Norma Técnica de Edificación E020 "Cargas".
- AISC 360-10 "Specification for Structural Steel Buildings".
- ASCE 7-05 "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures".

b) Materiales

Se utiliza acero estructural ASTM A36, con tensión de fluencia, F_y , de 248 MPa, tensión de rotura, F_u , de 400 MPa y módulo de elasticidad, E_s , de 200000 MPa.

c) Cargas

Carga muerta (D):

La carga por peso propio de los perfiles definidos en el modelo es determinada automáticamente por el software de análisis "RAM Elements", en base a una densidad del acero de 7850 kg/m³. Además, se agregan como cargas puntuales o uniformemente distribuidas las cargas muertas de los elementos no definidos en el modelo estructural, en base a los siguientes valores:

- Peso correa: 26.3 kg/m
- Guarderas: 155 kg/m
- Deckplate: 60 kg/m
- Peso polines de carga: 57 kg @ 600 mm
- Peso polines de impacto: 57 kg @ 300 mm
- Peso polines de retorno: 55.6 kg @ 3000 mm
- Canalización eléctrica: 40 kg/m

- Peso polea de cola: 581 kg
- Peso polea motriz: 619 kg
- Chute descarga: 2344 kg
- Reductor montado al eje: 320 kg
- Motor: 293 kg

Carga de material (LLn):

La carga de material utilizada en el análisis y diseño del equipo se detalla en la Tabla siguiente:

Tabla 24.
Carga de Materiales

Descripción	Unidad	Valor
Material sobre mesas (se amplifica por 2 en zona de descarga en una distancia de 6 m)	kg/m	430
Atollo en chute	kg	9000

Fuente: Elaboración propia.

Tensión máxima de operación amplificada (Bmax):

Las tensiones de operación, para el diseño de los elementos estructurales, se presentan de la Figura 34. Para efectos de diseño, se considera que los valores de tensión de operación (Bop) se les debe amplificar por 1,5 dentro del estado de cargas Bmax. Esto para que sea considerado como tensión máxima, cubriendo todos los casos de tensiones presentados durante el ciclo de vida del equipo (Partida, Parada o Máxima). Se considera este estado en todas las combinaciones de cargas. La frecuencia de operación del equipo es de 1800 RPM.

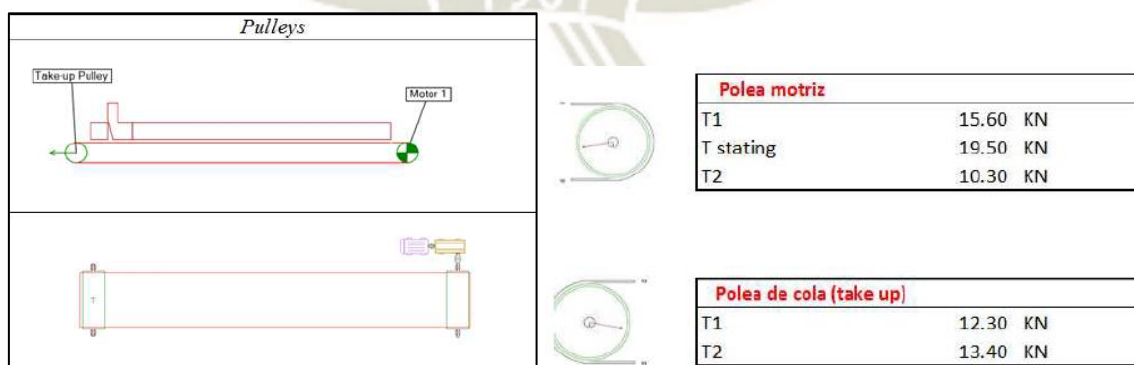


Figura 34. Tensiones de Operación en Polea Motriz y Cola

Fuente: Elaboración propia

➤ **Cargas sísmicas (Ex, Ez):**

Las cargas sísmicas se estiman en base a las disposiciones de la Norma Técnica E.030-2016 según los siguientes parámetros:

Se consideran como elementos no-estructurales (equipo montando sobre estructuras), aquellos que estando o no conectados al sistema resistente a fuerzas horizontales, su aporte a la rigidez del sistema es despreciable.

En el caso que los elementos no estructurales estén aislados del sistema estructural principal, estos deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica V asociada a su peso P tal como se indica a continuación:

$$V = \frac{Z U C S}{R} P \quad (21)$$

Donde:

Z: Es el factor de zona.

U: Es el factor de importancia.

S: Es el factor de suelo.

R: Es el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

A continuación, consideramos los siguientes valores y estos son obtenidos de alguna de las tablas de la Norma Técnica E.030-2016 en el Anexo N°8

- Factor de zona: 0.35, Zona 3, debido a que la zona de emplazamiento de la mina se encuentra en la provincia de Pasco, distrito de Tinyahuarco.
- Factor de importancia: 1.3 debido a que se considera a las estructuras como de tipo B, como edificios importantes.
- Factor de suelo: 1.15 para tipo de suelo intermedio S2 y periodos

$$TL = 2 s \text{ y } TP = 0.6 s,$$

- Considerando una altura de torre típica conservadora de $h_n = 10 \text{ m}$ y considerando un valor de $C_T = 35$ para pórticos de acero arriostrados se obtiene un periodo fundamental de vibración de:

$$T = h_n / C_T$$

$$T = 10/35 = 0.28 \text{ s}$$

- Como $T < T_p$ entonces el factor de amplificación sísmica $C = 2.5$.
- R_0 es el coeficiente básico de reducción, considerando marcos ordinarios arriostrados especiales de las torres de transferencia de soporte de las correas, igual a 6.
- $I_a = I_p$ factores de irregularidad estructural igual 1,0, por lo tanto, R el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas R es igual a 6.

$$R = R_o I_a I_p$$

$$R = (6)(1)(1) = 6$$

Con los valores anteriores calculamos la Ecuación 21 del corte basal sísmico:

$$V = \frac{(0.35)(1.3)(2.5)(1.15)}{6} P = 0.22 P$$

Como las correas de sacrificio son equipos rígidos sobre plataformas de las torres se debe amplificar por el factor $C1 = 3$ (para efectos de ser conservadores se usó este valor de 3). Por lo tanto, la expresión de la fuerza sísmica sería

$$3 * 0.22 = 0.66 P.$$

Este valor no puede ser menor a la expresión:

$$0.5 Z U S = 0.5(0.35)(1.3)(1.15) = 0.262.$$

Por lo tanto, el coeficiente sísmico será igual a 0.66.

Este se considerará aplicado en las dos direcciones horizontales (transversal y longitudinal con respecto a la cinta).

La masa sísmica P considera el 100% de las cargas muertas y de material.

➤ Impacto vertical (IV):

Se considerará como carga de impacto sobre el transportador un 25% del peso de material, polines de cargas y cinta. Además, se agrega una carga de impacto de 373 kg

en el punto de descarga.

➤ **Cargas de Viento (W)**

No se considerará carga de viento debido a que su área de exposición al viento es despreciable y transversalmente y longitudinalmente el diseño es gobernado por las cargas sísmicas.

➤ **Combinaciones de cargas**

En el análisis y diseño de elementos de acero, se consideran las siguientes combinaciones de carga dispuestas en el reglamento de cargas E.020.

- $C1 = D + LLn + Bmax + IV$
- $C2 = 0.75(D + LLn + Bmax + Ez + IV)$
- $C3 = 0.75(D + LLn + Bmax - Ez + IV)$
- $C4 = 0.75(D + LLn + Bmax + Ex + IV)$
- $C5 = 0.75(D + LLn + Bmax - Ex + IV)$
- $C6 = D + Ez$
- $C7 = D + Ex$
- $C8 = D - Ez$
- $C9 = D - Ex$

Donde:

D: Cargas muertas.

LLn: Carga de material.

Bmax: Carga de tensión en operación normal amplificada por 1,5.

IV: Impacto Vertical.

E: Carga sísmica, en dirección transversal (Ez), longitudinal (Ex)

➤ **Análisis**

El análisis se realiza mediante el software “RAM Elements v10”.

Los apoyos considerados en la modelación de la correa se muestran en la Figura siguiente, donde se aprecia que se consideran apoyos simples en todos los casos. Con respecto al modelo estructural, se puede comentar lo siguiente:

La mesa está unida en forma rígida a los marcos cabecales. Se agregan los puntos de apoyos de soporte de chute y brazo de reacción del sistema motriz.

Las cargas de diseño descritas anteriormente se muestran aplicadas al modelo de la Figura 35 a la Figura 41. En caso que no se muestren unidades, estas corresponden a kg/m para cargas distribuidas y kg para cargas puntuales.

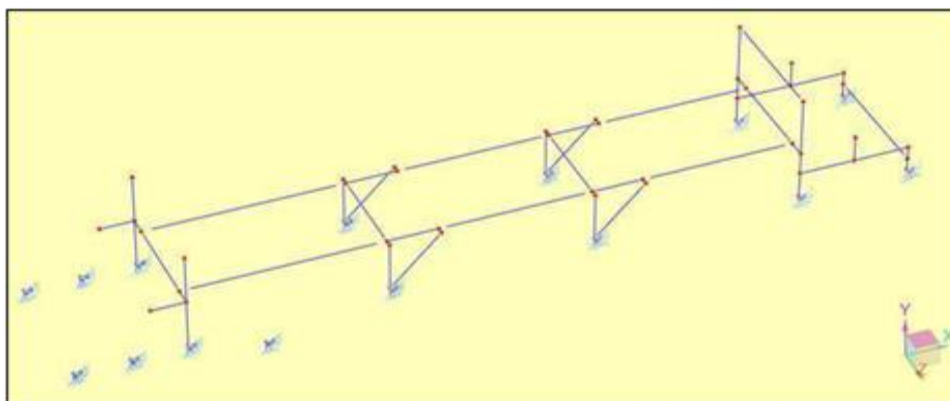


Figura 35. Apoyos

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

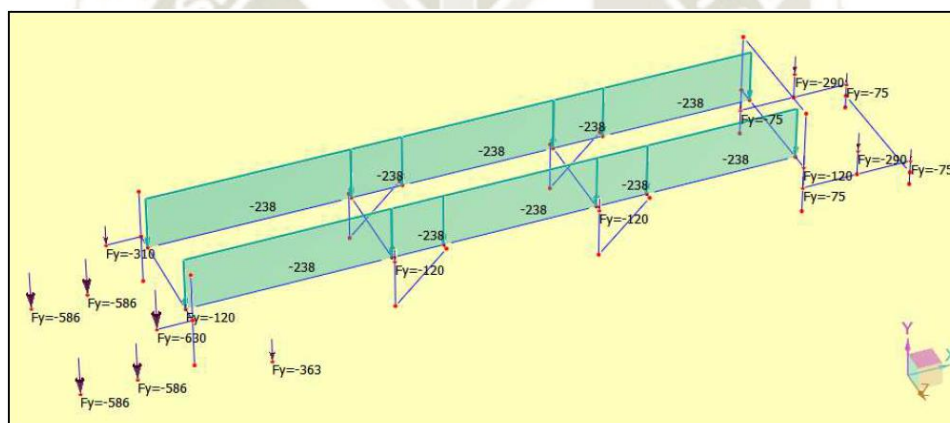


Figura 36. Cargas Muertas (D).

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

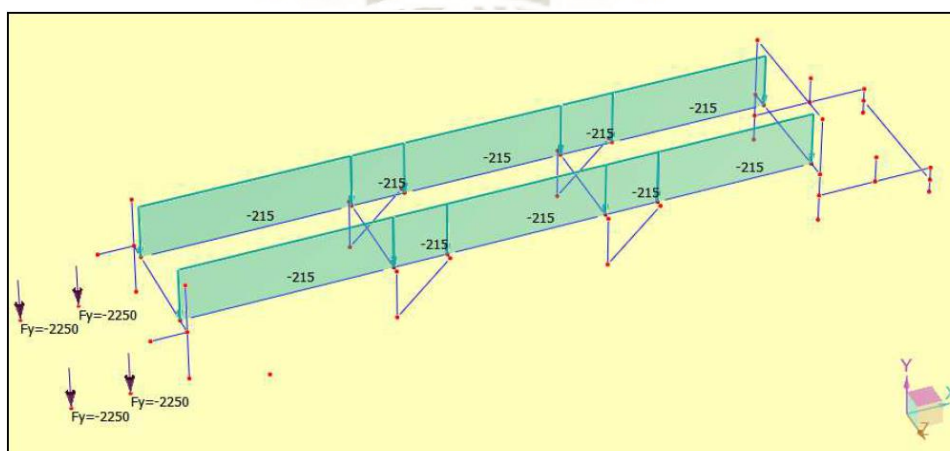


Figura 37. Carga Muerta Material (LLn).

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

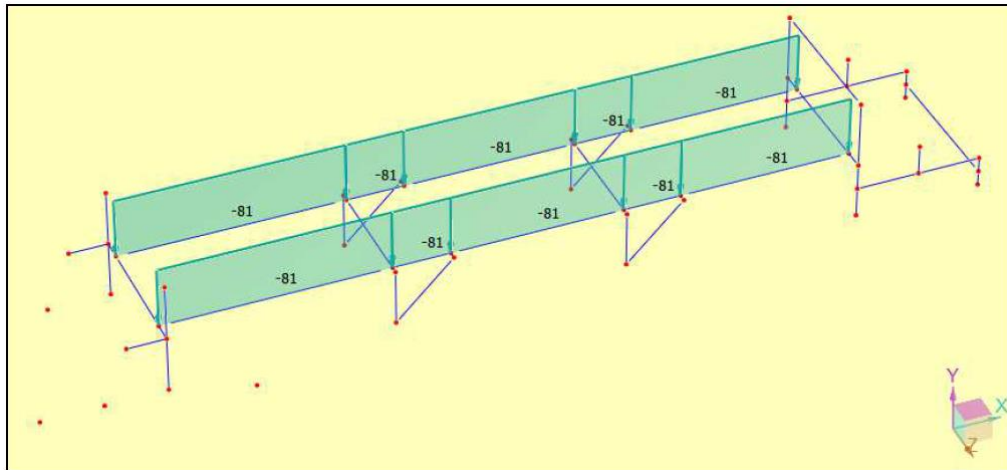


Figura 38. Impacto Vertical (Iv).

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

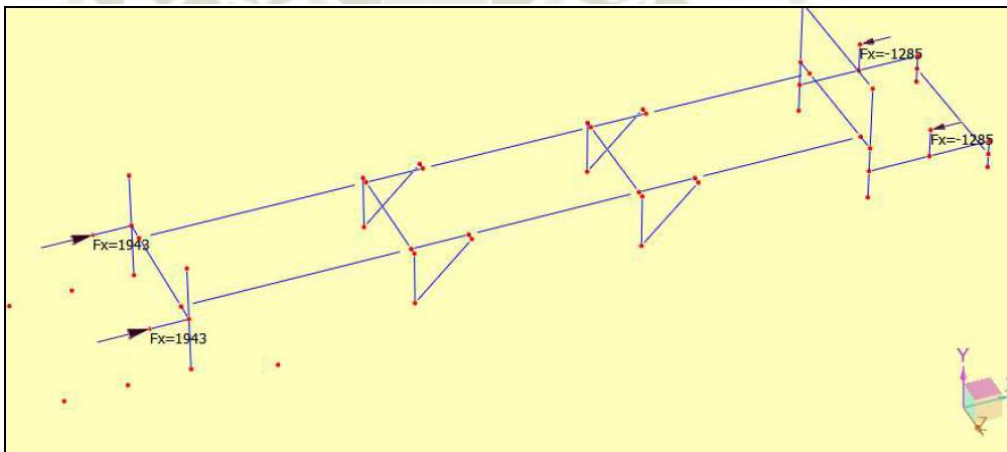


Figura 39. Tensión Máxima (Bmax)

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

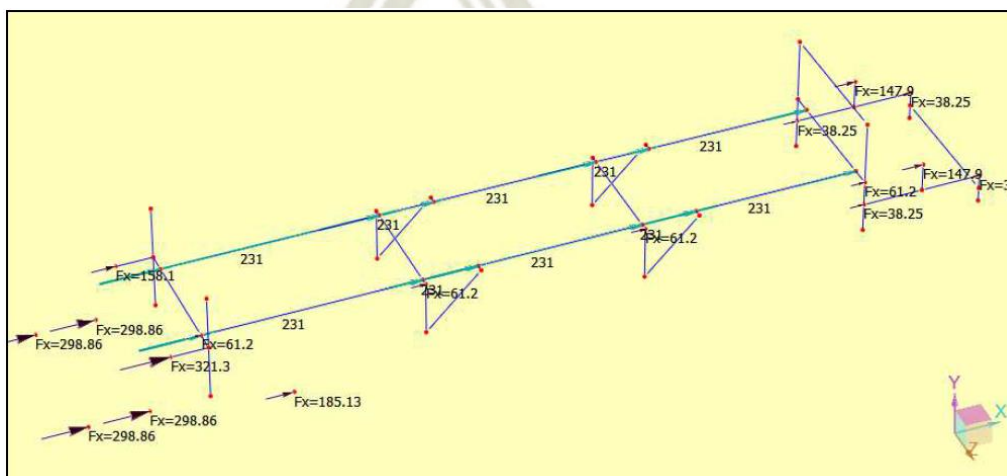
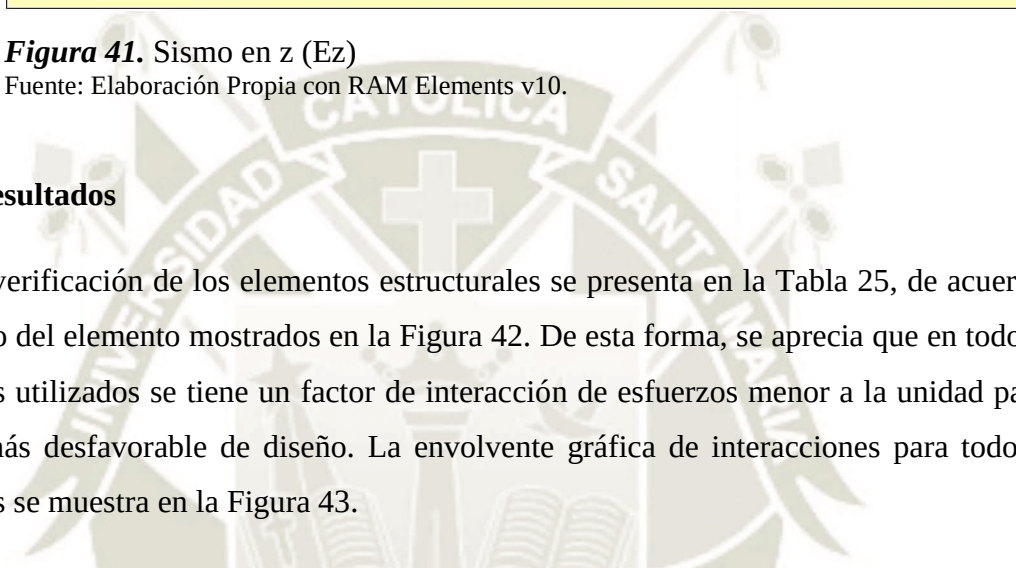
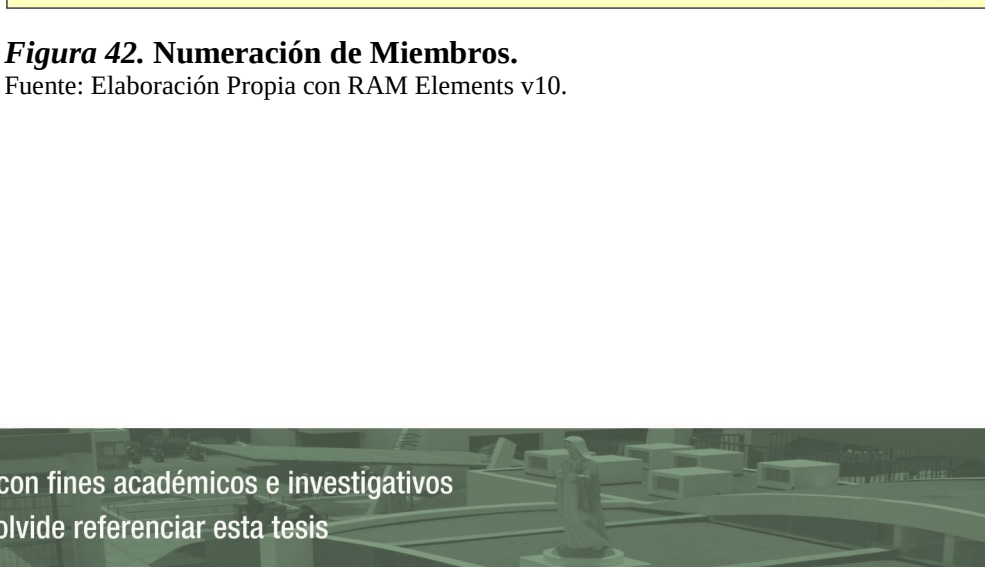


Figura 40. Sismo en x (Ex).

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.



Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.



Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

Tabla 25.
Diseño de Elementos (Factores de Utilización Máximos).

