



**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**

**Laureate International Universities**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA EN LAS OPERACIONES  
PERFORACIÓN, ACARREO Y TRANSPORTE PARA  
REDUCIR LOS COSTOS EN LA COMPAÑÍA MINERA  
ARGENTUM S.A.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORA:**

**Bach. Dalia Alejandra Atoche Gálvez**

**ASESOR:**

**Ing. Rafael Castillo Cabrera**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2017**

## DEDICATORIA

*A mi padre Arbel, por formarme con valores sólidos para desenvolverme en la vida profesional y por enseñarme que todos podemos triunfar.*

*A mi madre Liz, por recibirme con una sonrisa alentadora siempre y por su dedicación.*

*A mi hermano Marlon, por ser mi alegría y motivación para cumplir mis objetivos*

## EPÍGRAFE

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad “

(Albert Einstein)

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme culminar el presente trabajo de investigación satisfactoriamente.

A mi asesor Ing. Rafael Castillo Cabrera por su exigencia y constante apoyo en el desarrollo de esta tesis.

Asimismo, agradezco a mis amigos y familiares que aportaron con opiniones y motivación para culminar este trabajo de investigación.

## LISTA DE ABREVIACIONES

- CI: Costo de inspección predictiva
- D.A.P: Diagrama Analítico de Procesos
- D.O.P: Diagrama de Operación de Procesos
- F.A. : Factor de Acoplamiento
- F.C: Factor de Costo
- F.F: Factor de falla
- F.R: Fuerza Radial
- F.V: Factor de Velocidad
- Gdia: Guardia
- I: Inspección
- M.O: Mano de Obra
- MPd: Mantenimiento Predictivo
- NV: Nivel
- Perf.: Perforado
- T.C: Tiempo de Ciclo
- TCA: Tiempo de Carguío
- TN: Tonelada
- TPEF: Tiempo promedio entre fallas
- T.T: Tiempo de Traslado
- Yd: Yarda

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración la presente Proyecto intitulado:

**PROPUESTA DE MEJORA EN LAS OPERACIONES PERFORACIÓN,  
ACARREO Y TRANSPORTE PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA  
COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM S.A.**

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los primeros días de Octubre a Noviembre del año 2017, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otras empresas del mismo rubro, proyectos e Investigaciones.

---

Bach. Dalia Alejandra Atoche Gálvez

## **LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS**

**Asesor:                    Ing. Rafael Castillo Cabrera**

**Jurado 1:                Ing. Ramiro Mas McGowen**

**Jurado 2:                Ing. Miguel Rodríguez Alza**

**Jurado 3:                Ing. Oscar Goicochea Ramírez**

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general determinar el impacto de la propuesta de mejora para la reducción de costos en las operaciones de perforación, acarreo y transporte en la Compañía Minera Argentum S.A.

En primero lugar se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa en el proceso de explotación de mineral. Se seleccionó las operaciones de perforación, acarreo y transporte ya que se diagnosticó que eran las de mayor criticidad en la empresa, debido a que son actividades clave para la obtención del concentrado de cobre, plomo y zinc.

Una vez que se culminó la etapa de identificación de los problemas, se procedió a redactar el diagnóstico de la empresa, en el cual se tomó en cuenta todas las evidencias para demostrar lo mencionado anteriormente. Asimismo, se realizó cálculos para determinar el impacto económico que genera en la empresa estas problemáticas, se priorizó el 80% de las causas raíces las cuales representan en pérdidas monetarias \$ 91,221 dólares mensuales.

Asimismo, en el presente informe se explica el proceso productivo de la mina. Se presentan planos de distribución de planta e imágenes de la maquinaria utilizada, la investigación detalla la propuesta de mejora enunciada para reducción de costos, y la evaluación económica y financiera que corresponde a la misma.

Argentum S.A. presenta los siguientes problemas que están originando altos costos en las operaciones de perforación, acarreo y transporte:

Mala distribución de planta.

Paradas imprevistas en maquinaria Jumbo

Cantidad inexacta del uso de volquetes

La propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte contiene metodologías y herramientas que permitirán una gestión óptima de las operaciones ya mencionadas. Estos tipos de metodologías y herramientas se fundamentan en la idea de tener bajo control, con el fin de garantizar una reducción de demoras, planificación y distribución eficiente para reducir los costos. Logrando así de esta manera un beneficio mensual de \$ 47,377 dólares.