DESCRIPCION	SECCION	MIEMBRO	EC. CTRL.	RATIO	ESTATUS	REFERENCIA
CANAL COLA	EC 200x75x6	17	C2 en 100.00%	0.05	Bien	C5.2.1-3
DV	LL 100x100x10	51	C3 en 0.00%	0.02	Bien	Eq. H3-8
		52	C5 en 0.00%	0.02	Bien	Eq. H3-8
		53	C5 en 100.00%	0.02	Bien	Eq. H3-8
		54	C3 en 100.00%	0.02	Bien	Eq. H3-8
MARCO CABEZA	W 10X39	32	C4 en 100.00%	0.18	Bien	Eq. H1-1b
		33	C2 en 100.00%	0.19	Bien	Eq. H1-1b
		39	C3 en 0.00%	0	Bien	Eq. H1-1b
		40	C5 en 0.00%	0	Bien	Eq. H1-1b
MARCO COLA		1	C3 en 0.00%	0.06	Bien	Sec. G2.1(a)
		2	C2 en 100.00%	0.09	Bien	Eq. H1-1b
		3	C4 en 100.00%	0.1	Bien	Eq. H1-1b
		4	C3 en 0.00%	0.05	Bien	Sec. G2.1(a)
		5	C3 en 0.00%	0.06	Bien	Eq. H1-1b
		6	C3 en 0.00%	0.04	Bien	Eq. H1-1b
		7	C3 en 0.00%	0.05	Bien	Sec. G2.1(a)
		8	C3 en 0.00%	0.06	Bien	Sec. G2.1(a)
		10	C5 en 100.00%	0.02	Bien	Eq. H1-1b
		11	C4 en 0.00%	0.13	Bien	Eq. H1-1b
		12	C3 en 100.00%	0.02	Bien	Eq. H1-1b
		13	C2 en 0.00%	0.13	Bien	Eq. H1-1b
		55	C3 en 100.00%	0.06	Bien	Eq. H1-1b
		56	C3 en 100.00%	0.04	Bien	Eq. H1-1b
PATA		26	C4 en 0.00%	0.23	Bien	Eq. H1-1b
		27	C2 en 0.00%	0.25	Bien	Eq. H1-1b
		28	C4 en 0.00%	0.22	Bien	Eq. H1-1b
		29	C2 en 0.00%	0.24	Bien	Eq. H1-1b
TRAV	W 8X24	30	C2 en 0.00%	0.12	Bien	Eq. H1-1b
		31	C2 en 0.00%	0.13	Bien	Eq. H1-1b
TRAV 2 COLA	W 10X39	14	C3 en 100.00%	0.13	Bien	Eq. H1-1b
		15	C2 en 0.00%	0.11	Bien	Eq. H1-1b
		16	C3 en 0.00%	0.12	Bien	Eq. H1-1b
TRAV CABEZA		36	C4 en 100.00%	0.16	Bien	Eq. H1-1b
		37	C2 en 0.00%	0.13	Bien	Eq. H1-1b
		38	C2 en 0.00%	0.18	Bien	Eq. H1-1b
TRAV COLA	W 8X24	9	C2 en 0.00%	0.02	Bien	Eq. H1-1b
VIGA	W 10X39	18	C2 en 0.00%	0.1	Bien	Eq. H1-1b
		19	C2 en 0.00%	0.08	Bien	Eq. H1-1b
		20	C2 en 0.00%	0.09	Bien	Eq. H1-1b
		21	C2 en 0.00%	0.13	Bien	Eq. H1-1b
		34	C4 en 0.00%	0.12	Bien	Eq. H1-1b
		35	C2 en 100.00%	0.13	Bien	Eq. H1-1b
		47	C2 en 100.00%	0.12	Bien	Eq. H1-1b
		48	C4 en 100.00%	0.1	Bien	Eq. H1-1b
		49	C3 en 56.25%	0.09	Bien	Eq. H1-1b
		50	C4 en 100.00%	0.1	Bien	Eq. H1-1b

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

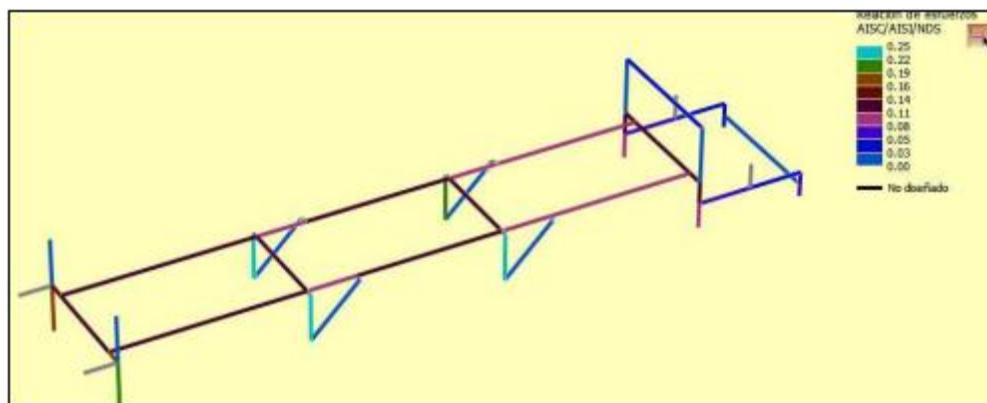


Figura 43. Envolvente de Interacciones para Todos los Perfiles.

Fuente: Elaboración Propia con RAM Elements v10.

De acuerdo al análisis realizado, se concluye que los perfiles propuestos para las fajas de sacrificio cumplen con los requerimientos de resistencia y serviciabilidad para garantizar el buen funcionamiento de la estructura frente a las cargas estudiadas.

En el Anexo N°9 y N°10 se detallan todas las reacciones en los apoyos obtenidas del software RAM Elements v10.

g) Lista de materiales para la construcción de la faja de sacrificio

Tabla 26.

Materiales de Fabricación de la Faja de Sacrificio.

LISTA DE MATERIALES			
ITÉM	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIÓN
1	MOTOR 40 HP, 1770 RPM, FRAME 324T, 460V	1	TATUNG (SUMINISTRO E.B.)
2	REDUCTOR RIGHT ANGLE, DLB3SHH05 i:28.6	1	SANTASALO
3	ACOPLAMIENTO ALTA VLGV-5 FLEXIBLE	1	WESTCAR
4	CINTA 54" EP 630/3-RMA I ESPESOR TOTAL 18 mm	1	SERPENTRANS
5	POLEA DE MOTRIZ Ø 610 x 1448 REC 15.9mm	1	PPI-CLARK
6	POLEA DE COLA Ø 610 x 1448 REC 9.5mm	1	PPI-CLARK
7	DESCANSO FSAF 22520 87,3125	4	PPI-CLARK
8	RASPADOR PRIMARIO QC-1	1	PPI-CLARK
9	RASPADOR SECUNDARIO SQC2	1	MARTIN ING.
10	RASPADOR DE RETORNO DHD V-PLOW	1	MARTIN ING.
11	POLIN DE IMPACTO, PICKING 20°, CEMA D5/54"	6	PPI-CLARK
12	POLIN DE IMPACTO, PICKING 20°, CEMA D5/54"- 2 ROLL	6	PPI-CLARK
13	POLIN DE RETORNO PLANO, CEMA D5/54"	3	PPI-CLARK
14	POLIN INVERTIDO CENTRADOR DE RETORNO, CEMA D5/54"	1	PPI-CLARK
15	SENSOR VELOCIDAD CERO NEMA 4X RMS-1G	1	CCC
16	PARADA EMERGENCIA NEMA 4X RS-2	2	CCC

17	SENSOR DESALINEAMIENTO NEMA 4X TA-2	4	CCC
18	DETECTOR ROTURA, NEMA 4X DB-100	2	CCC
19	BOCINA MOD. 876-N5, NEMA 4X 350-120 VAC	1	CCC
20	BALIZA MOD. 105, NEMA 4X 120 VAC	1	EDWARDS
21	SENSOR DE ATOLLO CT-200SG	1	EDWARDS
22	TORNILLO CARRERA 400 mm	2	PPI-CLARK
23	PUERTA DE ACCESO 12x18"	2	MARTIN ING.
24	PERFIL W 10X39		ASTM A36
25	PERFIL W 8X24		ASTM A36
26	PERFIL C 200X75X6		ASTM A36
	PERFIL LL 100X100X10		ASTM A36

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.11 Realizar procedimiento de empalmes según la norma y protocolo

Se elaboró un procedimiento de empalme para fajas con cable a cargo del área de mantenimiento, donde se validó el protocolo de empalme para realizar la evaluación en campo.

3.3.12 Capacitación en el protocolo de empalme

Luego de implementado el protocolo y procedimiento de empalme un proveedor autorizado realizó una capacitación teórico – práctica a todo el personal del área de chancado.



Figura 44. Capacitación teórica en el Protocolo de Empalme

Fuente: Elaboración Propia



Figura 45. Capacitación Práctica en el Protocolo de Empalme
Fuente: Elaboración Propia

3.4 VERIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIÓN

La implementación de los planes de acción hizo posible que las horas de detención de la faja Overland se redujera considerablemente como podemos apreciarlo en el siguiente gráfico:

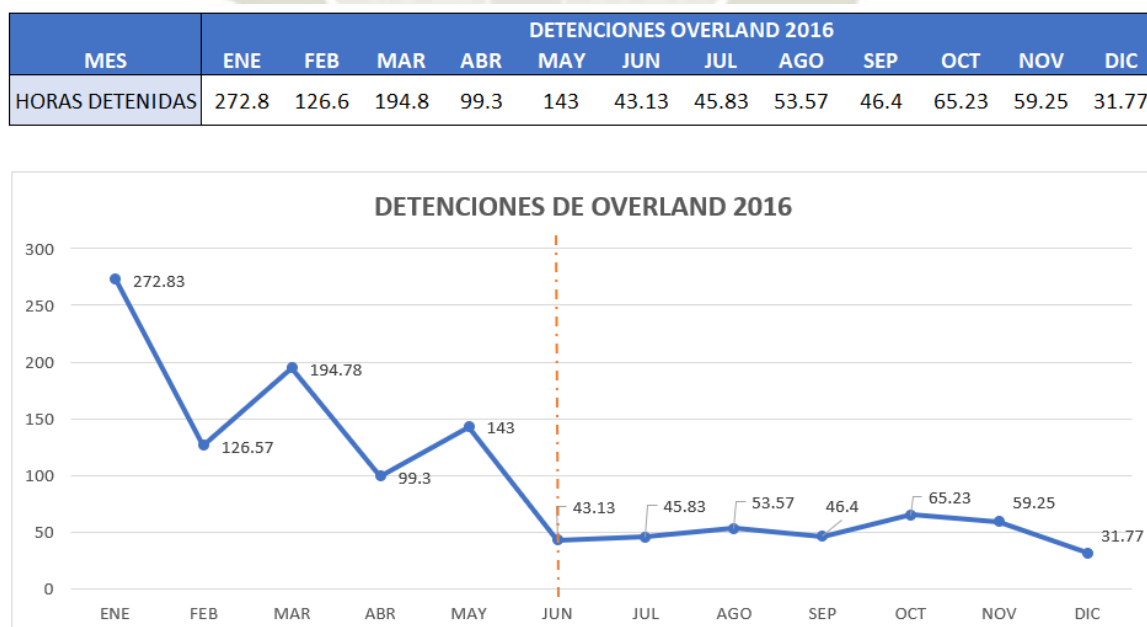


Figura 46. Detenciones de Overland 2016 luego de la implementación los planes de acción
Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En este capítulo presentaré los resultados del análisis de los datos obtenidos en la puesta en marcha del presente proyecto. Estos resultados mostrarán la mejora general que se consiguió mediante la aplicación de los planes de acción propuestos en las siguientes líneas. Destacaré especialmente los resultados obtenidos luego de la implementación de las fajas overland y la instalación de las fajas de sacrificio.

Para el análisis de los resultados en aspectos de mejora consideramos un indicador principal la disponibilidad de la planta, debido a que los problemas anteriormente mencionados ocasionaban horas de detención que reducían dicha disponibilidad, luego de implementar las acciones propuestas, la disponibilidad aumentó considerablemente.

Se realizó un análisis de costo comparativo, donde se verificará el monto de pérdida por paradas de planta a causa de los mantenimientos correctivos versus el costo de las mejoras a implementar.

4.1 PLANES DE ACCIÓN Y ACR

Se realizó un Análisis de Causa Raíz (ACR), para poder determinar el origen de las fallas más significativa que afectan a la producción en el sistema de transporte de mineral del área de chancado primario de Plomo y Zinc.

Al realizar el ACR se encontraron doce (12) causas raíces principales, para las cuales se propuso un plan de acción para cada una de ellas, determinando fechas límites y responsables a fin de atacar y mitigar el problema principal.

El plan de acción planteado tuvo fundamentalmente dos (2) etapas:

4.1.1 Primera etapa del Plan de Acción:

La primera etapa fue una etapa de control y estabilización del circuito; esta etapa fue desarrollada entre los meses de febrero y mayo de 2016 y comprometió a las áreas de mantenimiento y operaciones, reforzando el desarrollo de las funciones de cada equipo de

trabajo, siendo fundamental para la sostenibilidad de la planta. Gracias a los planes de acción sugeridos y desarrollados en esta primera etapa la disponibilidad de la planta aumentó de un 57.58% a un 73.70% promedio como veremos en las Tabla 27 y 28.

4.1.2 Segunda etapa del Plan de Acción:

La segunda etapa comprendió la optimización del circuito, mediante dos actividades principales: el cambio de las fajas overland de ST1200 a una faja ST2000 y la implementación de las fajas de sacrificio. Esta etapa se realizó en el mes de noviembre de 2016, permitiendo brindar una confiabilidad sostenida al circuito. La disponibilidad mejoró notablemente, llegando a un 80.25% en el primer semestre del año 2017 como veremos en las Tabla 27 y 28.

Para obtener la disponibilidad de la planta se realizó el cálculo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad de planta} = \frac{\text{Horas Mensuales de operación} - \text{Horas de Detención promedio}}{\text{Horas Mensuales de operación}} \times 100\%$$

Donde:

Horas Mensuales de operación: 24 horas x 30 días = 720 horas

Horas de Detención promedio: para estos valores consideramos los valores de la Tabla N°27, sacando el promedio de las horas de detención en los períodos de tiempo indicados en cada etapa:

- Sin Planes de Acción: ●
Entre los meses de Enero y Mayo 2016: 167.30 horas
- Luego de la primera Etapa: ●
Entre los meses de Junio y Octubre 2016: 50.83 horas
- Luego de la segunda Etapa: ●
Entre los meses de Enero y Julio 2017: 13.53 horas

Reemplazando estos valores en la fórmula, tenemos:

- Disponibilidad Inicial - sin Planes de Acción: 51.75%
- Disponibilidad Primera Etapa: 73.70%
- Disponibilidad Segunda Etapa: 82.30%

Tabla 27

Horas de Detenciones Overland 2016 y 2017

MES	HORAS DE DETENCIONES OVERLAND 2016 y 2017											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2016	272.83	126.57	194.78	99.3	143	43.13	45.83	53.57	46.4	65.23	59.25	31.77
2017	13	9.1	24.3	15.4	17	6.8	9.1	16.6	19.7	38	47	43.4

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°28 se describen los resultados obtenidos en cada etapa de implementación de los planes de acción, los mismos que se desarrollaron entre Febrero y Noviembre de 2016. Podemos apreciar que los 10 primeros planes de acción constituyen la Primera Etapa del Plan de Acción, donde mejoró la disponibilidad de un 57.58% a un 73.70% estas mejoras se dieron entre los meses de febrero y mayo de 2016. La Segunda Etapa del Plan de Acción tiene sólo 02 ítems: relacionados a la faja overland y las fajas de sacrificio, las mejoras se dieron entre mayo y noviembre de 2016 y permitió aumentar el porcentaje de disponibilidad de 73.70% a 80.25% como podemos apreciar en la Tabla N°28

Tabla 28.
Resultados del Plan de Acción.

PLAN DE ACCIÓN	FECHA		RESULTADOS	DISPONIBILIDAD	
	INICIO	FINAL		INICIAL	FINAL
Reducir el setting de la chancadora primaria de 55mm a 45mm	15-Feb	15-Feb	Se logró mantener la granulometría del material (dimensión) en un promedio de 6".	57.58%	73.70%
Instalación de retenedores de carga	15-Feb	16-Feb	Se logró homogenizar la alimentación, sin intermitencia de carga.		
Reposición de polines en todo el circuito.	15-Feb	15-May	Se repusieron todos los polines faltantes del circuito.		
Plan de inspección polines en SAP.	15-Feb	15-May	Se implementó el plan de inspección de polines del circuito con una frecuencia semanal.		
Instalación de bastidores autolimitantes	15-Feb	15-May	Se implementaron los bastidores autolineantes cada 50 metros por un tramo de 300 metros logrando estabilizar la faja.		
Campaña de limpieza del circuito.	15-Feb	15-May	Se realizó la limpieza del equipo eliminando el corte de fajas por carga.		
Plan de inspección y limpieza del circuito.	15-Feb	15-May	Se implementó el plan de inspección de fajas del circuito con una frecuencia semanal.		
Reposición de raspadores,	15-Feb	15-May	Se eliminó el peligro de daño de polea por retorno de carga.		
Plan de inspección de raspadores	15-Feb	15-May	Se implementó el plan de inspección de raspadores de fajas del circuito con una frecuencia semanal.		
Instalación de cadenas para amortiguar la carga	15-Feb	15-Feb	No se tuvo buen resultado por la condición del material, éste se apelmazaba y atoraba el chute.		
Instalación de cama de impacto	15-Feb	15-Feb	No se tuvo buen resultado. La soportería de segmentos se fisuró por la fuerza que impacta el mineral a la altura del chute.	73.70%	80.25%
Realizar procedimiento de empalmes según la norma y protocolo	15-Feb	15-Feb	Se realizó un procedimiento y se estandarizó un protocolo de empalmes, el cual nos permitió tener un mejor manejo en la auditoría de las contratistas cuando se realizan los servicios de empalme.		
Capacitación en el protocolo de empalme	15-Feb	15-May	Se capacitó al personal en el protocolo de empalme y esto permitió auditar al contratista de mejor manera cuando realizan los servicios de empalme.		
Evaluación de dimensionamiento de faja overland y cambio de ser necesario	15-May	15-Nov	Se encontró un error en la selección de la faja, en campo se contaba con una faja ST-1200 y de acuerdo a cálculos obtuvimos una faja ST-2000, por este motivo se procedió con el cambio.		
Instalación de faja de sacrificio	15-May	15-Nov	Se instaló la faja de sacrificio mejorando la confiabilidad de la faja overland y reduciendo el impacto del mineral sobre la faja		

Fuente: Elaboración Propia

4.2 CAMBIO DE FAJA OVERLAND:

Dentro del área de mantenimiento y luego del análisis de las causas raíces de las fallas, se detectó que una de las principales causas fue el subdimensionamiento de las fajas overlands.

Inicialmente se venía trabajando con la faja transportadora de modelo ST-1200 de 36” de ancho, sin embargo, este modelo no era el correcto y tuvo que cambiarse por el modelo de faja ST-2000 de 36”.

Para llegar a esta conclusión se tuvieron que realizar una serie de cálculos que nos permitió estandarizar nuestro modelo de faja overland, con ayuda de los datos obtenidos en campo se realizó el cálculo de la tensión unitaria, siendo ésta de un valor de 284.44KN/m, la cual multiplicada por el factor de seguridad recomendado (6) arrojó un valor de 1706.64KN/m, consultando en las tablas de fajas Bridgestone el modelo superior inmediato era la faja ST-2000, siendo éste modelo elegido para el cambio.

Se realizó el cambio integral de las tres fajas transportadoras como se ve en la Figura 47 bajo la supervisión del fabricante y supervisor de la minera, esto permitió dar un control de calidad óptimo.

Después de haber realizado el cambio de las fajas transportadoras se redujo las detenciones del circuito de chancado por daños en la faja transportadora dando confiabilidad al proceso de chancado como se puede identificar en la Tabla N° 29.



Figura 47 Cambio de la Faja ST-1200 por la Faja ST-2000

Fuente: Elaboración propia

4.3 INSTALACIÓN DE LAS FAJAS DE SACRIFICIO

Dado el estudio de la criticidad de las fajas overland se plantearon tres alternativas iniciales para su cuidado y conservación:

- Instalación de cadenas
- Instalación de camas de impacto
- Instalación de fajas de sacrificio

Las dos primeras alternativas eran de menor costo, sin embargo, durante el proceso de implementación fallaron.

4.3.1 Instalación de cadenas:

La instalación de cadenas falló debido al tipo de material húmedo, que ocasionaba que el material quede apelmazado en las cadenas atorando el chute de transferencia, lo que provocaba detenciones del circuito por limpieza del mismo.

4.3.2 Instalación de camas de impacto:

Se intentó aplicar una segunda alternativa, la instalación de camas de impacto, sin embargo, ésta también falló a causa de la fuerza con la que el material impactaba sobre la faja en la posición de la cama de impacto fisurando el soporte de segmentos, pudiendo provocar cortes en la faja.

4.3.3 Instalación de fajas de sacrificio:

Debido a las fallas presentadas en las alternativas propuestas anteriormente, se decidió continuar con el proyecto de instalación de fajas de sacrificio, esta mejora permitió optimizar el transporte y disminuir los costos por mantenimiento.

La implementación de fajas de sacrificio intermediarias se instaló en las zonas de alimentación de cada faja overland, como se aprecia en la Figura 48, con el fin de disminuir la fuerza de impacto del material con relación a la altura de descarga y proteger el estado de las tres (3) fajas overland principales.

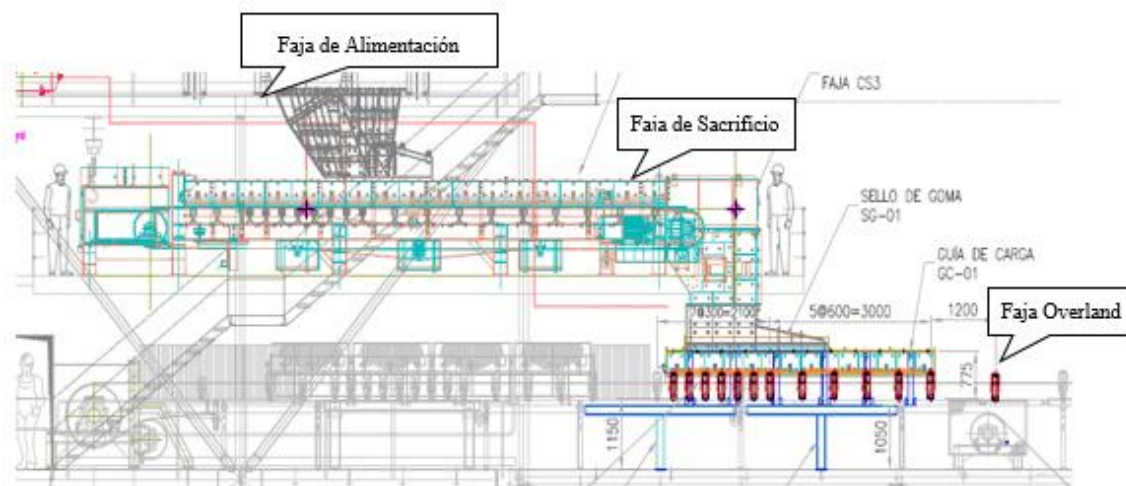


Figura 48. Ubicación de Faja de Sacrificio en el Circuito

Fuente: Elaboración propia

La instalación de fajas de sacrificio permitió reducir la fuerza de impacto generada por el mineral y la altura entre fajas overland, este valor se redujo de 6 metros a 2.5 metros, optimizando en gran medida el cuidado de la faja principal.