Finalmente, y con toda la información analizada y recolectada; y a partir del diagnóstico que ha sido elaborado, se presentará un análisis de los resultados para poder corroborar con datos cuantitativos las evidencias presentadas y así lograr con la propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte. Obteniendo como resultado un VAN de \$188,064, un TIR 35% y un Beneficio/Costo de 1.09.

## ABSTACT

The general objective of this work was to determine the impact of the improvement proposal for the reduction of costs in the operations of drilling, haulage and transfer of ore in Compañía Minera Argentum S.A.

First, a diagnosis was made of the current situation of the company in the mineral exploitation process. The drilling, haulage and transport operations were selected as they were diagnosed as the most critical in the company, because they are key activities for obtaining the ore concentrate.

Once the identification stage of the problems was completed, the diagnosis of the company was drafted, in which all the evidences were taken into account to demonstrate the aforementioned. Likewise, calculations were carried out to determine the economic impact generated in the company by these problems represented in monetary losses of \$ 91,221 per month.

Likewise, in the present report the productive process of the mine is explained. Plans of distribution of plant and images of the facilities are presented, also a series of photographs where you can see the machines, equipment and tools used. The present investigation details the improvement proposal enunciated for cost reduction, and the economic and financial evaluation that corresponds to it.

Argentum S.A. presents the following problems that are causing high costs in drilling, haulage and transportation operations:

Bad distribution of plant.

Unforeseen stops on Jumbo machinery

Inaccurate quantity of the use of tippers

The proposed improvement in drilling, haulage and transport operations contains methodologies and tools that will allow an optimal management of the aforementioned operations. These types of methodologies and tools are based on the idea of having under control, in order to guarantee a reduction of delays, planning and efficient distribution to reduce costs. Thus achieving a monthly benefit of \$ 48,184 dollars.

Finally, and with all the information analyzed and collected; and from the diagnosis that has been prepared, an analysis of the results will be presented in order to corroborate with quantitative data the evidences presented and thus achieve with the proposed improvement in drilling, haulage and transport operations. Obtaining as result a VAN of \$ 208,664, a TIR 35% and a Benefit / Cost of 1.09.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
EPÍGRAFE .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
LISTA DE ABREVIACIONES.....	iv
PRESENTACIÓN .....	v
LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTACT .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Formulación del problema .....	5
1.3. Hipótesis .....	5
1.4. Objetivos .....	5
1.5. Justificación .....	5
1.6. Tipo de investigación .....	6
1.7. Diseño de la investigación.....	6
1.8. Variables .....	6
1.9. Operacionalización de variables .....	6
CAPÍTULO 2 MARCO REFERENCIAL.....	9
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.2. Base teórica .....	14
2.3. Definición de términos .....	30
CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO.....	33
3.1. Descripción general de la empresa.....	34
3.2. Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis .....	35
3.3. Identificación del problema e indicadores actuales .....	41
CAPÍTULO 4 SOLUCIÓN PROPUESTA .....	45
CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA.....	59
5.1. Inversión para la propuesta.....	60
5.2. Beneficio de la propuesta .....	61
5.3. Evaluación económica.....	61
CAPÍTULO 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	64
6.1 Resultados .....	65

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
7.1. Conclusiones.....	69
7.2. Recomendaciones.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Operacionalización de variables.....	7
Tabla N° 2 Cronograma de Trabajo .....	8
Tabla N° 3 Clasificación de cercanía.....	28
Tabla N° 4 Costos por Área Mina Argentum S.A.....	31
Tabla N° 5 Cuadro resumen Jumbo Enero-Junio 2017 .....	33
Tabla N° 6 Materiales utilizados para perforación 2017 .....	34
Tabla N° 7 Rendimiento Volquete por guardia .....	34
Tabla N° 8 Rendimiento real por guardia .....	35
Tabla N° 9 Tiempos operativos Jumbo- Julio 2017 .....	36
Tabla N° 10 Demoras Operativas Jumbo- Julio 2017.....	36
Tabla N° 11 Demoras no operativas Jumbo -Julio 2017.....	37
Tabla N° 12 Demoras mecánicas Jumbo- Julio 2017 .....	37
Tabla N° 13 Resumen tiempos Operador Jumbo- Julio 2017.....	37
Tabla N° 14 Diferencial Valor actual vs Valor meta Productividad.....	39
Tabla N° 15 Rendimiento Scoop .....	40
Tabla N° 16 Recorrido Scoop por ciclo .....	40
Tabla N° 17 Pareto de Altos Costos Mina Argentum S.A. ....	43
Tabla N° 18 Matriz de Indicadores .....	44
Tabla N° 19 Criterios para estimar la frecuencia .....	49
Tabla N° 20 Tipo de rodamiento .....	50
Tabla N° 21 Disponibilidad de Jumbo Enero a Julio después de la propuesta	52
Tabla N° 22 Rendimiento de Volquete Zona Alapampa .....	53
Tabla N° 23 Rendimiento de Volquete Zona Manuelita .....	53
Tabla N° 24 Rendimiento de Volquete Zona Codiciada.....	53
Tabla N° 25 Vinculación entre actividades Acarreo .....	56
Tabla N° 26 Calificación de cercanía .....	56
Tabla N° 27 Inversión Personal.....	60

Tabla N° 28 Inversión Maquinaria .....	60
Tabla N° 29 Inversión Materiales .....	60
Tabla N° 30 Inversión Mantenimiento .....	60
Tabla N° 31 Beneficio CR1 .....	61
Tabla N° 32 Beneficio CR3 .....	61
Tabla N° 33 Beneficio CR6 .....	61
Tabla N° 34 Flujo de caja anual .....	62
Tabla N° 35 Indicadores económicos VAN Y TIR.....	63
Tabla N° 36 Ingresos y Egresos.....	63
Tabla N° 37 Indicador B/C .....	63

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Horas efectivas vs horas paradas Jumbo Enero- Junio 2017 .....	32
Gráfico N° 2 Índice de Productividad Enero-Julio 2017 .....	38
Gráfico N° 3 Pareto Mina Argentum S.A. ....	43
Gráfico N° 4 Priorización de Fallas mecánicas Jumbo 2012-2016 .....	48
Gráfico N° 5 Matriz de Criticidad .....	49

### ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama N° 1 Costos Variables.....	17
Diagrama N° 2 Costos Fijos .....	18
Diagrama N° 3 Modelo de un Diseño de Planta .....	28
Diagrama N° 4 Diagrama de relaciones entre actividades .....	29
Diagrama N° 5 D.A.P. ....	29
Diagrama N° 6 Proceso productivo Compañía Minera Argentum S.A. ....	29
Diagrama N° 7 Proceso de Explotación de mineral .....	31
Diagrama N° 8 Diagrama Ishikawa Mina Argentum S.A.....	42
Diagrama N° 9 Esquema de la Propuesta.....	46
Diagrama N° 10 D.A.P Proceso de Acarreo de mineral.....	55
Diagrama N° 11 Diagrama de relaciones entre actividades .....	56

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1 Scoop.....	16
Ilustración N° 2 Vista lateral Mina Argentum S.A.....	58

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación sobre el desarrollo de una Propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte; para reducir los costos de la Compañía Minera Argentum S.A., se describe en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se muestran los aspectos generales sobre el problema de la investigación. Así como los Objetivos General y Específicos, además de la Hipótesis.

En el Capítulo II, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación. Así como Antecedentes, Base teórica y una definición de términos usados en el presente informe.

En el Capítulo III, se describe el diagnóstico de la situación actual de la Compañía Minera Argentum S.A. Además de un análisis de la situación problemática de las operaciones de perforación, acarreo y traslado, para terminar en una definición de indicadores de causas raíces a través de una matriz.

En el Capítulo IV, se describe la solución propuesta, en la cual se detalla el desarrollo de herramientas de mejora para solucionar los problemas en las operaciones de perforación, acarreo y traslado.

En el Capítulo V, se describe la evaluación económica y financiera, donde se evalúa los indicadores financieros como el Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno, además del Beneficio Costo.

En el Capítulo VI, se describe el análisis de los resultados obtenidos, en el cual se compara los costos y beneficios por área, antes y después de hacer la propuesta.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente estudio.

# **CAPÍTULO 1**

# **GENERALIDADES DE LA**

# **INVESTIGACIÓN**



## 1.1. Realidad Problemática

La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad, en las épocas prehistóricas el hombre utilizaba los minerales para la fabricación de sus herramientas. Esta actividad es representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos.

El sector minero proporciona a la industria muchas de las materias primas básicas en nuestra sociedad moderna, de tal forma que la dificultad en el suministro de minerales puede afectar al funcionamiento de la actividad industrial.

Con el pasar de los siglos la minería se convirtió en una importante industria, que ha creado una serie de técnicas, estudios y análisis físico-químicos con el objetivo de mejorar la exploración y explotación de los yacimientos. Por su parte, las compañías o empresas mineras son las encargadas de llevarla a cabo como industria, cuya competencia depende de la producción de mineral extraído, de la calidad y cantidad del mismo.