Esta alternativa dio como resultado una prolongación entre la frecuencia de mantenimientos correctivos de las fajas overland en más de un 50% aproximadamente, mejorando de esta forma, la confiabilidad en el circuito al reducir los continuos costos de mantenimiento de las fajas overland. En la Figura 49 podemos apreciar la Instalación de la faja de sacrificio, realizada en la unidad minera el mes noviembre Del 2016.



Figura 49. Instalación de Faja de Sacrificio en el Circuito de Chancado

Fuente: Elaboración propia

4.4 MEJORAS OBTENIDAS EN LAS HORAS DE DETENCIÓN Y LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS:

4.4.1 Mejoras en horas de detención:

Luego de desarrollar las actividades descritas en el plan de acción se puede notar claramente en la siguiente gráfica una disminución significativa de las paradas de planta con respecto al año anterior.

En la tabla N°29 se muestran las horas de detenciones en los años 2016 y 2017, esta tabla diagramada luego en la figura 50, nos muestra en color azul el comportamiento del año 2016, mientras que en color anaranjado podemos ver los resultados del año 2017. Podemos notar que el comportamiento del año 2017 es mucho más estable y muy por debajo del año anterior, ya que se ejecutaron los planes de acción descritos en el punto 4.1.

Tabla 29.

Horas de Detenciones Overland 2016 y 2017.

MES	DETENCIONES OVERLAND 2016												HORAS PROM DETENCIÓN
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2016	272.83	126.57	194.78	99.3	143	43.13	45.83	53.57	46.4	65.23	59.25	31.77	98.47
2017	13	9.1	24.3	15.4	17	6.8	9.1	16.6	19.7	133.4	47	43.4	29.57

Fuente: Elaboración propia

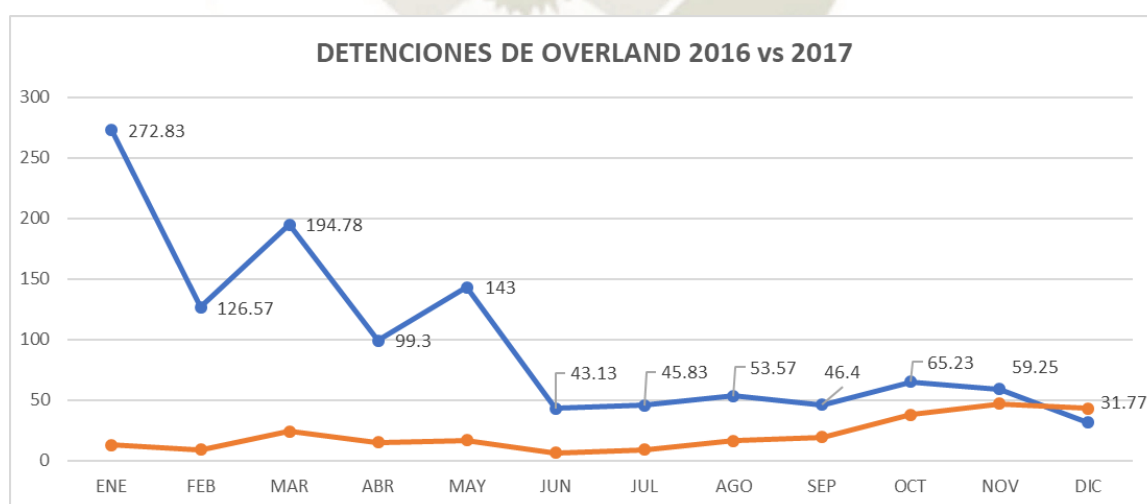


Figura 50. Horas de detenciones de las Fajas Overland 2016 vs 2017.

Fuente: Elaboración propia

Nuestros planes de acción se dieron en dos etapas, en la Figura 51 podemos apreciar los resultados obtenidos luego de las mejoras aplicadas en cada etapa. Como vemos las horas de detención son inversamente proporcionales al tiempo, dándose la mejora más notable luego de la primera etapa. El proceso inició con 167.30 horas de detención promedio, luego de la primera etapa tuvimos un promedio de 50.83 horas y finalmente 13.53 luego de las mejoras aplicadas en la segunda etapa.

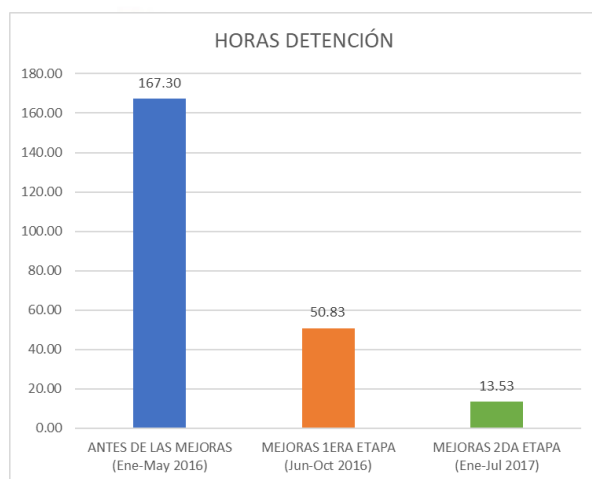


Figura 51. Horas de detenciones según la etapa del plan de acción.

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Mejoras en la disponibilidad:

La disponibilidad del circuito de chancado primario mejoró considerablemente luego de la implementación de las mejoras. En Tabla 30 y Figura 52 podemos ver una tendencia ascendente con relación a la disponibilidad de los equipos del circuito de chancado primario.

Tabla 30.

Disponibilidad de Circuito Chancado Primario 2015 Vs 2016.

MES	DISPONIBILIDAD CIRCUITO CHANCADO PRIMARIO 2015 VS 2016											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2015	40.50%	41.50%	39.61%	42.59%	48.15%	47.70%	55.88%	67.73%	67.41%	62.80%	52.88%	54.38%
2016	36.50%	63.20%	56.40%	68.40%	63.40%	77.30%	71.50%	73.40%	70.60%	75.70%	78.20%	82.30%

Fuente: Elaboración propia

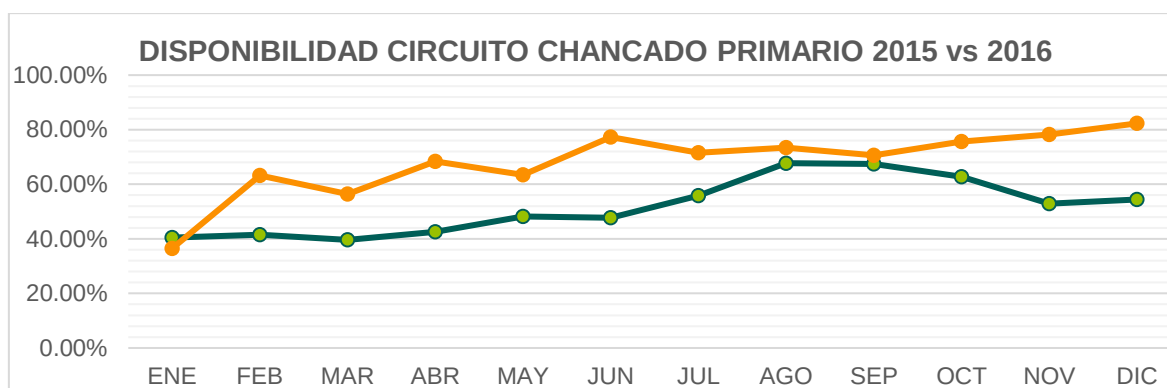


Figura 52. Disponibilidad del Circuito Chancado Primario 2015 vs 2016.

Fuente: Elaboración propia

Nuestros planes de acción se dieron en dos etapas, en la Figura 53 podemos apreciar los resultados obtenidos luego de las mejoras aplicadas en cada etapa. Como vemos la disponibilidad es directamente proporcional al tiempo, dándose la mejora más notable luego de la primera etapa. El proceso inició con 57.58% de disponibilidad promedio, luego de la primera etapa tuvimos un promedio de 73.70% y finalmente 80.25% luego de las mejoras aplicadas en la segunda etapa.

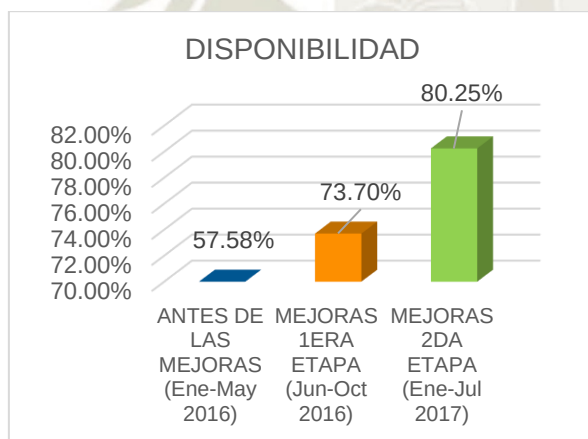


Figura 53. Disponibilidad según la etapa del plan de acción.

Fuente: Elaboración propia

4.5 ANÁLISIS DE COSTOS:

Al hacer un comparativo entre los costos de implementación de las tres (3) fajas de sacrificio y el cambio de las tres (3) fajas overland versus los costos de parada de planta por mantenimiento correctivo, podemos apreciar en el siguiente análisis de costos que se justifican dichos cambios.

En las siguientes tablas se realizó un análisis detallado de costo para la implementación de las fajas de sacrificio y la faja overland versus los gastos promedio por horas de detención de planta.

En la tabla N° 31 se puede observar los costos de compra y cambio de faja overland. Considerando que el costo promedio del rollo de 600 metros de una faja ST2000 en el mercado es de \$108 000 por este motivo el costo por cada metro es de \$180. Si consideramos el metraje total de las tres (3) fajas overland necesitamos un total de 5259 metros, es decir, 8.765 rollos, por este motivo se decide comprar 9 rollos en total al redondear la cifra.

De manera similar en la tabla N° 32 podemos observar los costos de implementación de fajas de sacrificio. En dicha tabla podemos apreciar que el total de costos por implementación para este proyecto fue de un total de \$1 610 900.00. Los montos mayores se debieron a la fabricación de la faja (ingeniería y asistencia), al montaje de estructuras y cimentaciones y fabricación de estructuras de soporte.

Seguidamente en la tabla N° 33 sintetizamos las tablas anteriores (Tabla N°31 y Tabla N°32) para determinar los costos totales de la implementación de ambos proyectos. El proyecto de mejora involucró doce (12) puntos fundamentales, sin embargo, consideramos que las mejoras más representativas en el proceso y las que demandaron un costo adicional al Opex (costo operativo anual) fueron dos (2): la implementación de las fajas overland y la implementación de las fajas de sacrificio. El resto de mejoras (reducir el setting de la chancadora, instalación de retenedores de carga, reposición de polines en total el circuito, plan de inspección polines en SAP, instalación de bastidores autolimitantes, limpieza del circuito, reposición de raspadores instalación de cadenas para amortiguar la carga, instalación de cama de impacto, elaboración de procedimientos y capacitación en el protocolo de empalme) no se consideran dentro de los costos totales debido a que todas ellas se realizaron con mano de obra de la minera y además se encontraban dentro del Opex anual. Considerando entonces, sólo las dos (2) implementaciones que fueron fundamentales para la mejora del proceso, podemos resumir el costo total del proyecto en un total de \$2 547 168.80.

Los gastos por detención de los equipos se pueden observar en la tabla N° 34, podemos ver que inicialmente teníamos un promedio de horas de detención de 98.47 horas mensuales

para el año 2016 (Ver Tabla N°29) debido a que cada hora de detención de la planta nos demanda una pérdida de \$33 542.00, lo que hace un total de gasto mensual operativo por detención de los equipos de aproximadamente \$3 3303 880.74.

Tabla 31
Costos de compra y cambio de faja overland

COSTO DE FAJAS OVERLAND	METRAJE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
OVERLAND 2A	876	\$ 180.00	\$ 157,680.00
OVERLAND 2B	2810	\$ 180.00	\$ 505,800.00
OVERLAND 3	1573	\$ 180.00	\$ 283,140.00
TOTAL	5259	\$ 180.00	\$ 946,620.00
TOTAL 9 ROLLOS	5400	\$ 180.00	\$ 972,000.00

COSTO DE SERVICIO DE CAMBIO DE FAJAS OVERLAND	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
SERVICIO DE CAMBIO DE FAJAS (Por empalme)	10	\$ 20,000.00	\$ 200,000.00
COMPRA DE KITS DE EMPALME (Por empalme)	10	\$ 7,000.00	\$ 70,000.00
ALQUILER DE GRÚA TELESCÓPICA 40 TON (Por día)	15	\$ 500.00	\$ 7,500.00
ALQUILER DE EXCAVADORA	6	\$ 400.00	\$ 2,400.00
TOTAL			\$ 279,900.00

COSTO TOTAL PARA LA COMPRA Y CAMBIO DE FAJAS OVERLAND	COSTO TOTAL
TOTAL COMPRA DE FAJAS	\$ 972,000.00
TOTAL POR SERVICIOS	\$ 279,900.00
TOTAL	\$ 1,251,900.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32
Costos de Implementación de Fajas de Sacrificio.

COSTO FABRICACION Y MONTAJE FAJA SACRIFICIO CS1,CS2,CS3					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	P.U. US\$	TOTAL
I	INGENIERÍA				149,600.00
1.01	INGENIERIA DE DETALLE PARA SOPORTAR 03 FAJAS DE SACRIFICIO				18,300.00
1.02	INGENIERIA DE DISEÑO				108,900.00
1.03	INGENIERIA DE FABRICACION				22,400.00
II	PROCURA				410,100.00
2.01	MATERIALES FABRICACION DE CHUTE				87,000.00
2.02	MATERIALES FABRICACION DE ESTRUCTURA FAJA				9,800.00
2.03	MATERIALES FABRICACION DE CHUTE DE TRANSFERENCIA				313,300.00
III	CONSTRUCCIÓN				686,600.00
3.01	FABRICACION DE FAJA SACRIFICIO				213,500.00
3.02	FABRICACION DE CHUTE TRANSFERENCIA				21,100.00
3.03	MONTAJE FAJA SACRIFICIO				452,000.00
IV	SISTEMA DE CONTROL FAJA SACRIFICIO				96,100.00
4.01	ARQUITECTURA ETAPA 1 OPCION EQUIPOS MULTIMODO				38,600.00
4.02	ARRANCADOR TIPO VARIADOR DE VELOCIDAD				36,200.00
4.03	ESTACION DE BOTONERA DE CORREA CS01,CS02,CS03				3,100.00
4.04	SERVICIO DE INGENIERIA				3,900.00
4.05	SERVICIO DE PROGRAMACION				9,500.00
4.06	SERVICIO DE IMPLEMENTACION - TRABAJOS EN CAMPO				4,800.00
	SUB TOTAL CONSTRUCCIÓN US\$				1,342,400.00
	CONTINGENCIA				268,500.00
	SUB TOTAL				268,500.00
					TOTAL SIN IGV US\$ 1,610,900.00

Fuente: Elaboración propia
-Verificar detalle de la propuesta económica en el ANEXO 11.

Tabla 33
Total de Costos de Implementación.

DESCRIPCIÓN	COSTO
IMPLEMENTACIÓN FAJAS DE SACRIFICIO	\$1,610,900.00
IMPLEMENTACIÓN FAJA OVERLAND	\$1,251,900.00
TOTAL	\$2,862,800.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34
Gastos por Detención de Equipos.

DESCRIPCIÓN	HORAS DETENIDAS	GASTO UNITARIO POR DETENCIÓN (1 HORA)	GASTO TOTAL
GASTOS POR DETENCIÓN DE EQUIPOS	98.47	\$ 33,542.00	\$ 3,302,880.74
TOTAL			\$ 3,302,880.74

Fuente: Elaboración propia

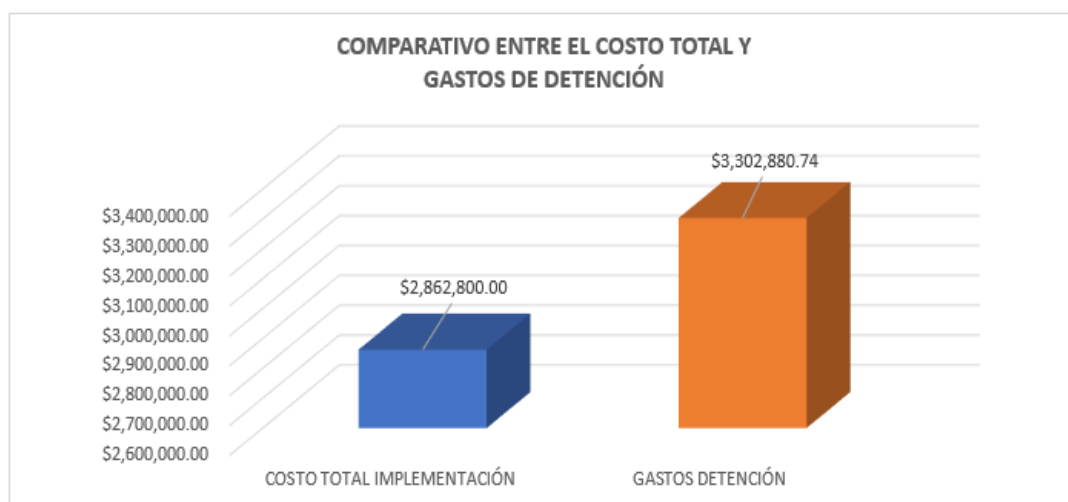


Figura 54. Comparativo entre el Costo Total y Gastos de Detención

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis de costos, podemos notar en la figura 54 los costos totales de implementación del proyecto como los gastos de detención mensuales sin realizar dicha implementación, es así, que si realizamos una comparación entre el costo total que requiere la implementación del proyecto (\$2 862 800.00) versus el gasto por detención de los equipos sin realizar la mejora (\$3 303 880.74) podemos llegar a la conclusión que con un mes de detención se paga la implementación del proyecto, lo que justifica realizarlo.

CONCLUSIONES

Mediante el presente trabajo de investigación logramos optimizar el circuito de transporte y transferencias en chancado primario de plomo-zinc, en el proceso de obtención de minerales. Gracias al cambio de la faja transportadora y a la instalación de fajas de sacrificio intermediarias en las zonas de alimentación de cada faja overland.

Se realizó una evaluación de análisis de causa raíz (ACR) de fallas del circuito de chancado primario para determinar la causa principal que afecta el circuito, en dicho análisis se determinó que la raíz de las constantes paradas por mantenimiento se deben a doce (12) factores principales: por condiciones de carga son: granulometría fuera de los parámetros de diseño y alimentación discontinua; por la estructura de la faja transportadora: falta de polines, instalación de polines verticales, acumulación de carga, raspadores inhabilitados y dimensiones de chute de transferencia; por condiciones de la faja transportadora: condición actual de faja y empalmes fuera de estándar; y por condiciones humanas: condición actual de la faja, empalmes fuera de estándar, errores en los trabajos de mantenimiento y limpieza del área.

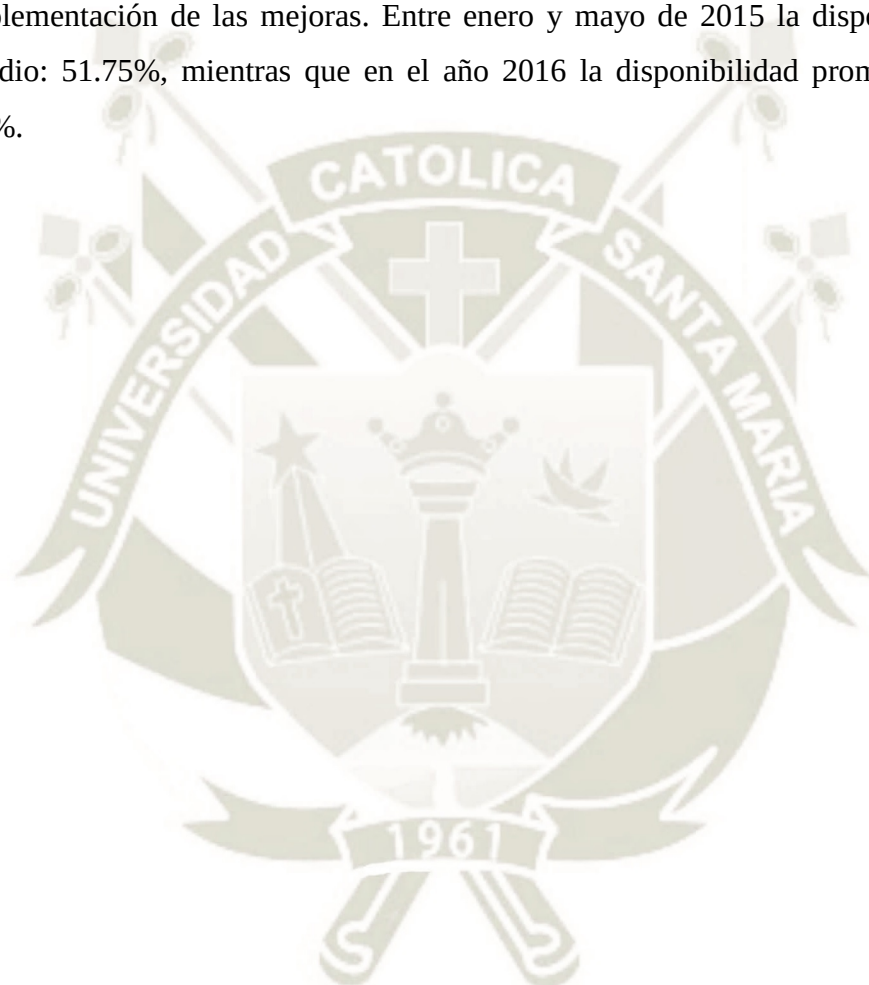
Las causas más críticas que fueron detectadas se deben a factores de diseño y selección de componentes del circuito de fajas overland y condiciones operación, luego de plantear un plan de acción se logró instalar una faja de sacrificio y se seleccionó la faja overland correcta para nuestro proceso.