La minería siempre ha constituido en ser uno de los indicadores básicos de las posibilidades de desarrollo económico de un país, los minerales descubiertos por el hombre, se le da un valor económico sobresaliente debido a la utilidad que prestan a la humanidad.

En el mundo, la minería es considerada una de las principales actividades económicas, pues genera el 45% del PBI mundial, directamente o a través de productos que facilita a otras industrias.

A nivel de producción de los principales minerales en el 2016, China lidera la producción mundial de oro con 455 toneladas, México es el primer productor de plata con 186 millones de onzas, Chile encabeza la producción mundial de cobre con 5 millones toneladas métricas, además China con 2.4 millones de toneladas métricas es el primer productor de plomo.

Asimismo, Perú se ha consolidado como el segundo productor de cobre, plata; sexto productor de oro y cuarto productor mundial de plomo.

En nuestro país, la minería juega un papel muy importante a través de la generación de valor agregado, divisas, impuestos, inversión y empleo. Además esta actividad, es el principal sector exportador del país, según la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, la minería implica el 59% de las exportaciones, es el principal pagador de impuestos, con más del 15% del total de recursos tributarios, representa más del 21% de la inversión privada y contribuye aproximadamente el 21% del PBI.

Actualmente, las empresas mineras enfrentan importantes desafíos, pues durante los años 2011-2012, donde se dio el fin del boom de los commodities, principalmente por la desaceleración de la economía China y su cambio de estrategia de desarrollo basado en la demanda externa a uno impulsado por demanda interna, se generó un exceso de inventarios de minerales, especialmente el cobre, ocasionando una caída abrupta en los precios de los mismos. Debido a esto, la industria minera pasó a una etapa de escasez, de los minerales básicos, por el cierre de minas o interrupciones en la producción de las mismas. La tendencia del precio de los principales minerales en los siguientes años se fue recuperando, no obstante; al no poder controlar los precios de venta, las mineras se ven obligadas a trabajar arduamente en la reducción de costos operativos constantemente, de esta forma se garantizará su competitividad.

Existen aproximadamente 400 empresas mineras en nuestro país, en su mayoría de inversión extranjera, las principales se encuentran: Antamina, Yanachocha, Glencore, Cerro Verde, Barrick, las cuales generan alrededor de 4000 millones de soles anualmente para las regiones y más de 168,000 empleos directos.

La Compañía Minera Argentum S.A. nace el 26 de noviembre de 2003, es una mina de plata subterránea polimetálica localizada en el distrito de Yauli, en los Andes centrales del Perú. La mineralización de plata, zinc, plomo y cobre está presente como un complejo sistema de vetas epitermales, mantos y reemplazos de calcita. El método de explotación usado en la mina es de minado por taladros largos, en subniveles. La mina tuvo una producción de 2.37 millones de onzas de plata en el 2016, 1% menos que en el 2015 debido a menores niveles de procesamiento. La transición de la mina hacia minerales de mayor ley de plomo

y cobre resultó en un aumento de 26% en la producción de plomo a 4,700 toneladas, en un incremento de 52% en la producción de cobre a un récord de 3,100 toneladas y en un incremento de 4% en la producción de zinc a 15,800 toneladas en comparación con el 2015.

Argentum S.A., en el área de producción, la cual hace referencia al proceso de perforación, acarreo y transporte de mineral, es el área de más alto costo el cual asciende a 3 millones de dólares mensuales, por esto se convierte en un área crítica, además presenta dificultades respecto a la ineficiente distribución de planta, baja productividad, aumento de horas no efectivas en mina, demora en inicios de operación de maquinarias. A continuación se explican las causas y los costos que se generan:

- Paradas imprevistas de maquinaria de perforación Jumbo, siendo ocasionadas por falta de análisis de variables de fallos. Las horas paradas son 624 mensuales generando una pérdida de \$ 46,799.
- Deficiente gestión en el uso de materiales de perforación, no existe un control adecuado de las salidas de los materiales ni una política de evaluación de proveedores. El costo por esta causa es de \$10,377 mensuales.
- Demoras en el traslado del mineral desde las zonas mineralizadas hasta el área de tratamiento, en este proceso se contratan volquetes, de acuerdo a los al kilometraje y toneladas que se estiman obtener, sin embargo no se utiliza toda capacidad de los volquetes la pérdida mensual es \$27,562.
- Existe una falta de control de demoras no operativas de los operarios que realizan el proceso de perforación, estas horas son aproximadamente de 5.37 horas por guardia, con una pérdida de \$ 8248.
- Falta de personal calificado para la labor de perforación, no se obtiene los 2,520 metros de avance mensuales ocasionando una pérdida mensual de \$5,994
- Demoras en el traslado del mineral desde las zonas mineralizadas hacia los echaderos, este proceso lo realiza el SCOOP. El tiempo en que el equipo no está siendo utilizado asciende a 281 horas mensuales, lo cual significa un costo de lucro cesante de \$ 16,860.