Se logró aumentar la disponibilidad de circuito de chancado Plomo Zinc, al disminuir las horas de parada por mantenimiento de 98.47 horas promedio en el año 2016 a sólo 29.57 en el año 2017, logrando aumentar la disponibilidad operativa del circuito de fajas overland y de toda el área de chancado. Con esta reducción significativa en detenciones generamos un ahorro mensual promedio de \$2 347082.76.

Se logró estabilizar la mantenibilidad del circuito de chancado Plomo Zinc, con las mejoras implementadas en el área de operaciones, mantenimiento y demás áreas involucradas, manteniendo el funcionamiento del circuito constante.

Se implementó una faja de sacrificio que reduce los daños a las fajas de transferencia dando una confiabilidad estable al circuito, esta faja se instaló en las estaciones intermedias reduciendo la fuerza de impacto del material al disminuir la altura de descarga, disminuyendo los daños producidos en las fajas overland.

La disponibilidad del circuito de chancado primario mejoró considerablemente luego de la implementación de las mejoras. Entre enero y mayo de 2015 la disponibilidad era en promedio: 51.75%, mientras que en el año 2016 la disponibilidad promedio llegó a ser 68.08%.



RECOMENDACIONES

Siendo una de las principales fallas los daños a la faja transportadora, se recomienda estandarizar el modelo y marca de faja overland (ST-2000), para el cambio y mantenimiento, respetando los procedimientos adecuados para los empalmes según como indica el fabricante y proveedor.

Otra recomendación importante es la capacitación a todas las áreas involucradas en el proceso de funcionamiento del circuito, para realizar una adecuada operación, un adecuado mantenimiento, un adecuado abastecimiento de los componentes según especificaciones de diseño y el debido control de seguridad.

Así mismo, se recomienda realizar un monitoreo constante de todos los componentes del circuito de fajas, realizar limpieza constante del área para evitar el daño a los componentes por el desborde del material transportado y tener un stock adecuado según los repuestos críticos, evitando aumentar los costos de logística por la compra de respuestas innecesarios.

También, recomendamos la elaboración de los procedimientos de operación y mantenimiento adecuados para los diferentes circuitos de transporte de material y de más componentes, mejorando los planes de mantenimiento de cada equipo y sobre todo hacer seguimiento del cumplimiento de estos para mejorar los indicadores de disponibilidad.

Por último, se recomienda implementar una nueva filosofía de mantenimiento como el RCM para la gestión correcta de los activos físicos de la empresa, capacitando al personal en su implementación, involucrando a todas las áreas en la nueva filosofía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Perez J. (2016) Análisis para la Implementación de una Banda Transportadora para Mineral en el Circuito de Chancado de la CIA Minera MAPERU. Huancayo-Perú.
- Amela Felipe E. & Gomez Fabra M. (2016) Diseño de una Cinta Transportadora en una instalación de carga Automática de Coque. España.
- Amela Felipe E. (2016) Diseño de una faja Transportadora en una Instalación de una Carga automática de Coque. España Universidad Jaume.
- Arias P. (2014) Optimización de la Sección de Chancado para Incrementar la Producción Diaria a 700 Toneladas de Mineral Triturado en la Empresa ICM Perú. Lima-Perú.
- Calderón, C. (2014). Maquinaria e Industria. Obtenido de:
<http://www.maquinariaeindustria.es/componentes-para-una-faja-transportadora/>
- Castro J., Martínez G. & Ravelo F. (2011) Diseño de una Banda Transportadora Semiautomática para la Fabricación de Tanques de Combustible de Vehículos de Carga. México D.F
- Cuadra M. (2017). Anuario Minero 2017. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- Diaz C. (2014) Manual de Chancado Planta Concentradora, Perú.
- Dirección de la Producción Minera (2017). Cartera Estimada de Proyectos Mineros. Obtenido de:
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/INVERSION/2017/CARTERA01_2017.pdf
- Gil Berru Gino (2013) Diseño de un Sistema de Transporte de Concentrado de Minerales a Través de una Faja Tubular de 3000m. Lima-Perú
- Grupo Antofagasta Minerals (2012). Etapas del Proceso Productivo de una Mina. Chile: Curso de Minería para Periodistas, SONAMI.
- Herrera (2016), Dimensionamiento y selección de equipos para una planta concentradora de cobre, plomo y zinc con una capacidad de 4800 TMDP. Perú.
- Infografía Antamina (2019). Infografía proceso productivo de Antamina. Obtenida de:
<https://www.antamina.com/infografia-proceso-productivo/>.
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (2018). Producción Minera Metálica. Obtenido en

<http://www.iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/resultados>

Mollepaza (2018), Estudio metodológico del tramo 1 de una faja transportadora para trasladar trozos de mineral de cobre con una capacidad de 944 TPH usando contrapeso de bloques de concreto evaluada con normas del sistema inglés

Patiño Torres A. (2015) Índice de Chutes y Tolvas. Arequipa-Perú.

Paucar (2016), Optimización de la faja transportadora 9b para incrementar el tonelaje de transporte de mineral en la UMCL- MILPO. Chíncha – Perú.

Rivkin M. (2018). Bulk Material Handling: Practical Guidance for Mechanical Engineers. Singapore: Partridge

Sánchez W. (2018). Anuario Minero 2018. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

Shinno G. (2015). Oportunidades y Desafíos del Sector. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

Tironi A. (2015). Reporte de Sustentabilidad 2015. Santiago: Antofagasta Minerals

Zela Toledo A. (2017) Planificación y Programación del Mantenimiento de Instrumentación de la Planta de Chancado Primario Compañía Antapacay. Arequipa-Perú, UNSA

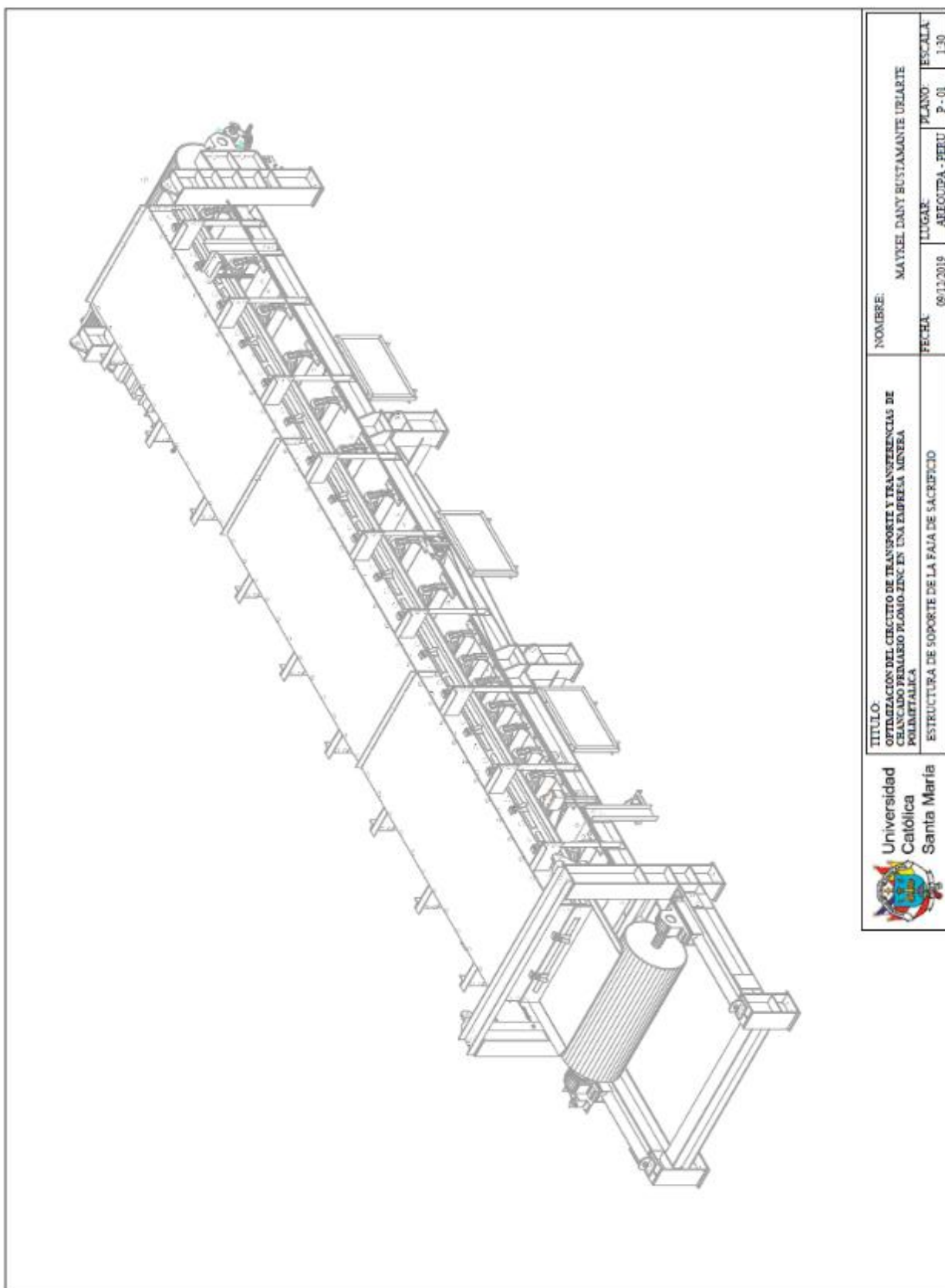
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE FIGURAS

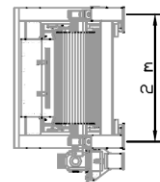
- Figura 1:** Sector minero Perú influencia de Crecimiento (2017). Posición del Perú como Productor Minero. [Figura] Recuperado de [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2018/AM2018\(VF\).pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2018/AM2018(VF).pdf)
- Figura 2:** Shinno (2015). Principales Proyectos Mineros actuales del Perú. [Figura]. Recuperado de <https://archivo.gestion.pe/multimedia/imagen/2170852/173288>
- Figura 3:** Cuadra (2017). Participación del Presupuesto Mundial en Exploración Minera 2017. [Figura], Recuperado de: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/98805/ANUARIO_MINERO_2017_1_.pdf
- Figura 4:** Banco Central de Reserva del Perú (2018). (2018). Estructura del Valor de las Exportaciones. [Figura]. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/_detallenoticia.php?idSector=9&idTitular=8989
- Figura 5:** Lopez (2013). Extracción del mineral. [Figura]. Recuperado de <https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/exploracion.html>
- Figura6:** López J. (2013). Maquinaria de extracción. [Figura]. Recuperado de <http://motorenminas.blogspot.com/2014/08/maquinaria-en-la-mineria.html>
- Figura 7:** Regmurcia(2012). Mineral para el chancado. [Figura]. Recuperado de <https://www.milanuncios.com/minerales-de-coleccion/mineral-calcita-mina-herculano-murcia-248024061.htm>
- Figura 8:** López (2013). Movimiento del mineral. [Figura]. Recuperado de https://issuu.com/diegocasale/docs/panorama_minero_ed_471
- Figura 9:** Tironi (2015). Fundición. [Figura]. Recuperado de https://issuu.com/diegocasale/docs/panorama_minero_ed_471
- Figura 10:** Tironi (2015). Proceso de refinación. [Figura]. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/mercados/cobre-cae-minimo-mes-despues-fundicion-reduce-prima-118045-noticia/>
- Figura 11:** Andamio Químico (2012). Flow Sheet Chancado – Lavado Pb-Zn. [Figura]. Recuperado de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-nacional-de-san-agustin-de-arequipa/psicologia/resumenes/memoria-descriptiva-chancado-lavado/3185522/view>

- Figura 12:** Rikin (2018). Detención Overland. [Figura]. Recuperado de <http://logicaycontrol.blogspot.com/2018/04/concepto-de-programacion-fbd-parte-1.html>
- Figura 13:** Dsimet (2012). Faja transportadora. [Figura]. Recuperado de <https://www.mch.cl/reportajes/mineria-continua-hacia-menos-costos-y-mayor-productividad/>
- Figura 14:** Tironi (2015). Transporte del material. [Figura]. Recuperado de <http://ecorsasac.com/index.php/productos/fajas-transportadoras-ecorsasac>
- Figura 15:** Dismet (2012). Tambores de cabeza de faja. [Figura]. Recuperado de <https://www.dismet.com/productos/tambores-de-cabeza/>
- Figura 16:** Allbiz (2010). Polines y accesorios para faja transportadora. [Figura]. Recuperado de <https://cl.all.biz/polines-y-estaciones-para-cintas-transportadoras-g26292>
- Figura 17:** Allbiz (2010). Tensor de faja transportadora. [Figura]. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos58/disenio-cintas-transportadoras/disenio-cintas-transportadoras2.shtml>
- Figura 18:** Dismet (2012). Chute en minería. [Figura]. Recuperado de <https://www.georesources.net/index.php/global-news/thyssenkrupp-to-deliver-material-handling-system-with-gearless-conveyor-for-anglo-american-s-new-copper-mine-in-peru>
- Figura 20:** Pérez (2015). Diagrama de Ishikawa. [Figura]. Recuperado de <http://www.ceolevel.com/que-es-el-diagrama-ishikawa-y-para-que-sirve>
- Figura 21:** Disponibilidad 2016 – Chancado Pb/Zn. Elaboración propia.
- Figura 32:** CEMA (2002). Anchos necesarios para tamaño de trozo. [Figura]. Recuperado de <https://fliphtml5.com/ucie/wbqd/basic/51-100>
- Figura 33:** CEMA (2002). Variación del Factor Kt de Corrección de Temperatura. [Figura]. Recuperado de <https://fliphtml5.com/ucie/wbqd/basic/51-100>

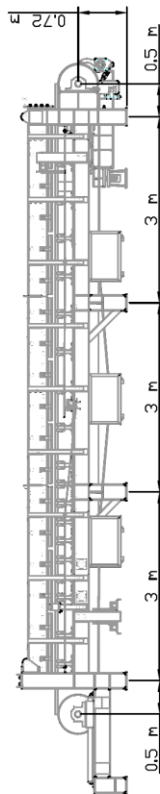
ANEXOS

ANEXO N°1 PLANOS

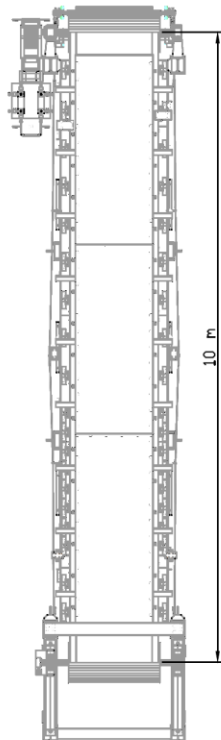




VISTA LATERAL

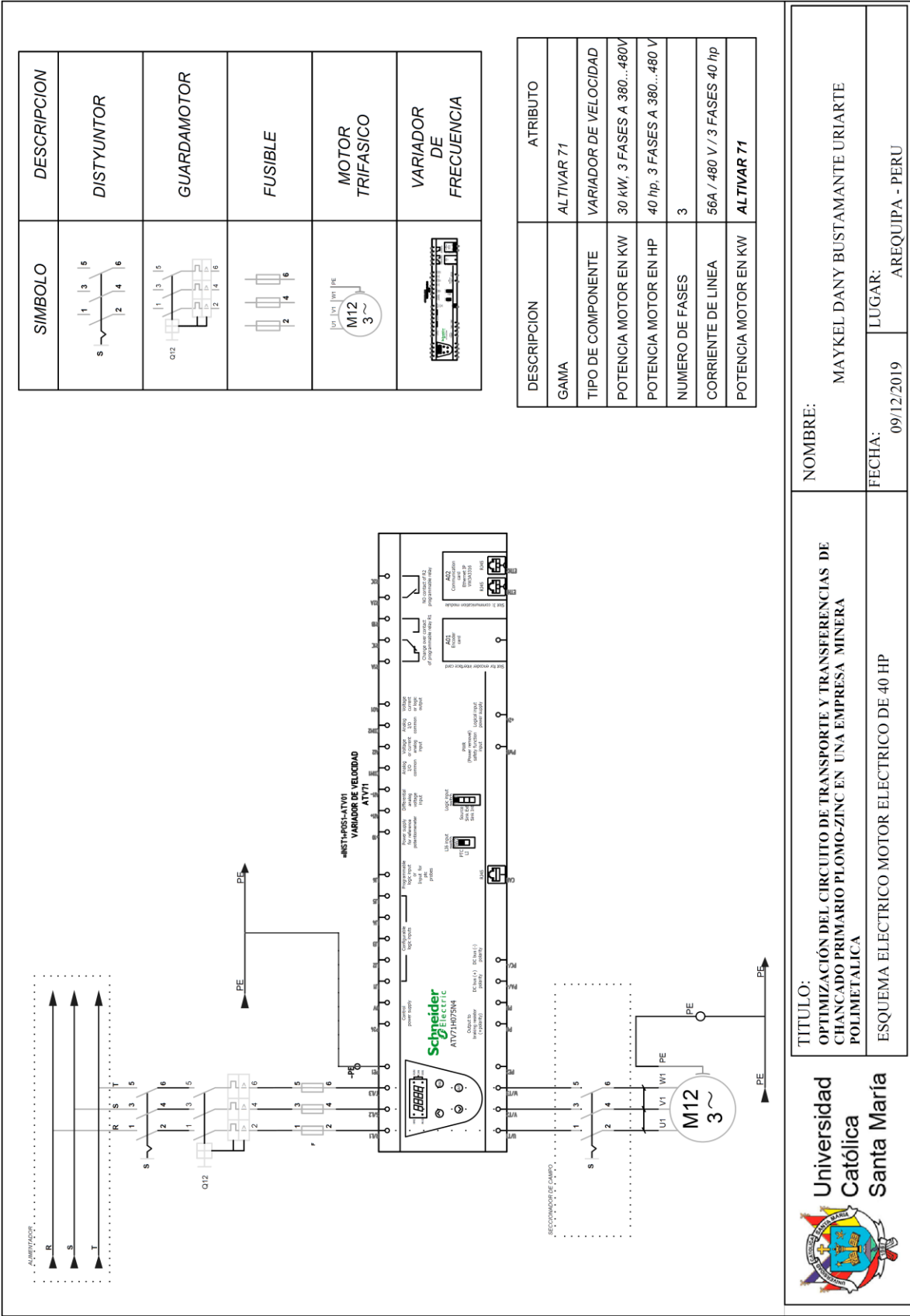


VISTA FRONTAL



VISTA DE PLANTA

 Universidad Católica Santa María	TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y TRANSFERENCIAS DE CHANCADO PRIMARIO PLOMO-ZINC EN UNA EMPRESA MINERA POLIMETALICA		NOMBRE: MAYKEL DANY BUSTAMANTE URIARTE	
	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LA FAJA DE SACRIFICIO		FECHA: 09/12/2019	PLANO: P- 02
			LUGAR: AREQUIPA- PERU	ESCALA: 1:70



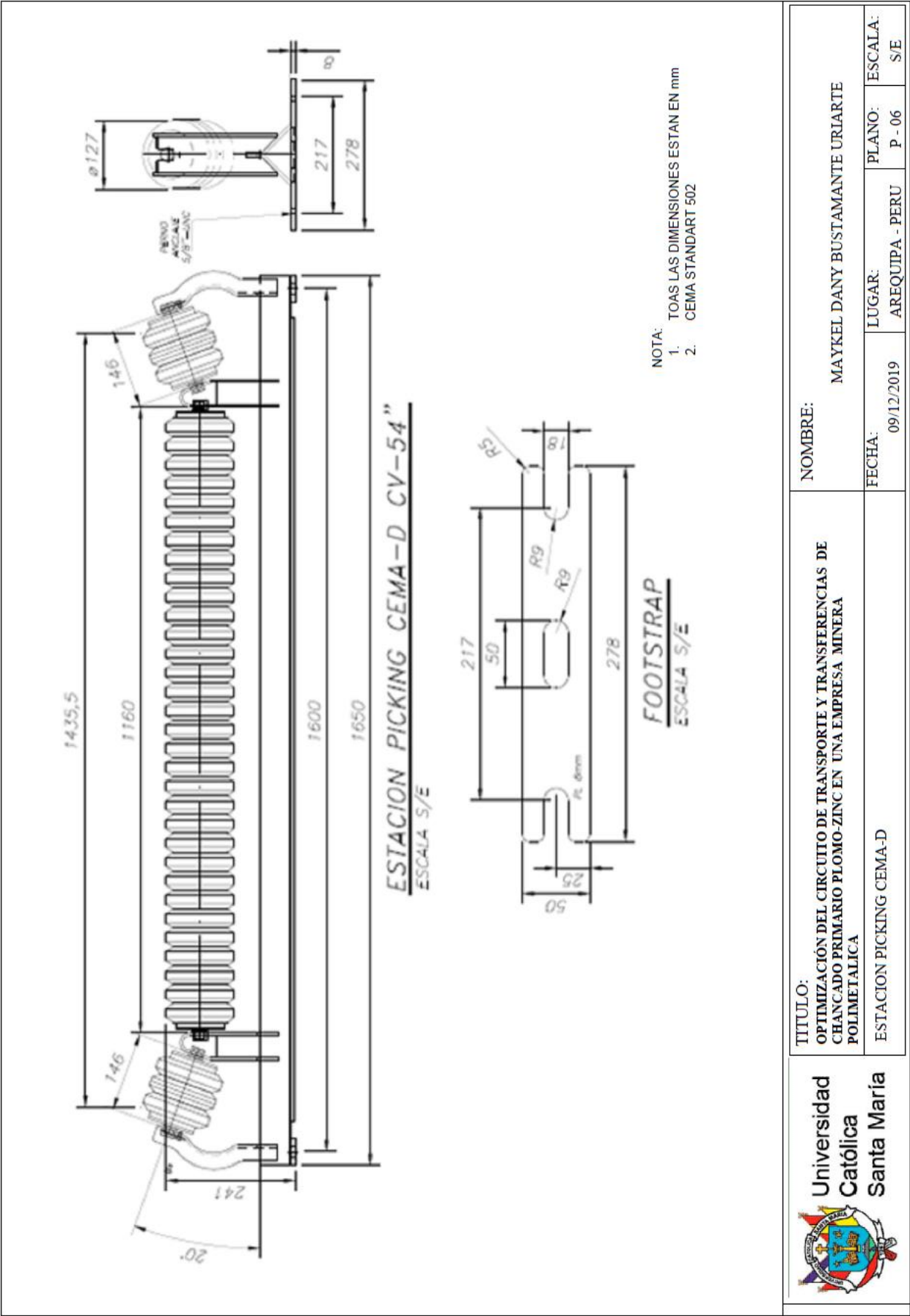
NOTA:

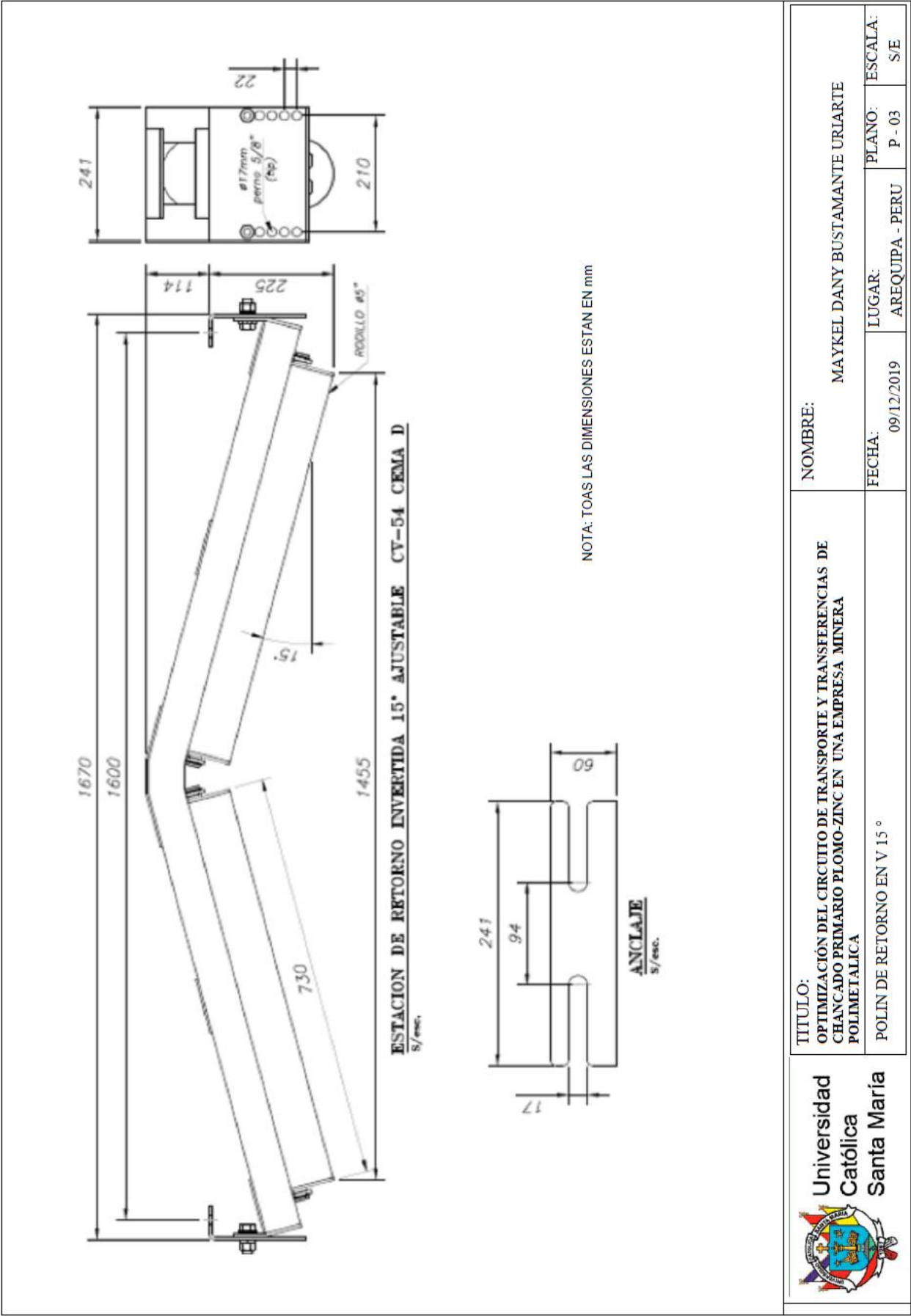
1. TOAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN mm
2. CEMA STANDARD 502

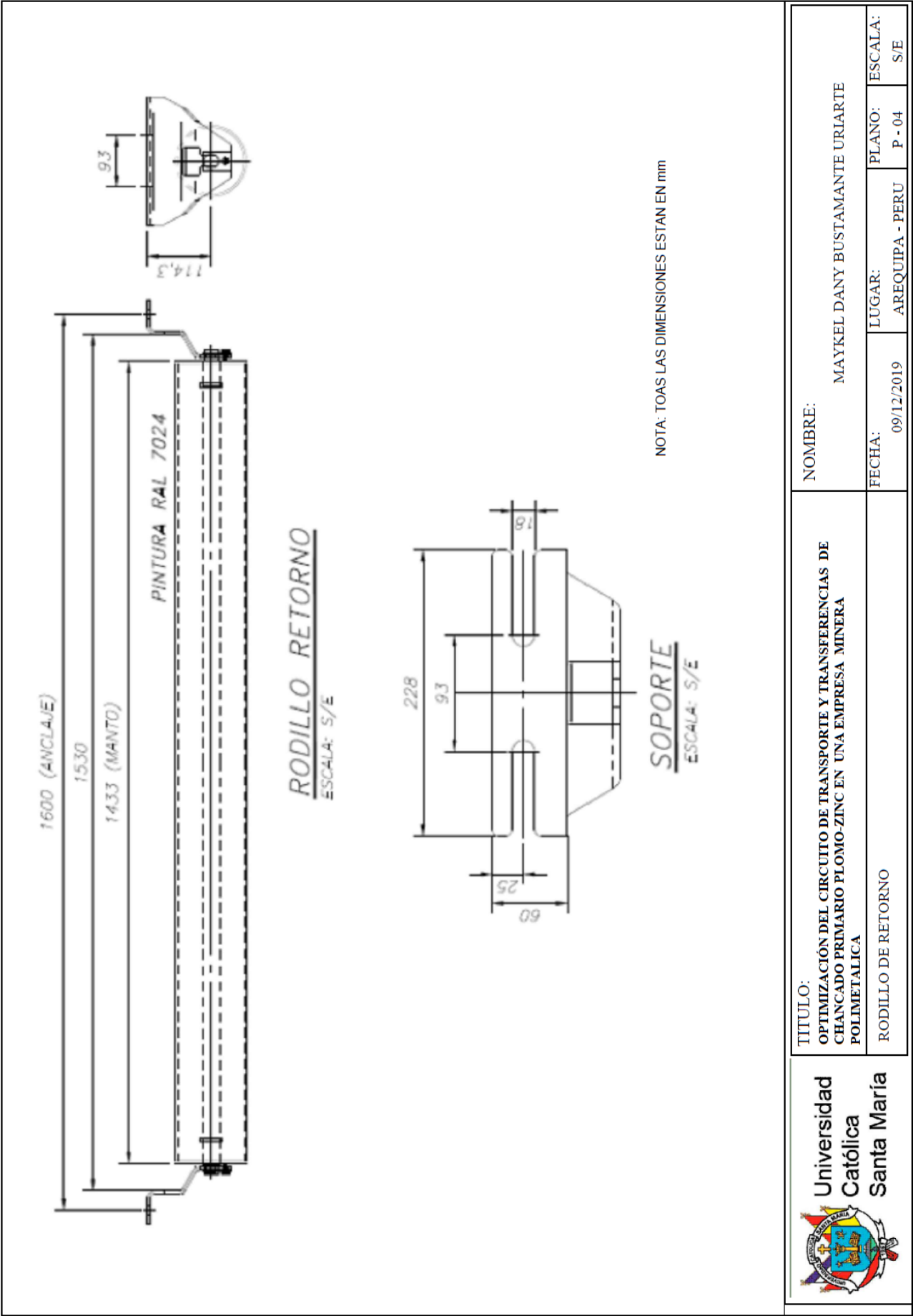
ESTACION PICKING CEMA-D CV-54"
ESCALA S/E

FOOTSTRAP
ESCALA S/E

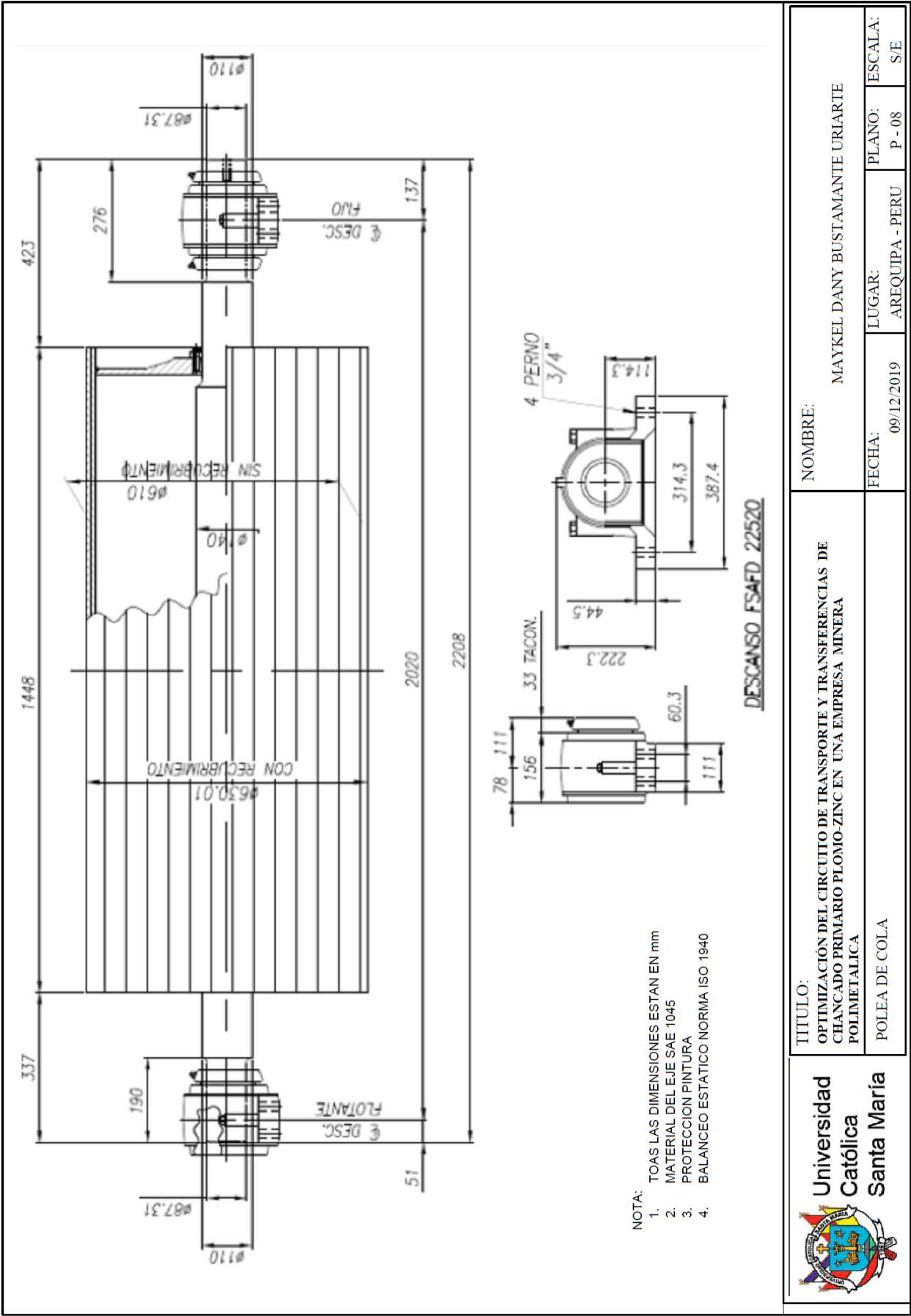
 Universidad Católica Santa María	TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y TRANSFERENCIAS DE CHANCADO PRIMARIO PLOMO-ZINC EN UNA EMPRESA MINERA POLIMETALICA		NOMBRE: MAYKEL DANY BUSTAMANTE URIARTE	
	ESTACION PICKING CEMA-D	FECHA: 09/12/2019	LUGAR: AREQUIPA PERU	PLANO: P - 05
				ESCALA: S/E

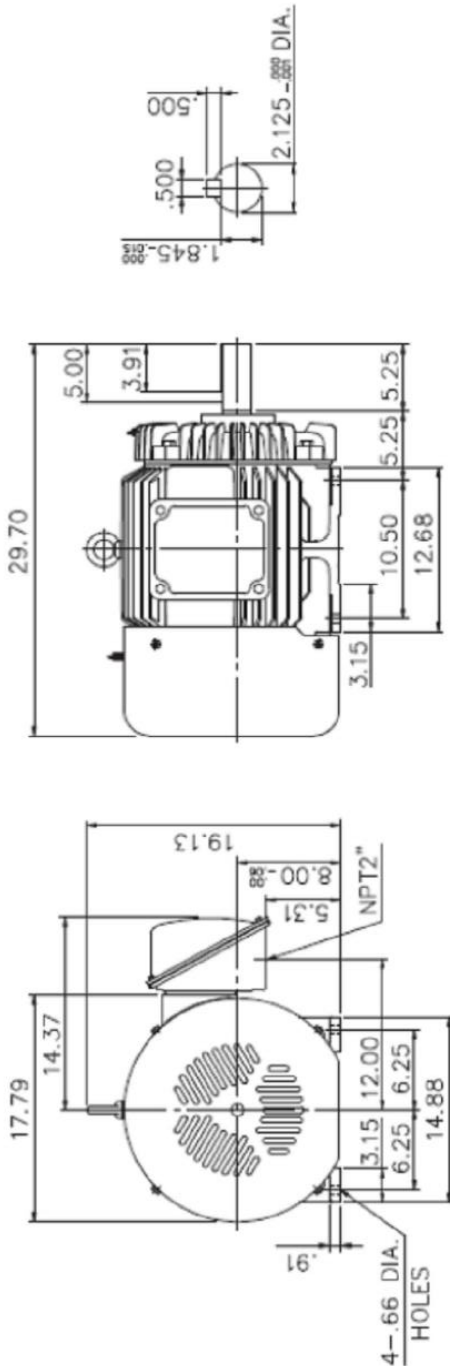








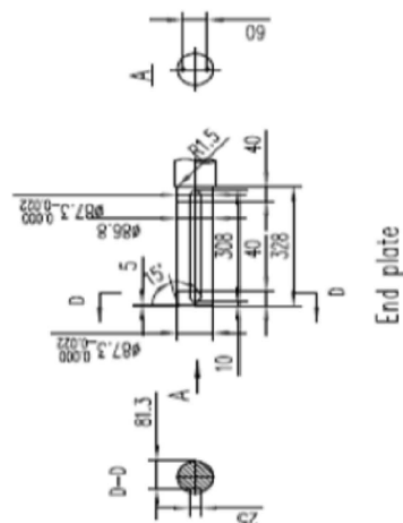


SUPERMAX-841 SEVERE DUTY ALTERNATING CURRENT MOTORS ENCLOSURE: TOTALLY ENCLOSED MOUNTING: FOOT SQUIRREL-CAGE INDUCTION CAST IRON FRAME FRAME 324T COOLING: FAN COOLED				1) LAS DIMENSIONES ESTAN EN PULGADAS. 2) PESO APROXIMADO = 645 LBS. 3) POTENCIA = 40 HP. 4) NUMERO DE POLOS = 4P. 5) VELOCIDAD = 1800 RPM. 6) VOLTAJE = 460 V. 7) FRECUENCIA = 60 HZ.	
 Universidad Católica Santa María		TITULO: OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y TRANSFERENCIAS DE CHANCADO PRIMARIO PLOMO-ZINC EN UNA EMPRESA MINERA POLIMETALICA		NOMBRE: MAYKEL DANY BUSTAMANTE URIARTE	
DIMENSIONES DEL MOTOR ELECTRICO DE 40 HP		FECHA: 09/12/2019		LUGAR: AREQUIPA - PERU	



top view

Working shaft detail



End plate

CONFIGURACION PRINCIPAL

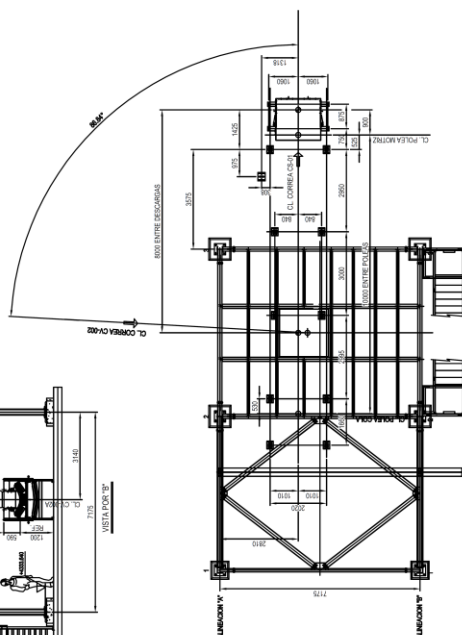
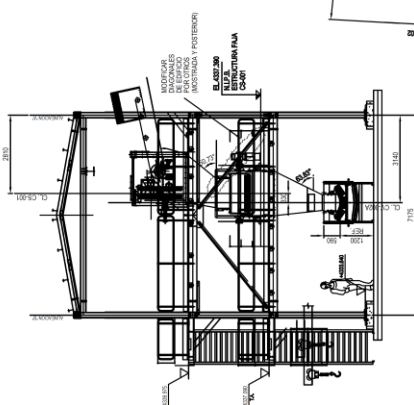
1. RODAMIENTOS: SKF O FAC
2. MATERIAL DEL ENGRANAJE: 17CrNiMo
3. PRECISION DEL ENGRANAJE: DIN 6
4. MATERIAL DEL EJE DE SALIDA: 42CrMo

DATOS TECNICOS

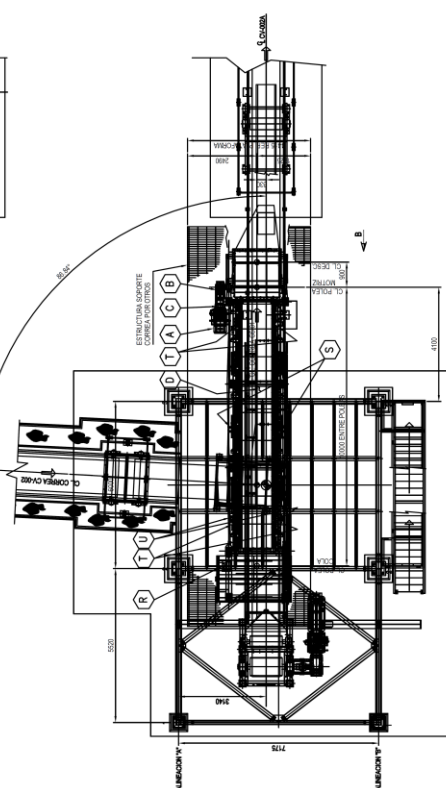
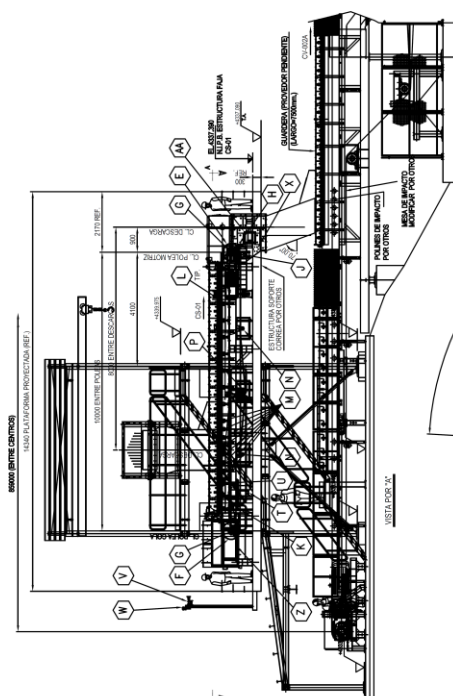
1. VELOCIDAD DE ENTRADA: 1800 RPM
2. POTENCIA DE ENTRADA DEL MOTOR: 30KW
3. RELACION DE TRANSMISION: 28.576
4. VELOCIDAD DE SALIDA: 63 RPM
5. POTENCIA DE LA CAJA REDUCTORA: 78 KW
6. PESO 320 KG

 Universidad Católica Santa María	TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y TRANSFERENCIAS DE CHANCADO PRIMARIO PLOMO-ZINC EN UNA EMPRESA MINERA POLIMETALICA	NOMBRE: MAYKEL DANY BUSTAMANTE URIARTE	
	DIMENSIONES DEL REDUCTOR	FECHA: 09/12/2019	LUGAR: ARQOUTPA - PERU

LISTA DE COMPONENTES EL BROCAL			
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNIDAD
1	1	MOYER 40 170 800, PANE 300, 400	MOYER
2	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
3	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
4	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
5	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
6	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
7	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
8	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
9	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
10	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
11	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
12	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
13	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
14	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
15	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
16	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
17	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
18	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
19	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
20	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
21	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
22	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
23	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
24	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
25	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
26	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
27	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
28	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
29	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
30	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
31	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
32	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
33	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
34	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
35	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
36	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
37	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
38	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
39	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
40	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
41	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
42	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
43	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
44	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
45	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
46	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
47	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
48	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
49	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
50	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
51	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
52	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
53	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
54	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
55	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
56	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
57	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
58	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
59	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
60	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
61	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
62	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
63	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
64	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
65	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
66	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
67	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
68	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
69	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
70	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
71	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
72	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
73	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
74	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
75	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
76	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
77	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
78	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
79	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
80	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
81	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
82	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
83	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
84	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
85	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
86	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
87	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
88	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
89	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
90	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
91	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
92	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
93	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
94	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
95	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
96	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
97	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
98	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
99	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR
100	1	RECTOR 800T PANE, DESMORNO 100	RECTOR



PLANTA DE MOTOS CORREA CS-001
BL-002-000



TÍTULO:
OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y TRANSFERENCIAS DE
CHANCADO PRIMARIO PLOMO-ZINC EN UNA EMPRESA MINERA
POLIMETALICA