## 1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte reduce los costos de la Compañía Minera Argentum S.A?

## 1.3. Hipótesis

La propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte reduce los costos significativamente en la Compañía Minera Argentum S.A

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

- Determinar el impacto de la propuesta de mejora para la reducción de costos en las operaciones de perforación, acarreo y transporte en la Compañía Minera Argentum S.A.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar y analizar la situación actual de la Compañía Minera Argentum S.A.
- Determinar las herramientas a utilizar.
- Desarrollar la propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte.
- Realizar una evaluación económico-financiera de la propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte

## 1.5. Justificación

### 1.5.1. Justificación teórica:

El presente trabajo utilizará diferentes herramientas para diagnosticar la situación real de la empresa y así generar una propuesta de mejora basados en la reducción de costos en las operaciones de perforación, acarreo y transporte

### 1.5.2. Justificación práctica:

La una propuesta mejora, al implementarla permitirá a la Compañía Minera Argentum S.A. a tener una mejor organización en el proceso de explotación de mineral, específicamente en las operaciones de perforación, acarreo y transporte. Para lograr el objetivo de reducir costos.

### 1.5.3. Justificación valorativa:

Es indispensable para cualquier empresa tener un adecuado control y planificación tanto del personal, maquinaria como los materiales, ya que, mejorando esto la empresa se vuelve más competitiva, reduce sus costos

y puede brindar un buen producto final. Debido a esto es recomendable implementar una propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte.

#### **1.5.4. Justificación académica:**

Es importante aplicar los conocimientos que he adquirido en mi formación universitaria, y que este trabajo final sirva como ayuda referencial para futuros trabajos de investigación.

### **1.6. Tipo de investigación**

#### **1.6.1. Por la orientación**

Aplicada

#### **1.6.2. Por el diseño**

Pre experimental

### **1.7. Diseño de la investigación**

El tipo de investigación por el diseño es de Pre – Test y Post - Test

O1 ----- X ----- O2

Pre test Estímulo Post test

Donde:

O1: Medición de los costos en las operaciones de Perforación, Acarreo y Transporte

X: Propuesta de mejora

O2: Medición de los costos luego de la propuesta de mejora

Dónde:

O1 < O2

### **1.8. Variables**

- Variable independiente: Propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte.
- Variable dependiente: Costos de la Compañía Minera Argentum S.A.

### **1.9. Operacionalización de variables**

Tabla N° 1 Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>
Variable independiente: Propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y transporte de mineral.	% Disponibilidad del Equipo	$\frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100\%$
	% Utilización de Capacidad de Volquetes	$\frac{\text{Capacidad Utilizada TN}}{\text{Capacidad total TN}} \times 100\%$
	Índice de pérdidas de tiempo	Tiempo de traslado anterior - Tiempo de traslado actual
Variable dependiente: Costos de la Compañía Minera Argentum S.A.	Costo por horas de parada	Horas paradas * Costo de H-perforación
	Costo por falta de planificación de volquetes	Capacidad no utilizada TN* Costo TN
	Costo por una inadecuada distribución de planta	Horas perdidas*Costo TN

Fuente: Elaboración Propia

## 1.10. Duración del proyecto

Tabla N° 2 Cronograma de Trabajo

ITEM	MESES ACTIVIDADES	Mayo		Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración de Plan de Tesis	■	■																								
2	Elaboración de Marco Teórico			■	■																						
3	Validación de Instrumentos				■	■	■																				
4	Recopilación de información						■	■	■	■																	
5	Análisis de la información									■	■	■															
6	Evaluación de herramientas a utilizar											■	■	■													
7	Desarrollo de herramientas de mejora															■	■	■									
8	Cálculo del beneficio																		■	■	■	■					
9	Análisis financiero																						■				
10	Discusión de resultados																								■		
11	Conclusiones y recomendaciones																									■	
12	Informe final																										■

Fuente : Elaboración Propia

# **CAPÍTULO 2 MARCO REFERENCIAL**



## 2.1. Antecedentes de la investigación

**En el ámbito internacional se detallan los siguientes antecedentes:**

Sánchez, Y; Universidad Central del Ecuador (2012), en su tesis: “Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth”, tiene como objetivo optimizar los procesos utilizando el diseño de una nueva malla de perforación junto con el cálculo de la cantidad adecuada de sustancia explosiva, de esta manera permitirá mejorar costos y tiempos en los procesos de perforación y voladura.

La investigación describe el diagnóstico inicial de la mina Bethzabeth, la cual presenta un inadecuado proceso de perforación, es por ello que se realiza un análisis de los sondeos de exploración, ensayos de resistencia a la compresión y peso específico, cálculo de la cantidad de sustancia explosiva, diseño de la malla de perforación.

El desarrollo de la propuesta se centra en el nuevo diseño de la malla de perforación, pues inicialmente la malla de perforación aplica para el franqueo de la Rampa de acceso a las vetas Sucre y Tres Diablos de la concesión Bethzabeth, demostrando falencias en el número de taladros, cantidad de carga, velocidad de detonación, avance de la frente y tiempo destinado a las labores de barrenación y cargado de sustancia explosiva y con ellas en el costo de explotación.

La investigación concluye que es necesario utilizar explosivos que posean elevada velocidad de detonación para reducir el número de taladros y la cantidad de sustancia explosiva requerida en cada voladura, mejoras que disminuirán (de 5h43 a 4h42) el tiempo destinado a la barrenación y al cargado de la sustancia explosiva.

González, R; Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui (2009), en su tesis: “Implementación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibración en los compresores de tornillo de una empresa procesadora y enlatadora de Productos del Mar”, tiene como objetivo la implementación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibraciones en compresores de tornillo de una empresa procesadora de Productos del Mar, González señala que de acuerdo a la severidad de la vibración se estableció la frecuencia de monitoreo para cada equipo y se recomendó un procedimiento para la incorporación de todos los equipos de la empresa al programa de mantenimiento.

En el desarrollo de la investigación se determinó los niveles de pre alarma, alarma y de bandas espectrales para cada uno de los compresores mediante normas internacionales, para luego establecer una comparación entre los espectros obtenidos en los equipos con espectros típicos de fallas, identificando los problemas presentes.

Se concluye que el mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibraciones en compresores de tornillo fue implementado con éxito en la empresa procesadora de Productos del Mar. Se determinaron los puntos de medición en los equipos de acuerdo a los elementos que los conforman y su configuración interna, tratando siempre de ubicarlos lo más cercanos a los apoyos.

### **En el ámbito nacional se detallan los siguientes antecedentes:**

Según Jáuregui, O; Pontificia Universidad Católica del Perú (2014), en su tesis: “Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura”. Aplicando para ello estándares óptimos de trabajo en las principales operaciones unitarias de minado que son la perforación y voladura, asegurando de esta manera el éxito de todo el ciclo de minado. Tiene como objetivo realizar un sistema de control y medición exhaustiva de las operaciones y que se sintetizan en la supervisión y capacitación continua en lo concerniente a la aplicación de estándares óptimos de trabajo en la operación. La implementación y aplicación continua de estos estándares de trabajo aseguran una operación económicamente más rentable, permiten tener un orden y estandarización de las operaciones e intensifica la seguridad en los trabajos. Sumándose a ello un "cambio" y compromiso del personal por mejorar el desempeño de su trabajo. El desarrollo de la tesis expone inicialmente la situación de una mina ejemplo donde no existe un adecuado sistema de productividad, control y reducción de costos operativos mina y de optimización de las operaciones de minado en función a estándares objetivos de trabajo, obteniéndose un primer diagnóstico de la situación mediante la supervisión y control en campo de las operaciones y la revisión de los presupuestos existentes de las operaciones y proyectos. La segunda etapa consiste en la propuesta de estándares objetivos de trabajo en función a estudios y pruebas ingenieriles relacionados al método de explotación de minado, la perforación y voladura idónea, el análisis de costos, la mecánica de rocas y a la seguridad laboral, considerando a todas las etapas del trabajo

en mina como procesos que integran un solo sistema en el cual las operaciones de perforación y voladura son el núcleo básico del sistema. Finalmente se exponen los beneficios que se obtienen con la implementación y el control continuo de los estándares adecuados de trabajo, beneficios reflejados en una reducción de los costos directos operativos y en general de todos los costos de las diversas áreas que integran una mina, acotándose como una de las recomendaciones la vital importancia que representa la capacitación continua al personal en las técnicas de perforación y voladura y sobretodo el rol que juegan estas como el núcleo de todo el sistema, del mismo modo la importancia de la motivación y retroalimentación al personal que ejecutan este núcleo sobre los avances que se obtienen y lo importante de su desempeño.