NOMBRE:
MAYKEL DANY BUSTAMANTE URIARTE

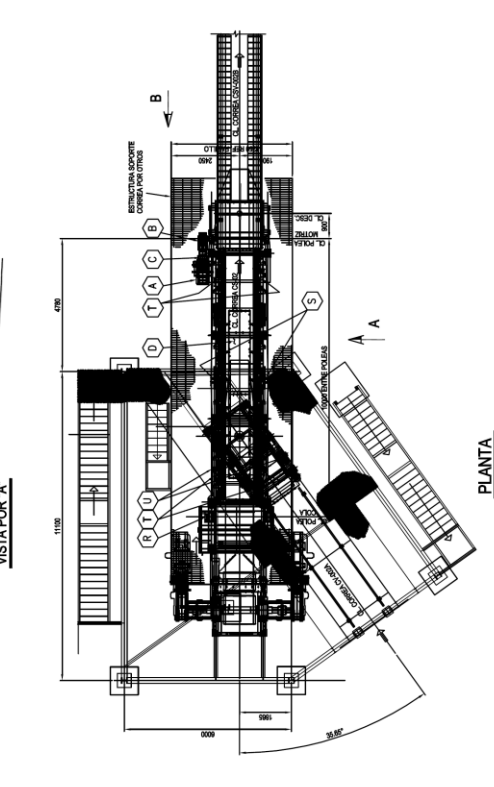
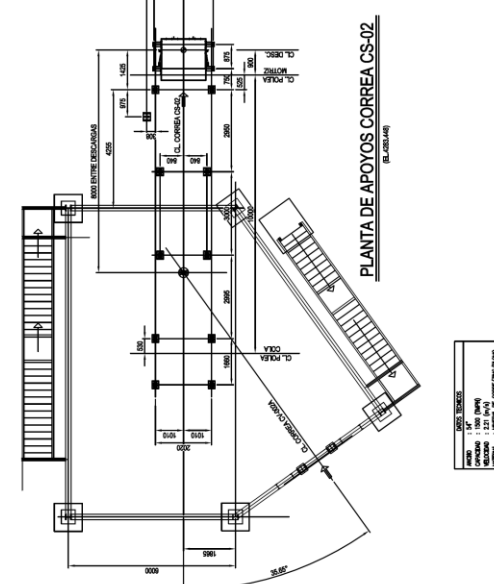
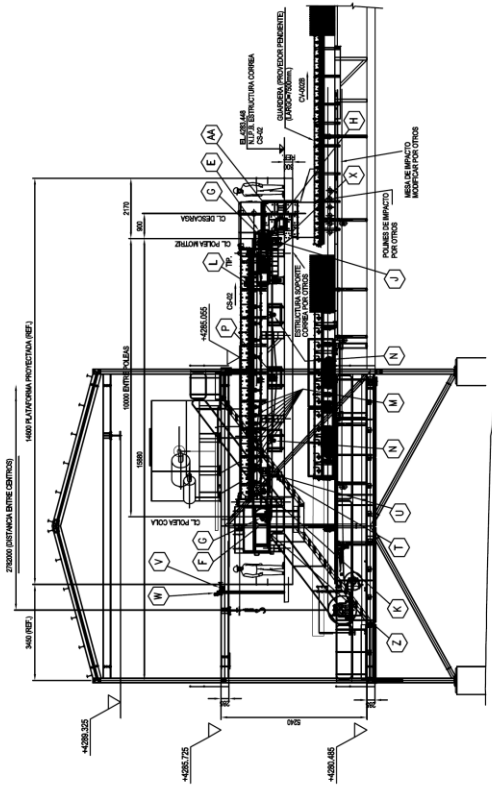
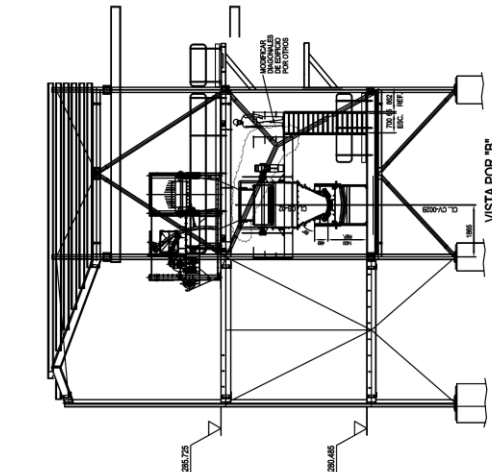
FECHA:
09/12/2019

LUGAR:
AREQUIPA - PERU

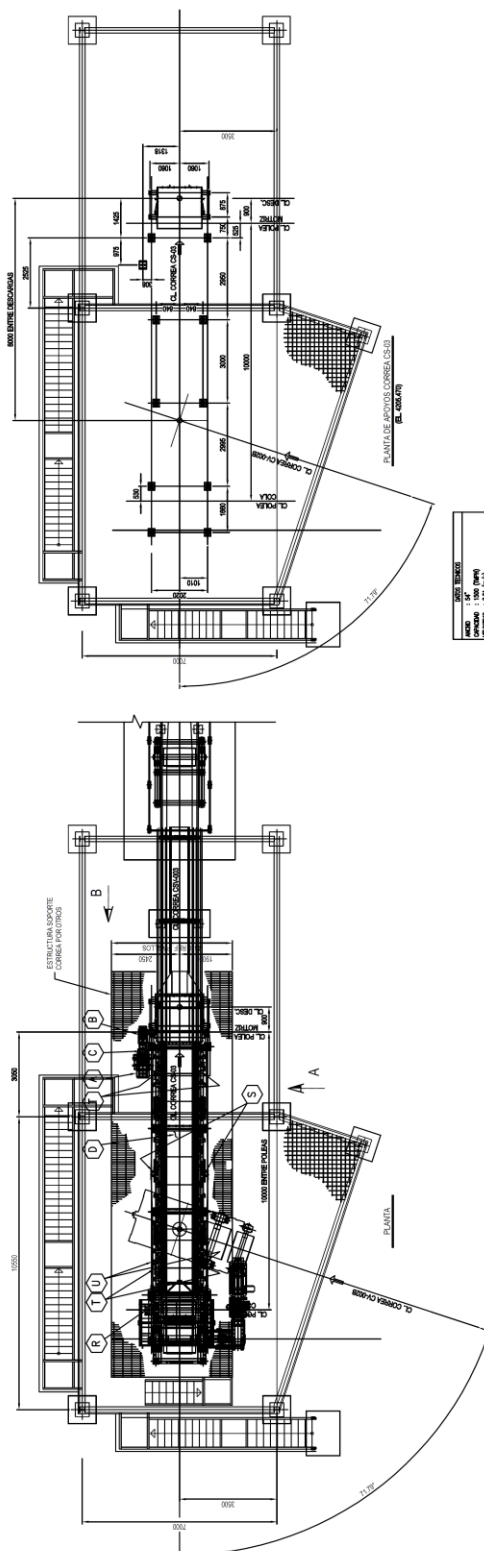
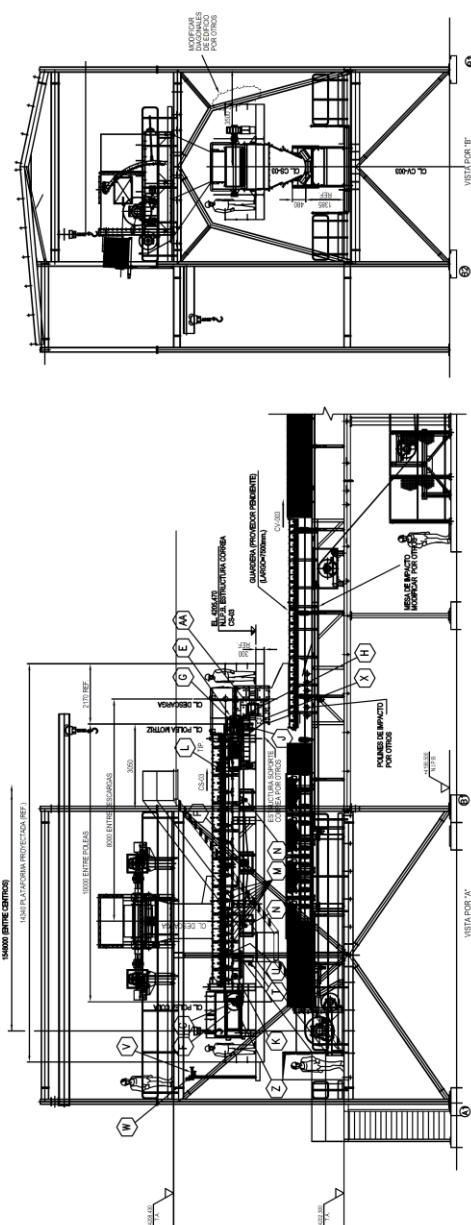
PLANO:
P. 09

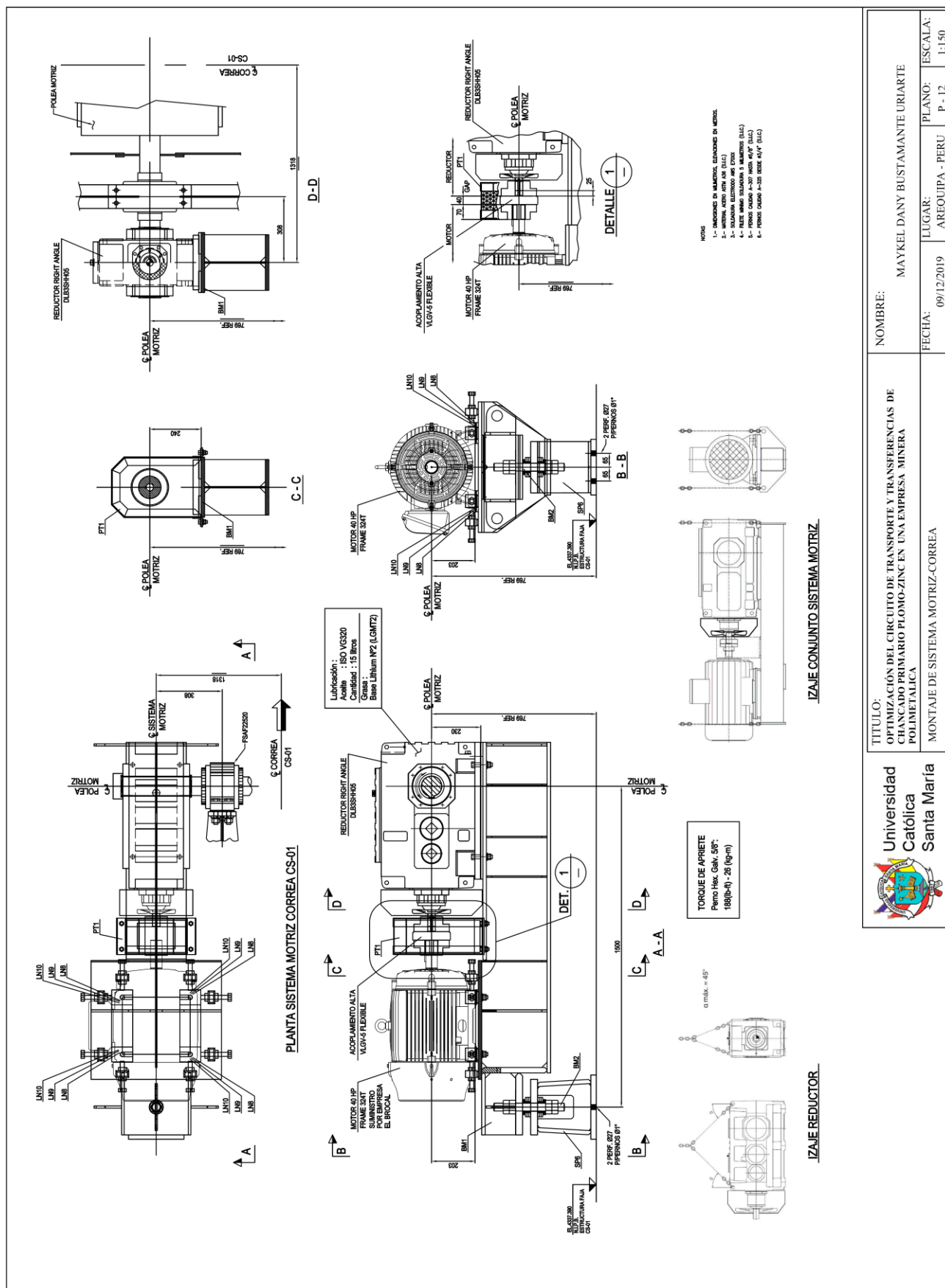
ESCALA:
1:150

ITEM	DESCRIPCION	FECHA
1	INTRODUCCION	2016-01-01
2	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
3	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
4	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
5	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
6	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
7	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
8	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
9	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
10	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
11	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
12	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
13	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
14	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
15	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
16	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
17	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
18	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
19	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
20	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
21	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
22	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
23	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
24	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
25	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
26	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
27	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
28	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
29	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
30	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
31	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
32	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
33	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
34	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
35	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
36	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
37	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
38	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
39	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
40	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
41	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
42	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
43	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
44	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
45	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
46	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
47	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
48	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
49	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
50	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
51	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
52	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
53	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
54	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
55	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
56	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
57	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
58	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
59	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
60	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
61	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
62	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
63	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
64	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
65	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
66	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
67	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
68	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
69	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
70	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
71	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
72	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
73	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
74	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
75	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
76	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
77	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
78	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
79	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
80	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
81	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
82	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
83	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
84	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
85	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
86	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
87	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
88	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
89	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
90	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
91	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
92	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
93	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
94	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
95	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
96	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
97	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
98	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
99	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01
100	REVISOR DE IMPACTO	2016-01-01



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA 	TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE Y TRANSFERENCIAS DE CHANCADO PRIMARIO PLOMO-ZINC EN UNA EMPRESA MINERA POLIMETALICA		NOMBRE: MAYKEL DANY BUSTAMANTE URIARTE	
	DISPOSICION GENERAL DE LA FAJA DE SACRIFICIO 2		FECHA: 09/12/2019	
LUGAR: AREQUIPA - PERU		PLANO: P - 10		ESCALA: 1:150

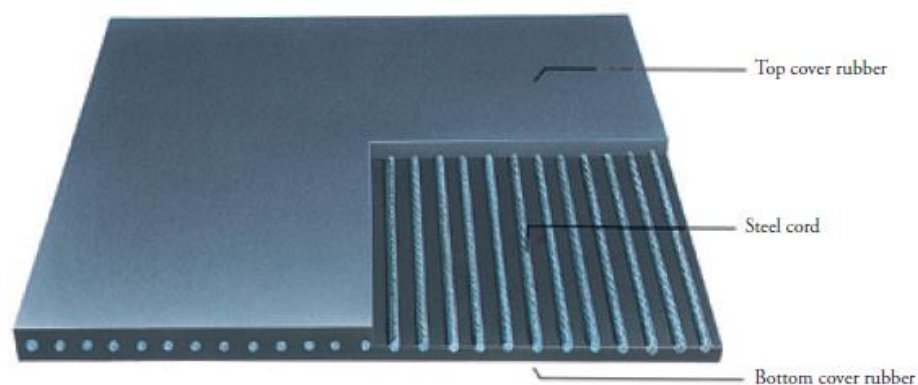
[illegible]



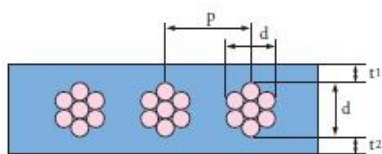
ANEXO N° 2

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y PESO POR PIE CÚBICO

STEEL CORD CONVEYOR BELT

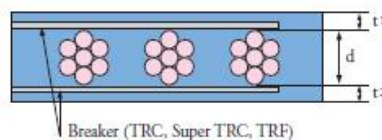


■ Standard Structure



■ Standard with breaker

Purpose of this structure is to absorb impact and to prevent longitudinal split.

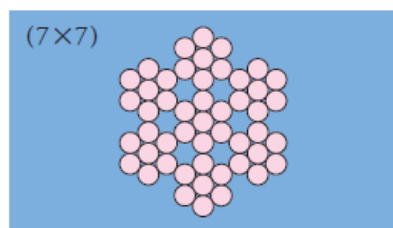


t^1 = Top cover rubber
 t^2 = Bottom cover rubber
 d = Cord diameter
 P = Cord pitch

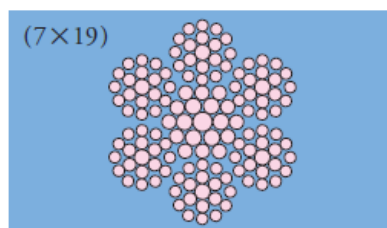
* Features of breaker

- (1) Prevention of longitudinal split caused by foreign materials or large objects with sharp edges.
- (2) Prevention of Standing (jumping-out) of broken steel cords.
- (3) High pull-out strength (At static test).
- (4) Less drop in pull-out force due to impact.

Steel cord construction



For ST500~ST2250



For ST2000~ST8000

Range of production

- **Tensile strength** : ST500~ST8000
- **Belt width** : 600mm~3150mm
- **Length** : More than 50m
- **Product application**

1. General purpose
2. Abrasion resistant purpose
3. Impact & cut resistant purpose
4. Heat resistant purpose
5. Oil resistant purpose
6. Flame resistant purpose

* Please consult Bridgestone for further information about belts with special features, and high tensile strength.

Standard specification

Tensile Strength (KN/m)	Pitch (mm)	7 × 7	
		Cord diameter (mm)	Cord tensile strength (KN)
ST- 630	10	3.0	9.5
ST- 800	10	3.0	9.5
ST-1000	12	3.6	13.3
ST-1250	12	4.0	16.2
ST-1400	12	4.5	20.7
ST-1600	12	4.5	20.7
ST-2000	12	5.6	30.4
ST-2250	12	5.6	30.4
		7 × 19	
		Cord diameter (mm)	Cord tensile strength (KN)
ST-2500	15	6.8	42.7
ST-2800	15	7.4	50.2
ST-3150	15	8.0	57.3
ST-3550	15	8.0	57.3
ST-4000	15	8.6	66.1
ST-4500	16	9.4	77.1
ST-5000	16	10.0	86.2
ST-5600	17	11.2	104.3

ANEXO N° 3

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y PESO POR PIE CÚBICO

Material	Peso promedio (lbs por pie ³)	Angulo de reposo (grados)	Inclinación máxima recomendada (grados)	Código
Abono	30-50			E45ST
Aceite aglutinado	48-50	45		D45W
Acero, recortes	75-150	35	18	E37V
Acero, virutas, chancado	100-150	30-44		D37WZ
Acido oxálico, cristales	60	30-44		B35SU
Afrecho	10-20	30-44		B35NY
Ajonjolí, semillas seca	27-41	20-29		B25N
Alazor aglutinado	50	30-44		D35
Alazor, harina	50	30-44		B35
Alazor, semillas	45	20-29		B25N
Albayalde	75-100	30-44		A36MR
Alfalfa, gránulos	41-43	20-29		C25
Alfalfa, harina	17	45		B46Y
Alfalfa, semilla	10-15	29		B26N
Almendras, partidas o enteras	28-30	30-44		C36Q
Almidón	25-50	24	12	*B25
Alúmina	50-65	22	10-10	B27M
Aluminio, hidróxido	18	34	20-24	C35
Aluminio, mineral (ver bauxita)	-			-
Aluminio, óxido	70-120	29		A27M
Aluminio, silicato	49	30-44		B35S
Aluminio, sulfato	54	32	17	D35
Aluminio, sulfato fino	45-50	30-44		B35
Aluminio, Sulfato en trozos	50-60	30-44		D35
Aluminio, virutas	7-15	45		E46Y
Amonio, clorito, cristales	45-52	30-44		B36S
Amonio, nitrato	45	30-44		*C36NUS
Amonio, sulfato	45-58	44		*C35TU
Antimonio, polvo	60	30-44		A36
Aplita	70-80	30-44		A35
Arcilla (ver también bentonita, tierra diatomácea, arcilla de batán, caolín, y arcilla calcárea)	-			-
Arcilla esquitosa, chancada	85-90	39	22	C36
Arcilla esquitosa, molida	90-100	20-29		D26QZ
Arcilla grasa, aceitosa	60-65	20-29		B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, cruda	35-40	35	20	*B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, quemada	40	20-29		B26

Bagazo	7-10	45		E45Y
Bagazo filtrado a presión en ingenios azucareros	70			A15
Bakelita y plásticos similares (pulverizado)	35-45	45		B45
Bario, carbonato	72	45		A45
Bario, carbonato, filtrado aglutinado	72	32		A36
Bario, hidrato	62-65	43		A36
Bario, óxido	150-200			A46
Baritina	180	30-44		B36
Barro (de cloacas)	40-50	20-29		E25TW
Barro de aguas de cloacas, mojadas	55	30-44		B36
Barro de aguas de cloacas, seco	45-55	30-44		B36
Basalto	80-103	20-28		B26
Bauxita, chancada, hasta 3 pulgadas	75-85	30-44	20	D37
Bauxita, desprendida de mina	80-90	31	17	E37
Bauxita, molida, seca	68	20-29	20	B26
* Bentonita, cruda	35-40	42-44		D36X
Bentonita, hasta malla 100	50-60	42	20	A36XY
Borato de cal	60	30-44		A35
Bórax, cernida de 1/2 pulgada	55-60	30-44		C36
Bórax, hasta 3 pulgadas	60-70	30-44		D35
Bórico, ácido, fino	55	20-29		B26T
Bronce, virutas de, seco	30-50	44-57		B47
Cacao, granos	35	30-44		C35
Cacao, semilla	30-45	30-44		C35Q
Café, con cáscara	20	20-29		B25MY
Café, de grano verde	32-45	30-44	10-15	C35Q
* Café, grano tostado	22-26			C25PQU
Café, molido	25	23	10	B25
Café, soluble	19			B45PQ
Cal, guijarro	53-56	30	17	D35
* Cal, hidratada, hasta 1/8 pulgada	40	40	21	B35MX
Cal, hidratada, pulverizada	32-40	42	22	A35MXY
Cal, piedra, chancada	85-90	38	18	C36X
Cal, piedra, de subsuelo, hasta 1/8 pulgada	68	30-44	20	B36
Cal, tierra de, hasta 1/8 pulgada	60-65	43	23	B35X
Calcio, carburo (chancado)	70-80	30-44		D36N
Carbón animal, hasta malla 100	20-25	20-29		A25Y

* Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, menudo, hasta 1/2 pulgada	43-50	40	22	C35T
Carbón de piedra, antracita de río o extraído de mina, hasta 1/8 de pulgada	60	35	18	B35TY
* Carbón de leña	18-25	35	20-25	D36Q
Carbón de piedra, antracita, clasificado	55-60	27	16	C26
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina y clasificado	45-55	35	16	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, hasta malla 50	50-54	45	24	B45T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, tal como sale de la mina	45-55	38	18	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, separado, no lavado	50-60			D36T
Carbón de piedra, lignito	40-45	38	22	D36T
Carbón negro, granulado	20-25	25		B25Q
Carbón negro, pulverizado	4-7	30-44		*A35Y
Carbón, activado, seca, fina	8-20	20-29		B26Y
Carborundo, hasta 3 pulgadas	100	20-29		D27
Carne, desecho	50-55	30-44		E35VW
Caseína	36	30-44		B35
Caucho, granulado	50-55	35	22	D35
Caucho, regenerado	25-30	32	18	D35
Cebada	37-48	23	10-15	B25N
Cemento clinker	75-95	30-40	18-20	D37
Cemento, Portland	72-99	30-44	20-23	A36M
Cemento, Portland, aireado	60-75			A16M
Cemento, roca (vea piedra de cal)	100-110			D36
Ceniza, carbón de piedra, húmedo, hasta 3 pulgadas	45-50	45		D46T
Ceniza, carbón de piedra, seca, hasta 3 pulgadas	35-40	45		D46T
Ceniza, negra, molida	105	32	17	*B35
Ceniza, producto de gas, húmeda	78			D47T
Ceniza, suelta	40-45	42	20-25	A37
Cenizas de carbón de piedra	40	35	20	*D37T
Cenizas de horno de fundición	57	35	18-20	*D37T
Centeno	42-46	23	8	B25N
Centeno, harina	35-40	19		B15
Clinker, cemento (ver cemento clinker)	-			-
Cobre, mineral	120-150	30-44	20	*D37
Cobre, sulfato	75-85	31	17	D36

Cola, molida hasta 1/8 de pulgada	40	30-44		B36
Cola, niebla	40	25	11	C25
Cola, vegetal, pulverizada	40	30-44		
Conchas de ostras, enteras	80	30-44		D36TV
Conchas de ostras, trituradas, hasta ½ pulgada	50-60	30-44		C36T
Sinter	100-135	35		*D37
Concreto, escoria	90-100		12-30	D46
Coque, desmenuzado, hasta 1/4 de pulgada	25-35	30-44	20-22	C37Y
Coque, petróleo calcinado	35-45	30-44	20	D36Y
Coque, suelto	23-35	30-44	18	B37QVT
Corcho, granulado	12-15			C45
Corteza, madera, viruta	10-20	45	27	E45VY
Costras, laminado	100-125	45		E46T
Cromo, mineral (cromito)	125-140	30-44		D37
Cryolita, polvo	75-90	30-44		A36
Cryolita, trozos	90-100	30-44		D36
Cuarzo, cernido hasta ½ pulgada	80-90	20-29		C27Z
Cuarzo, en trozos de 1 ½ a 3 pulgadas	85-95	20-29		D27Z
Deshecho de fundición, arena de fundición vieja, etc.	70-100	30-44		D37Z
Diatomacea, tierra	11-14	30-44		A36MY
Dicálcico, fosfato	40-50	45		A45
Disódico fosfato	25-31	30-44		B36QT
Dolomía, pulverizada	46	41		B36
Dolomía, trozos	80-100	30-44	22	D36
Ebonita, chancada hasta ½ pulgada	65-70	30-44		C35
Empellita, chancada, hasta 3 pulgadas	40-50	45		D45
Escoria, chancada, hasta 1/2 pulgada	80-90	28	15	C36
Escoria, de alto horno, chancada	80-90	25	10	A27
Escoria, de alto horno, granular, húmeda	90-100	45	20-22	B47
Escoria, de alto horno, granular, seca	60-65	25	13-16	C27
Escoria, en trozos de 1 1/2 a 3 pulgadas	85-95			D26
Esmeril	230	20-29		A27
Feldespatos, malla 200	100	30-44		A37
Feldespatos, tamizado hasta ½-pulgada	70-85	38	18	B36
Feldespatos, trozados de 1 ½ a 3-pulgadas	90-110	34	17	D36
Ferroso, carbonato	85-90	30-44		B36

Ilmenita, mineral	140-160	30-44		B37
Jabón en botones o granulos	15-25	30-44		C35Q
Laca	80	45		C45
Laca, pulverizada o granulada	31			B35PY
Lactosa	32	30-44		A35PX
Leche, entera, en polvo	20	30-44		B35PUXY
Leche, seca polvo	36	45		B45P
Leche, seca, en laminillas	5-6	30-44		B35MPY
Leche, seca, malteada	30-35	45		A45PX
Lignita, secada al aire	45-55	30-44		*D35
Linaza, aglutinada, menuda	50	30-44		C35W
Linaza, harina	27	34	20	B35
Lúpulo, extraído, húmedo	50-55	45		E45T
Lúpulo, extraído, seco	35	45		E45
Madera, astillas	10-30	45	27	E45WY
Madera, astillas, para combustible	15-25	45		D45
Madera, virutas	8-15			E45V
Magnesio, cloruro	33	40		C45
Magnesio, sulfato	40-50	30-44		B35
Magnesio, sulfato	40-50	30-44		
Maíz, molido	37-50	30-44		C35
Maíz, azúcar	31	30-44		B35
Maíz, desgranado	45	21	10	C25NW
Maíz, deshecho	40-45	30-44		B35W
Maíz, germen	21			B35W
Maíz, harina	32-40	35	22	B35W
Maíz, mazorcas	56			
Maíz, partido	45-50			C35W
Malta, harina	36-40	30-44		B35
Malta, húmeda o verde	60-65	45		C45
Malta, seca, entera	27-30	20-29		C25N
* Malta, seca, molida, 1/8 pulgada	22	30-44		B35NR
Manganeso, dióxido	80			*
Manganeso, mineral	125-140	39	20	D37
Manganeso, oxido	120	30-44		A36
Manganeso, sulfato	70	30-44		C37
Maní, con cáscara	15-24	30-44		D35Q
Maní, sin cáscara	35-45	30-44		C35Q
Marga (arcilla calcárea)	80	30-44		C37

Mármol, chancado, hasta 1/2 pulgada	80-95	30-44		D37
Mica, laminillas	17-22	19		B16MY
Mica, triturada	13-15	34	23	*B36
* Molybdenita, pulverizada	107	40	25	B35
Molibdeno, mineral	107	40		B36
Monosódico, fosfato	50	30-44		B36
Mostaza, semilla	45-48	20-29		B25N
Niacina	35	30-44		B36
Niquel – cobalto, sulfato, mineral	80-150	30-44		*D37T
Nuez, cáscara	35-45	30-44		B37
Pescado, deshecho	40-50			E45W
Pescado, harina	35-40			B45W
Petróleo, coque (ver coque)	-			
Piedra pómez, hasta 1/8 de pulgada	40-45	45		B47
Piritas, en granos	120-130	30-44		C36T
Piritas, hierro, trozos de 2 a 3 pulgadas	135-145	20-29		D26T
Plomo, arseniato	72	45		B45R
Plomo, carbonato	240-260	30-44		A36MR
Plomo, mineral	200-270	30	15	*B36RT
Plomo, oxido	60-150	45		B45
Plomo, oxido , pulverizado	200-250	30-44		A36
Plomo, silicato, granulado	230	40		B36
Plomo, sulfato, pulverizado	184	45		B46
Plomo, sulfuro	240-260	30-44		A36
Poliestireno, en granos	35	23		B25PQ
Polietileno, en granos	35	23		B25PQ

Polivinilo, cloruro	20-30	45		A45KT
Potasio, carbonato	51	20-29		B26
Potasio, carbonato (muriato), extraído de mina	75	30-44		D37
Potasio, carbonato (muriato), seco	70	20-29		B27
Potasio, cloruro, en granos	120-130	30-44		C36T
Potasio, nitrato	76-80	20-29		C26T
Potasio, sulfato	42-48	45		B36X
Potasio, carbonato, extraído de montaña	80	20-29		B25T
Protosulfuro (principalmente sulfuro)	240-260	30-44		A36
Pulpa de papel, para almacenamiento	40}-60	19		*E15MV
Remolacha, entera	48	50		D45
Remolacha, pulpa, húmeda	25-45			E46
Remolacha, pulpa, seca	12-15			E45
Roca trapeana, cernida hasta 1/2 pulgada	90-100	30-44		C37
Roca trapeana, en trozos de 2 a 3 pulgadas	100-110	30-44		D37
Roca, blanda, excavada con pala	100-110	30-44	22	D36
Roca, chancada	125-145	20-29		D26
Sal aglutinada, seca, gruesa	85	36	21	B36TW
Sal aglutinada, seca, pulverizada	66-85	20-29		B26NT
Sal, común seca, fina	70-80	25	11	D26TUW
Sal, común seca, gruesa	40-55	18-22		C36TU
Salicílico, ácido	29			B25U
Salitre	80	30-44		A35T
Semilla de algodón, aglutinada, chancada	40-45	30-44		B35
Semilla de algodón, aglutinada, trozos	40-45	30-44		D35W
Semilla de algodón, cáscara	12	45		*B45Y
Semilla de algodón, harina	35-40	35	22	B35W

Semilla de algodón, pulpa	40	30-44		B35W
Semilla de algodón, seca, hilazada	22-40	29	16	C35W
Semilla de algodón, seca, no hilazada	18-25	35	19	C35W
Semilla de melaza	45	21	12	B25NW
Semilla de melaza, harina	25	30-44		B35W
Sienita nefelínica	90-105	30-44		B36
Silica gel (ácido sílico), seca	45	30-44		C37U
Soda cáustica	88	29-43		A36
Soda, cenizas, briquetas	50	22	7	C26
Soda, cenizas, ligera	20-35	37	22	A36Y
Soda, cenizas, pesada	55-65	32	19	B36
Sodio y aluminio, sulfato	75	30-44		A36
Sodio, aluminato, molido	72	30-44		B36
Sodio, antimoniatado, chancado	49	31		C36
Sodio, fosfato	50-65	37		B36
Sodio, nitrato	70-80	24	11	*D25
Sodio, sulfato, seco	96	45		B45X
Sorgo, no azucarado, mazorca	56	30-44		C35N
Sorgo, semilla	32-52	30-44		B36
Soya, frijol, aglutinado, mayor de 1/2 pulgada	40-43	32	17	D35W
Soya, frijol, entero	45-50	21-28	12-16	C27NW
Soya, frijol, harina, en caliente	40	30-44		B35T
Soya, frijol, harina, en frío	40	32-37	16-20	B35
Soya, frijol, hojuelas, en bruto	20-26	30-44		C35Y
Soya, frijol, partido	30-40	35	15-18	C36NW
Sulfato, chancado, hasta 1/2 pulgada	50-60	30-44	20	C35NS
Sulfato, hasta 3 pulgadas	80-85	30-44	18	D35NS
Sulfato, pulverizado	50-60	30-44	21	B35NW
Tabaco, deshechos	15-25	45		D45Y

Tabaco, hojas secas	12-14	45		E45QV
Tabaco, tallos	15	45		E45Y
Taconita, granulado	116-130	30-44	13-15	D37Q
Talco, cernido hasta 1/2 pulgada	80-90	20-29		C25
Talco, en trozos de 1 1/2 a 3 pulgada	85-95	20-29		D25
Tierra de excavación seca	70-80	35	20	B36
Tierra húmeda, conteniendo arcilla	100-110	45	23	B46
Timothy, semilla	36	20-29		B25NY
Titanio esponja	60-70	45		E47
Titanio, dióxido	140	30-44		B36
Trébol, semilla	48	28	15	B25N
Tricálcico, fosfato	21-50	45 +		A45
Trigo	45-48	28	12	C25N
Trigo negro	37-42	25	11-13	B25N
Trigo, germen seco	18-28	20-29		B25
Trigo, harina	35-40	45	21	A45PN
Trigo, molido	35-45	30-44		B35N
Trisódico, fosfato	60			D36
Trisódico, fosfato en granos	60	30-44	11	B35
Trisódico, fosfato pulverizado	50	40	25	B35
* Urea en habas, seca	43-46	25		B25
Vermiculita, esparcido	16	45		C45Y
Vermiculita, mineral	70-80		20	D36Y
Vidrio deshecho	80-120	30-44	20	D37Z
Vidrio, fibra (fibra de vidrio textil)	45-55	0-10		A16LM
Vidrio, fibra (lana y contenedor)	80-100	30-44	20-22	D38Z
Yeso en trozos	75-85	45		D46
Yeso, cernido hasta 1/2-pulgada	70-80	40	21	C36
Yeso, trozos de 1 1/2- to 3-pulgada	70-80	30	15	D36
Zinc concentrado	75-80			B26
Zinc, mineral calcinado	110	38		C36
Zinc, mineral chancado	160	38	22	*
Zinc, óxido, pesado	30-35	45-55		A45X
Zinc, óxido, ligero	10-15	45		A45XY
* Puede variar considerablemente – consulta a un miembro CEMA				

ANEXO N°4

VALORES DEL FACTOR KY

Longitud del transportador	$W_b + W_m$ (lbs por pie)	Porcentaje de pendiente						
		0	3	6	9	12	24	33
		Grados aproximados						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.03	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.03	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	250	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018
	300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.03	0.03	0.03	0.03
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.03	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.03	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.03	0.027	0.016	0.014
	250	0.035	0.035	0.034	0.03	0.026	0.017	0.016
	300	0.035	0.035	0.034	0.029	0.024	0.018	0.018
500	20	0.035	0.033	0.031	0.03	0.03	0.03	0.03
	50	0.034	0.032	0.03	0.028	0.028	0.024	0.023
	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.03	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.03	0.027	0.023	0.016	0.016
	250	0.035	0.035	0.03	0.025	0.021	0.016	0.015
	300	0.035	0.035	0.029	0.024	0.019	0.018	0.018
600	20	0.035	0.032	0.03	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.03	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.03	0.028	0.026	0.024	0.02	0.016
	100	0.032	0.03	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
	250	0.035	0.031	0.024	0.02	0.017	0.016	0.016
	300	0.035	0.031	0.023	0.018	0.018	0.018	0.018

800	20	0.035	0.031	0.03	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.032	0.029	0.028	0.026	0.025	0.021	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.02	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.035	0.026	0.02	0.017	0.016	0.016	0.016
	300	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
1000	50	0.031	0.028	0.026	0.024	0.023	0.019	0.016
	75	0.03	0.027	0.024	0.022	0.019	0.016	0.016
	100	0.03	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016
	150	0.033	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.032	0.023	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.033	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.033	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
1400	50	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.016	0.016
	75	0.028	0.024	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016
	100	0.028	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.029	0.02	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.03	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.03	0.02	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.03	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
2000	50	0.027	0.024	0.022	0.02	0.018	0.016	0.016
	75	0.026	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.025	0.02	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.023	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
2400	50	0.026	0.023	0.021	0.018	0.017	0.016	0.016
	75	0.025	0.021	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.02	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
3000	50	0.024	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016
	75	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

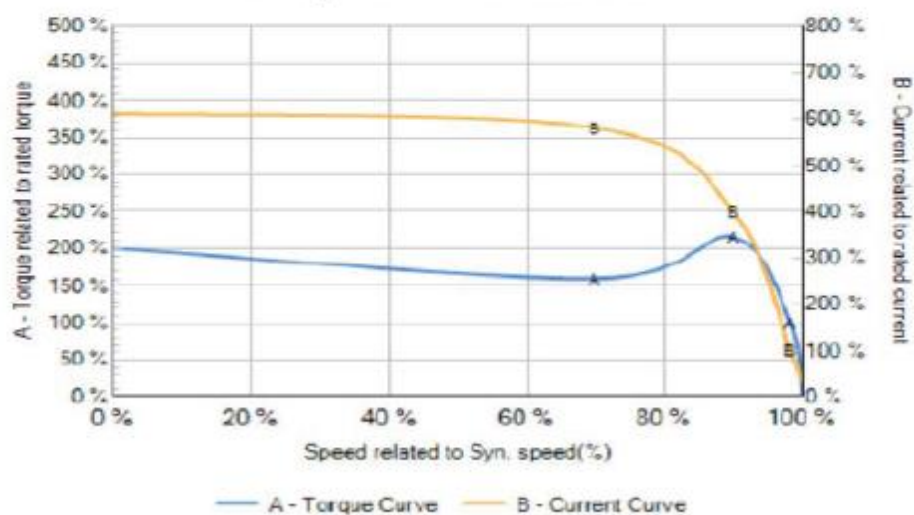
ANEXO N°5
FICHA TÉCNICA DEL MOTOR TAUTING


Performance Data

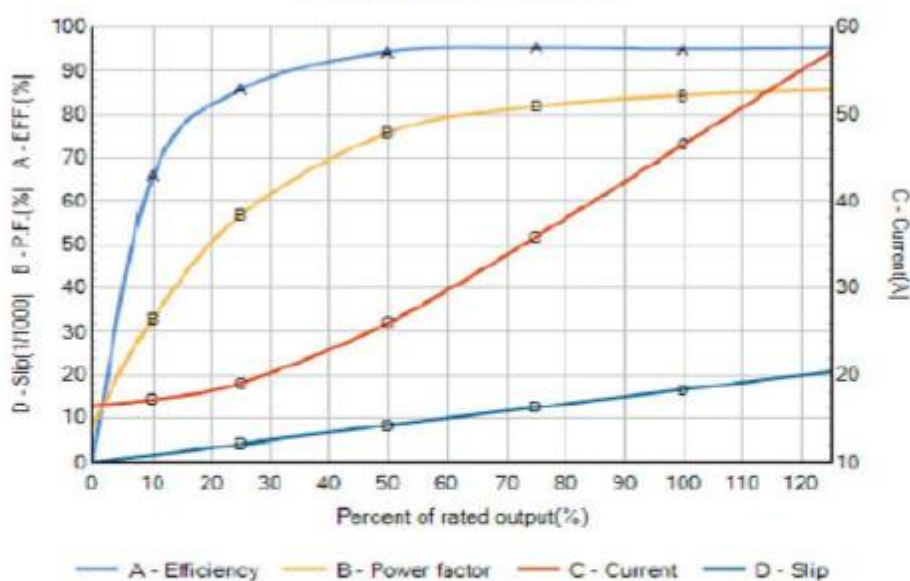
PROJECT NO.	M4042015		
SERIES	Supermax- IEEE 841 Premium Efficiency		
HP	40		
POLE	4		
RPM	1770		
TIME RATING	CONT.		
VOLTAGE	460		
HERTZ	60		
PHASE	3		
ENCLOSURE	TEFC		
FRAME	324T		
INS. CLASS	F		
BEARING /LUB DE	6312C3		
NDE	6312C3		
SERVICE FACTOR	1.15		
TEMP. AMB(MAX)	40°C		
TEMP.RISE °C at SEA LEVEL	80°C	By RM @ 1.0 S.F. @ 4850 meters altitude	
F/L AMPS @ 460V	47.7		
LRC Amps @ 460V	290		
LRT (%)	200		
BDT (%)	215		
Weight (Lb)	645		
EFF. (%)	4/4 Load	95.0	
	3/4 Load	95.3	
	1/2 Load	94.4	
P.F. (%)	4/4 Load	84.5	
	3/4 Load	82.0	
	1/2 Load	76.0	
Number of terminals leads	---		
Starting Method	DOL -VDF		
File No.:	----		



Torque and current curves



Performance curves



APROVED: Allen Lan

CHECKED: Allan Lan

DESIGNE : Kung F.C

2015-10-20

2015-10-20

2015-10-20

ANEXO N°6

FICHA TÉCNICA DEL REDUCTOR SANTASALO

Santasalo

GEARED FOR
INDUSTRY

Especificación técnica

Especificación No.

Revisión 0

Entrega EXW

1. Datos generales

Cliente	STM S.A.	Emitido por	Peng Yi
País	CHILE	Fecha	18.04.2016
Pedido cliente no	PO C 2923 - 00	Fila revisión no	
Referencia cliente		Fecha	
Máquina accionada / pos.	TAG CS01 @ 03	Diseñador	
		Fecha	

2. Descripción de producto

Reductor	DLB3HH05	Posición de los ejes	Nos. de fabricación	N0516001 - 002 - 003
Relación i	22,501	Peso[kg]	Cantidad	3
Velocidad de rota HSS [1/min]	min.	norm.	Factor de servicio Fs	2,6
LSS [1/min]		max.	según	According Motor power
Potencia absorbida Pk' [kW]			Posición de montaje	
Par absorbido Mk2 [kNm]			Long. brazo de par	
Sentido de rotación de LSS	CCW / CW		Diámetro del eje	
Sistema de pintado	1 dip primer 50-70um + 1 two pack top coat 120-150mm		Código color	RAL 7031

3. Condiciones de funcionamiento

Máquina motriz	Tipo	AC - Motor	Código	Duración del servicio[h/day]	24
	Pm [kW]	30	/n	N° puntas carga max./nora	
Conexion del eje [mm]	Eje de máquina motriz			Eje de máquina accionada	
Carga externa [kN]	Fa norm	Fa max	Sentido	Fr norm	Fr max
LSS					Punto de actuación desde el eje
HSS					
Suministro eléctrico	Red[V]	460	[Hz]	60	[V]
Temperatura ambiente	[°C] min.	-4	[°C] norm.		[°C] max. 32

4. Engrase

		Emplazamiento de la unidad de engrase	
Lubrificante	Aceite	ISO VG320	
Temperatura ambiente	[°C]	[°C]	[°C]
Indicador nivel de aceite		[mm]	Cantidad de aceite 15 L
Grasa		Lithium base grease No.2 (LGMT 2)	Cantidad [g]

5. Documentación

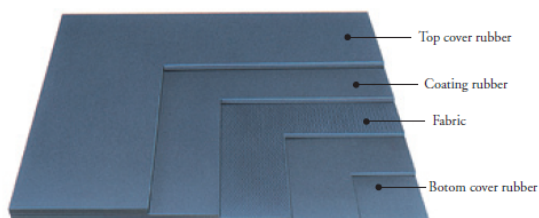
Plano de dimensiones no.	
Plano de montaje no.	
Otras documentaciones	

ANEXO N°7

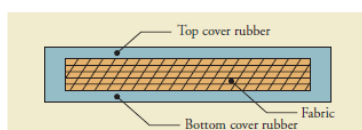
FICHA TÉCNICA DE LA FAJA PARA LA FAJA DE SACRIFICIO

FABRIC CONVEYOR BELT

Structure



Standard Structure



Range of production

■ Tensile strength : 100~3,150KN/m

■ Belt width : 300~3,150mm

■ Length : Min.12m

Product applications

1. General purpose
2. Abrasion resistant purpose
3. Impact & cut resistant purpose
4. Heat resistant purpose
5. Oil resistant purpose
6. Flame resistant purpose

※Please consult Bridgestone for further information about belts with special features.