Vilela, W; Pontificia Universidad Católica del Perú (2015), en su tesis: “Análisis de factibilidad para el uso de anfo pesado a base de emulsión gasificable en minera Yanacocha”, tiene como objetivo analizar la viabilidad técnica, económica y operativa de un nuevo tipo de emulsión, componente principal del ANFO Pesado que se usa comúnmente en el proceso de voladura en Minera Yanacocha. Este nuevo producto es una emulsión gasificable de mejor calidad y mayor costo en comparación con la emulsión matriz que se utiliza actualmente. La principal ventaja y motivo de investigación es su capacidad de gasificar por la adición de un agente químico.

El área de Perforación & Voladura se diseñó un plan para determinar y cuantificar las posibles ventajas que presenta el nuevo producto. Se inició con la instalación de los equipos para gasificar en los camiones fábrica, posteriormente se transportó la emulsión gasificable a la mina y finalmente se hicieron las pruebas in situ para medir sus parámetros antes, durante y después de la voladura. Estas pruebas son motivo del estudio. El parámetro que se midió antes de la voladura fue la densidad, un aspecto crítico para determinar los costos y la calidad del explosivo. Durante la voladura, se midió la velocidad de detonación que es el mejor parámetro que representa la calidad del explosivo en cuanto a poder rompedor. Finalmente, post voladura se analizó la fragmentación del material, presencia de humos y lo más importante el dig-rate (tasa de excavación) de los equipos de minado. Tras realizar las pruebas mencionadas, se hizo el análisis correspondiente y se determinó que el producto tiene ventajas desde el punto de vista económico y operativo. Se logró un ahorro importante sin afectar el dig-rate de los equipos de minado, además de eliminar la generación de gases nitrosos.

Teniendo como resultado que no es viable el reemplazo total de la emulsión gasificable por la emulsión matriz, debido a que en una mezcla en particular resulta más económico el uso de la emulsión matriz obteniendo los mismos resultados en la fragmentación del material.

Baldeón, Z; Pontificia Universidad Católica del Perú (2011), en su tesis: "Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. Minera Condestable S.A", tiene como objetivo mejorar de la productividad, en base al análisis de las operaciones en función del tiempo, ya que el acarreo y transporte son variables que influyen en forma prioritaria en la reducción de costos. Inicialmente se analizaron los factores que afectan positiva y negativamente la productividad de la operación de acarreo y transporte (línea base), los métodos de trabajo, y los sistemas de control, a este análisis se detalla una propuesta de solución a la actividad que genera un mayor tiempo improductivo en el proceso, finalmente se propone una Guía para la optimización de flota en minas subterráneas con similares características que la mina analizada (Cía. Minera Condestable S.A.).

**En el ámbito local tenemos los siguientes antecedentes:**

Según Palomino, H; Universidad Nacional de Trujillo (2016), en su tesis titulada: "Optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo, para mejorar la eficiencia en compañía Minera Poderosa s.a.", tiene como objetivo optimizar el proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo para obtener una mejor eficiencia en cuanto a rendimiento y costo en Compañía Minera Poderosa S.A.

La investigación señala que el problema radica en la perforación y voladura por lo cual no es del todo óptima; existe una baja eficiencia en el diseño de la malla de perforación así como también en la voladura. La solución al problema se desarrolla en el rediseño de la malla de perforación y voladura a través del algoritmo de Holmerg. Para rediseñar la malla de perforación y voladura se realizó un control estricto de tiempos de perforación, mejora en el paralelismo de taladros, cálculo de factor de carga, cálculo de factor de avance, cálculo de factor de sobrerotura con el fin de mejorar la eficiencia de la perforación. Los resultados alcanzados fueron óptimos. Logrando una mejora en la eficiencia de perforación de un 90 % a un 97 %. Se redujo la desviación de taladros de 12.91 cm a 4.04 cm. El factor de carga fue mejorado de 3.03 a 2.41 kg /m<sup>3</sup>. El factor de avance de 27.30 kg/m a 21.42 kg/m. Así mismo se logró reducir el factor de

sobre rotura de 20.4% a 13.4 %. El avance por disparo también se mejoró de 1.55 m a 1.66 m.

## **2.2. Base teórica**

### **2.2.1. Minería Subterránea**

El Manual de Minería (Estudios Mineros del Perú S.A.C., 2016) señala que el método de explotación subterránea, es utilizado cuando las zonas mineralizadas (vetas o cuerpos de mineral económico) son angostas y profundas, por lo que según las evaluaciones técnicas y económicas justifica la perforación de túneles y socavones para posibilitar su extracción.