Features

■ Nylon

1. High durability
2. Small pulley diameter
3. High heat resistance
4. High impact resistance
5. Excellent adhesion to rubber

■ Polyester

1. Low elongation
2. High impact resistant
3. Excellent adhesion to rubber
4. High durability
5. Maximum belt surface temperature 110°C

■ Polyester (EP)

Nos. of PLY	1	2	3	4	5	6
Tensile Strength (KN/m)						
100	●	●				
125	●	●	●			
160	●	●	●	●		
250	●	●	●	●		
315	●	●	●	●	●	
400		●	●	●	●	
500		●	●	●	●	
630		●	●	●	●	●
800			●	●	●	●
1000			●	●	●	●
1250			●	●	●	●
1500				●	●	●
1800					●	●
2000					●	●
2500						●
3150						●

ANEXO N°8
TABLAS NORMA TECNICA DE EFICACION E.030-2016

ZONAS SÍSMICAS



Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"

SUELO ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4
PERÍODOS " T_P " Y " T_L "

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
$T_P(s)$	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L(s)$	3,0	2,5	2,0	1,6

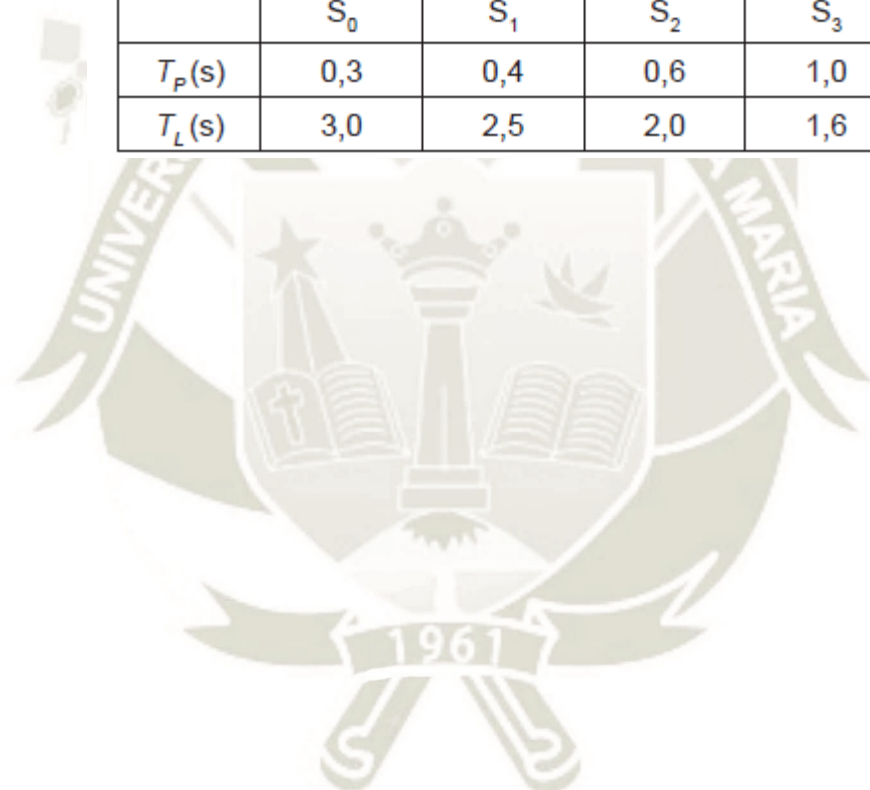


Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
	6
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	8
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

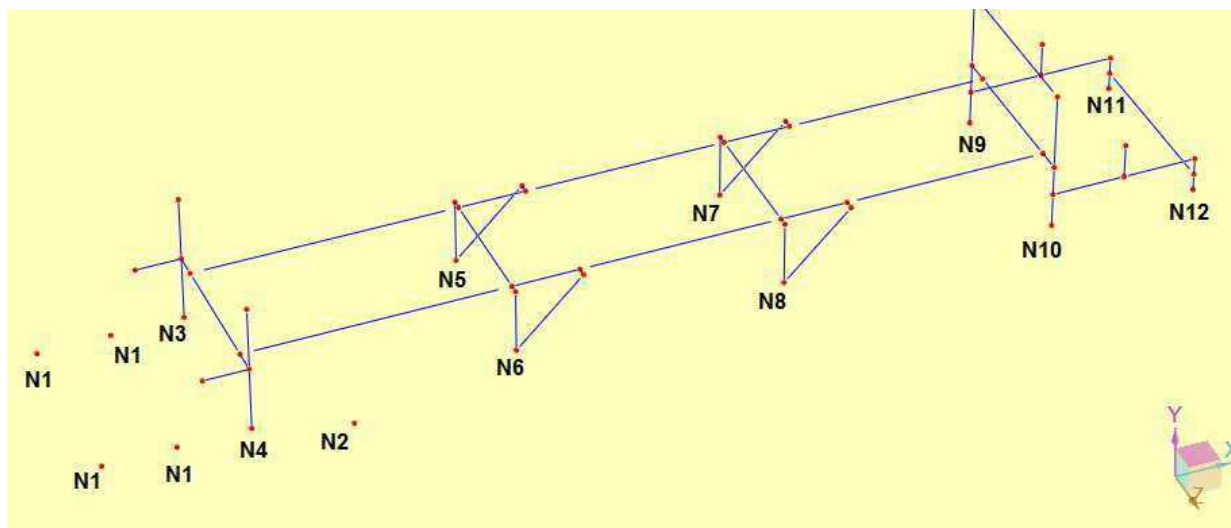
Tabla N° 12
VALORES DE C_1

- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1,5



ANEXO N°9 REACCIONES

A continuación, se presentan las reacciones para todos los estados de carga estudiados, de acuerdo a la numeración de nodos mostrada en las siguientes figuras:



Fuerza (kg)				Fuerza (kg)				Fuerza (kg)			
Nudo	FX	FY	FZ	Nudo	FX	FY	FZ	Nudo	FX	FY	FZ
D=CARGAS MUERTAS				LLn= CARGA MATERIAL NOMINAL				IV=IMPACTO VERTICAL			
1	0	586	0	1	0	2250	0	1	0	0	0
2	0	363	0	2	0	0	0	2	0	0	0
3	-204	823	75	3	1	247	35	3	0	93	13
4	-415	1227	-64	4	1	247	-35	4	0	93	-13
5	10	1075	82	5	-41	709	56	5	-16	267	21
6	70	1215	-92	6	-41	709	-56	6	-16	267	-21
7	145	1061	84	7	55	718	57	7	21	270	21
8	198	1169	-84	8	55	718	-57	8	21	270	-21
9	141	820	42	9	-4	244	26	9	-2	92	10
10	161	973	-43	10	-4	244	-26	10	-2	92	-10
11	-83	317	44	11	-10	6	0	11	-4	2	0
12	-23	281	-44	12	-10	6	0	12	-4	2	0

Fuerza (kg)				Fuerza (kg)				Fuerza (kg)			
Nudo	FX	FY	FZ	Nudo	FX	FY	FZ	Nudo	FX	FY	FZ
Bmax= TENSION MAXIMA				Ex= SISMO EN X				Ez= SISMO EN Z			
1	0	0	0	1	-389	0	0	1	0	0	-389
2	0	500	0	2	-241	0	0	2	0	0	-241
3	-9	-51	-6	3	-8	-206	-173	3	-2	-614	-802
4	-9	-51	6	4	-9	25	-148	4	-2	579	-800
5	-551	-121	-9	5	-961	-352	-182	5	-246	-878	-930
6	-551	-121	9	6	-1068	-111	-150	6	-186	787	-924
7	-523	124	9	7	-947	77	-160	7	-232	-785	-930
8	-523	124	-9	8	-1044	378	-194	8	-201	873	-938
9	432	280	4	9	-397	-643	-200	9	-53	-499	-639
10	432	280	-4	10	-454	-427	-218	10	-147	252	-643
11	-7	-232	-1	11	-918	550	-84	11	-114	-41	-148
12	-7	-232	1	12	-1094	709	-81	12	-407	326	-147

ANEXO N°10

CALCULO PLACA BASES APOYOS

Nudo	Fuerzas						Momentos						
	Fx ec		Fy ec		Fz ec		Mx ec		My ec		Mz ec		
	[Kg]		[Kg]		[Kg]		[Kg*m]		[Kg*m]		[Kg*m]		
3	Max	-205.144	C5	1584.414	C4	732.737	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-217.167	C3	639.715	C2	-501.115	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
4	Max	-416.039	C5	1961.274	C2	510.402	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-429.905	C3	1070.387	C4	-720.009	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
5	Max	140.966	C5	2605.022	C4	865.254	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-1337.362	C3	1254.914	C2	-565.466	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
6	Max	283.808	C5	2675.809	C2	551.006	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-1359.455	C3	1465.539	C4	-870.652	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
7	Max	426.583	C5	2776.225	C4	887.498	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-1030.249	C3	1569.047	C2	-543.434	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
8	Max	554.170	C5	2951.857	C2	548.985	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-1051.971	C3	1609.003	C4	-893.363	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
9	Max	872.969	C5	1930.518	C5	573.839	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	261.997	C3	941.061	C3	-408.911	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
10	Max	936.569	C5	1917.462	C5	411.370	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	237.528	C3	1259.807	C3	-578.164	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
11	Max	601.373	C5	516.972	C3	156.711	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-810.964	C3	-329.839	C5	-70.823	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
12	Max	796.646	C5	603.279	C3	70.099	C4	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-886.352	C3	-487.662	C5	-155.964	C2	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1

P=2952 kg, V=1359 kg, T= 487 kg.

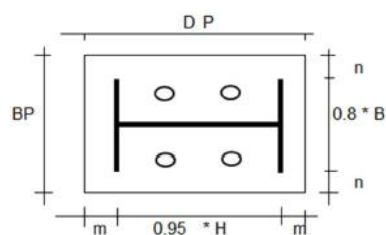


DISEÑO PLACA BASE CORREA

P(KG)	2952	V(Kg)	1359
-------	------	-------	------

GEOMETRIA DEL PERFIL

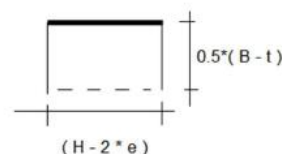
H(mm)	B(mm)	e(mm)	t(mm)
252	203	13.5	8



GEOMETRIA DE LA PLACA BASE Y MATERIAL

DP(mm)	BP(mm)	FY (Kg/cm ²)	ACERO
280	230	2530	ASTM A36

Modelo falla de centro(Mc):



CALCULO PARAMETROS DE DISEÑO

m(mm)	n(mm)	a	Q(Kg/cm ²)	Mm(Kg/cm)	Mn(Kg/cm)	n'(mm)	Mc(Kg/cm)
20.3	33.8	0.4333	4.58	9.44	26.16	86.85	172.73

Mdiseño (Kg/cm)	e(min) (mm)	e (mm)
172.73	7.39	16

$$Q = P / (DP * BP)$$

$$n' = 0.5 * (B - t) * [1 / (1 + 3.2 * a^3)]^{0.5}$$

$$m = 0.5 * (DP - 0.95 * H)$$

$$n = 0.5 * (BP - 0.80 * B)$$

$$a = 0.5 * (B - t) / (H - 2 * e)$$

$$Mn = 0.5 * Q * n^2$$

$$Mm = 0.5 * Q * m^2$$

$$Mc = 0.5 * Q * n'^2$$

$$e(min) = [6 * Mdiseño / (0.75 * Fy)]^{0.5}$$

PERNOS DE ANCLAJE A CORTE

TIPO PERNO	Fv (Kg/cm ²)	Dp(in)	At (cm ²)	n(min)	n A usar
A325	1680	3/4	2.85	0.28	4

PERNOS DE ANCLAJE A TRACCION

TIPO PERNO	Ft (Kg/cm ²)	Dp(in)	At (cm ²)	n(min)	n A usar
A325	3094	3/4	2.15	0.07	4

T(KG)	487
-------	-----

VERIFICACION PLACA BASE A TRACCION.

n A usar	e(min) (mm)	e (mm)
4	4.4	16

$$e(min) = [(3 * T_u / n) / (0.75 * Fy)]^{0.5}$$

VERIFICACION PERNO INTERACCION CORTE - TRACCION.

U	0.02
---	------

ANEXO N°11

COSTOS DEL PROYECTO

PROPUESTA ECONOMICA FABRICACION Y MONTAJE FAJA SACRIFICIO CS1,CS2,CS3					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	P.U. US\$	TOTAL
I	INGENIERÍA				149,600.00
1.01	INGENIERIA DE DETALLE PARA SOPORTAR 03 FAJAS DE SACRIFICIO				18,300.00
1.01.01	INGENIERIA IN HOUSE	GBL	1.00	18,287.50	18,287.50
1.02	INGENIERIA DE DISEÑO				108,900.00
1.02.01	INGENIERIA DE DISEÑO	GBL	1.00	108,894.00	108,894.00
1.03	INGENIERIA DE FABRICACION				22,400.00
1.03.01	INGENIERIA DE FABRICACION	GBL	1.00	22,311.00	22,311.00
II	PROCURA				410,100.00
2.01	MATERIALES FABRICACION DE CHUTE				87,000.00
2.01.01	PLANCHAS A36 6.00X1500X3000	KG	9,240.00	3.20	29,568.00
2.01.02	PLANCHAS SANTI ABRASIVA BHN 16.00X1500X3000	KG	11,341.00	3.70	41,961.70
2.01.03	PLANCHAS A36 6.00X1500X3000	KG	1,672.00	3.20	5,350.40
2.01.04	PLANCHAS DE NEOPRENE DE 6MM	PL	7.00	462.00	3,234.00
2.01.05	PLANCHAS DE TIVAR 88	PL	5.00	832.00	4,160.00
2.01.06	PERNOS DE CONEXIÓN	GLB	1.00	2,678.00	2,678.00
2.02	MATERIALES FABRICACION DE ESTRUCTURA FAJA				9,800.00
2.02.01	PERFIL W 10X39	UND	18.00	314.00	5,652.00
2.02.02	PERFIL W 8X24	UND	12.00	243.78	2,925.36
2.02.03	PERFIL C 200X75X6	UND	9.00	75.13	676.17
2.02.04	PERFIL LL 100X100X10	UND	9.00	60.50	544.50
2.03	MATERIALES FABRICACION DE CHUTE DE TRANSFERENCIA				313,300.00
2.03.01	MOTOR 40 HP, 1770 RPM, FRAME 324T, 460V	UND	4.00	2,846.91	11,387.64
2.03.02	REDUCTOR RIGHT ANGLE, DLB3SHH05 i:28.6	UND	3.00	11,535.00	34,605.00
2.03.03	ACOPAMIENTO ALTA VLGV-5 FLEXIBLE	UND	3.00	1,512.08	4,536.24
2.03.04	CINTA 54" EP 630/3-RMAI ESPESOR TOTAL 18 mm	UND	63.00	159.89	10,073.07
2.03.05	POLEA DE MOTRIZ Ø 610 x 1448 REC 15.9mm	UND	3.00	4032.7	12,098.10
2.03.06	POLEA DE COLA Ø 610 x 1448 REC 9.5mm	UND	3.00	3895.5	11,686.50
2.03.07	DESCANSO FSAF 22520 87,3125	UND	3.00	334.82	1,004.46
2.03.08	RASPADOR PRIMARIO QC-1	UND	3.00	3231	9,693.00
2.03.09	RASPADOR SECUNDARIO SQC2	UND	3.00	1521.85	4,565.55
2.03.10	RASPADOR DE RETORNO DHD V-PLOW	UND	3.00	1691.9	5,075.70
2.03.11	POLIN DE IMPACTO, PICKING 20°, CEMA D5/54"	UND	60.00	416.34	24,980.40
2.03.12	POLIN DE IMPACTO, PICKING 20°, CEMA D5/54"-2 ROLL	UND	60.00	2176.51	130,590.60
2.03.13	POLIN DE RETORNO PLANO, CEMA D5/54"	UND	9.00	2065.31	18,587.79
2.03.14	POLIN INVERTIDO CENTRADOR DE RETORNO, CEMA D5/54"	UND	9.00	1314.55	11,830.95
2.03.15	SENSOR VELOCIDAD CERO NEMA 4X RMS-1G	UND	3.00	2295.18	6,885.54
2.03.16	PARADA EMERGENCIA NEMA 4X RS-2	UND	3.00	2751.92	8,255.76
2.03.17	SENSOR DESALINEAMIENTO NEMA 4X TA-2	UND	12.00	242.29	2,907.48
2.03.18	DETECTOR ROTURA, NEMA 4X DB-100	UND	3.00	221.4	664.20
2.03.19	BOCINA MOD. 876-N5, NEMA 4X 350-120 VAC	UND	3.00	160.67	482.01
2.03.20	BALIZA MOD. 105, NEMA 4X 120 VAC	UND	3.00	91.41	274.23
2.03.21	SENSOR DE ATOLLO CT-200SG	UND	3.00	720	2,160.00
2.03.22	TORNILLO CARRERA 400 mm	UND	6.00	24.08	144.48
2.03.23	PUERTA DE ACCESO 12x18"	UND	3.00	253	759.00

III CONSTRUCCIÓN						686,600.00
3.01 FABRICACION DE FAJA SACRIFICIO						213,500.00
3.01.01	ESTRUCTURAS METALICAS	UND	3.00	46,013.00	138,039.00	
3.01.02	PRE-ARMADO	UND	3.00	5,894.00	17,682.00	
3.01.03	TRANSPORTE HASTA TERRENO	UND	3.00	19,228.00	57,684.00	
3.02 FABRICACION DE CHUTE TRANSFERENCIA						21,100.00
3.02.01	PRE-ARMADO	UND	3.00	5,230.00	15,690.00	
3.02.02	TRANSPORTE HASTA TERRENO	UND	1.00	5,340.00	5,340.00	
3.03 MONTAJE FAJA SACRIFICIO						452,000.00
3.03.01	MANO DE OBRA	GBL	1.00	336,854.64	336,854.64	
3.03.02	EQUIPOS	GBL	1.00	77,010.65	77,010.65	
3.03.03	SUMINISTROS Y SERVICIOS	GBL	1.00	12,575.36	12,575.36	
3.03.04	MOVLIZACION Y DESMOVLIZACION DE EQUIPOS	GBL	1.00	25,515.41	25,515.41	
IV SISTEMA DE CONTROL FAJA SACRIFICIO						96,100.00
4.01 ARQUITECTURA ETAPA 1 OPCION EQUIPOS MULTIMODO						38,600.00
4.01.01	HARDWARE DE CONTROL	GBL	1.00	28,544.33	28,544.33	
4.01.02	SERVICIO DE MONTAJE DE EQUIPOS Y CONEXIONADO DE FIBRA	GBL	1.00	3,833.71	3,833.71	
4.01.03	CONFIGURACION DE LAS REDES ETHRNET Y MODIFICACION PROGRAMA	GBL	1.00	4,538.71	4,538.71	
4.01.04	SERVICIO DE FABRICACION TABLERO DE CONTROL EN CAMPO	GBL	3.00	556.50	1,669.50	
4.02 ARRANCADOR TIPO VARIADOR DE VELOCIDAD						36,200.00
4.02.01	VARIADOR DE VELOCIDAD	GBL	3.00	7,257.05	21,771.15	
4.02.02	INTERRUPTOR PRINCIPAL	GBL	3.00	329.11	987.33	
4.02.03	EQUIPAMIENTO INTERNO	GBL	3.00	415.83	1,247.49	
4.02.04	ELEMENTOS DE MANDO Y SEÑALIZACION	GBL	3.00	459.79	1,379.37	
4.02.05	TABLERO AUTOSOPORTADO IP 55/ NEMA 12 RITTAL	GBL	3.00	1,297.27	3,891.81	
4.02.06	ACCESORIOS PARA FABRICACION DE TABLERO	GBL	3.00	1,121.97	3,365.91	
4.02.07	FABRICACION DE GABINETE	GBL	3.00	1,160.25	3,480.75	
4.03 ESTACION DE BOTONERA DE CORREA CS01,CS02,CS03						3,100.00
4.03.01	ELEMENTOS DE MANDO Y SEÑALIZACION	GBL	3.00	1,019.52	3,058.56	
4.04 SERVICIO DE INGENIERIA						3,900.00
4.04.01	REVISION DE DOMUENTACION DE LA INSTALACION ACTUAL	GBL	1.00	960.00	960.00	
4.04.02	DESARROLLO DE PLANOS DE CONTROL, FUERZA E INSTRUMENTACION	GBL	1.00	2,409.27	2,409.27	
4.04.03	DESARROLLO DE DOCUMENTOS	GBL	1.00	499.12	499.12	
4.05 SERVICIO DE PROGRAMACION						9,500.00
4.05.01	PROGRAMACION DE CONTROLADOR	GBL	1.00	5,624.54	5,624.54	
4.05.02	PROGRAMACION HMI	GBL	1.00	3,851.37	3,851.37	
4.06 SERVICIO DE IMPLEMENTACION - TRABAJOS EN CAMPO						4,800.00
4.06.01	SERVICIO DE COMISIONAMIENTO DE SEÑALES DE CAMPO	GBL	1.00	2,100.81	2,100.81	
4.06.02	SERICIO DE PUESTA EN MARCHA	GBL	1.00	2,646.25	2,646.25	
						1,342,400.00
SUB TOTAL CONSTRUCCIÓN US\$						1,342,400.00
CONTINGENCIA						268,500.00
SUB TOTAL						268,500.00
Leyenda						
% : porcentaje						
glb : global						
kg : kilogramo						
m : metro						
m2 : metro cuadrado						
und: unidad						
						TOTAL SIN IGV US\$ 1,610,900.00