Las actividades o procesos que comprende este método de explotación son: exploración; desarrollo: preparación: explotación y extracción: transporte y manipuleo de minerales.

- Exploración: Actividad minera tendiente a demostrar las dimensiones, posición, características mineralógicas, reservas y valores de los yacimientos mineros.

- Desarrollo: Localizados los bloques de mineral, se realizan labores mineras para determinar el tonelaje y las leyes del mismo, es decir, clasificar el mineral en marginal y sub-marginal; se construyen los accesos e instalaciones que hagan posible la explotación. En esta actividad se desarrollan las galerías, los cruceros, chimeneas de ventilación, rampas y conductos de ventilación, instalación de rieles para carros mineros e instalación de líneas de energía.

- Preparación: Corresponde a esta actividad, la preparación de las zonas o secciones de trabajo en la veta o bloques de mineral, para hacer posible su explotación generalmente se preparan tolvas, chimeneas de relleno y ventilación, entre otras labores.

- Explotación y extracción: En esta etapa se realizan la perforación y voladuras del mineral en el interior de la mina, dejando expedito el mineral para su traslado al exterior.

- Transporte y/o manipuleo de minerales: Efectuada la voladura del mineral, este es extraído de la mina hacia el exterior, para ello, se acumula y se carga a los diferentes medios de transporte de los que se disponen. El transporte puede ser mediante carros mineros, Scoops, u otro tipo de equipo que se disponga.

### 2.2.2. Yacimientos Minerales

Yacimiento mineral es una concentración anómala de algún elemento o mineral de interés económico que se forma como producto de una serie de procesos geológicos y cuya explotación genere rentabilidad.

El Manual de minería (Estudios Mineros del Perú S.A.C., 2016) señala que los yacimientos en general, se pueden clasificar en cuatro grupos principales:

- Vetas: Yacimiento compuesto por un cuerpo mineral de forma alargada, limitado por planos irregulares de rocas denominadas “encajonantes”. Generalmente la veta es vertical. Cuando el cuerpo mineral aparece tendido o echado se le llama “manto”.

Las vetas constituyen el tipo de yacimiento más común en nuestro medio.

- Diseminado: Se llama así al cuerpo mineral que aparece en forma de hilos que atraviesan la roca en todas direcciones, o bien como puntos o motas de mineral que cubren grandes extensiones, ejemplo yacimientos auríferos de Cajamarca.

- Aluvial: Es un yacimiento formado por el transporte de gravas, limo y minerales pesados de diferentes formas y tamaños, que están depositados en las arenas o lechos de los ríos o mares. Generalmente son de oro, tungsteno y titanio. Como ejemplos de estos yacimientos se tienen los lavaderos de Sandía en Puno, de Pallasca en Ancash y los de Madre de Dios.

### 2.2.3. Maquinaria para acarreo de mineral

El investigador peruano (De la Cruz, 2015) describe al Scoop como un vehículo trackless de bajo perfil, para carga y acarreo de minerales, diseñado sobre todo para realizar trabajos en minas de subsuelo, subterráneas, o en zonas con limitaciones de espacio: En minería subterránea, especialmente en la pequeña y mediana minería, los túneles se caracterizan por ser de baja altura y angostos, lo que impide el ingreso de vehículos mineros de grandes dimensiones. Son túneles estrechos, sin espacio lateral para realizar giros a 180°, del cual derivan galerías perpendiculares al eje del túnel, con cambios de dirección a 90° con cortos radios de curvatura que dificultan el desplazamiento aún para vehículos pequeños. Los Scoops están diseñados para operar en estas condiciones por lo que tienen las siguientes características: Son de dimensiones pequeñas, relativamente angostos y de baja altura para poder ingresar a los túneles. Esta última característica es la que les da el nombre de

“bajo perfil”.

Tienen un cucharón articulado para recoger y cargar una cantidad relativamente grande de material

- Pueden desplazarse en reversa con la misma facilidad con la que avanzan, lo que les permite ingresar y salir de túneles angostos o sin espacio para girar. Simplemente retroceden.

- Tienen ruedas con neumáticos, lo que les permite desplazarse en cualquier dirección, es decir no está limitado a recorridos de rieles o troles.

Los Scoops se utilizan para cargar una cantidad grande de material, transportar el material a un área específica, descargar la carga en un área específica o en un camión.

Ilustración N° 1 Scoop



Fuente: De la Cruz, J. (2015)

#### 2.2.4. Costos operativos

Gómez, B. (2005) define a los costos como la expresión en términos monetarios de las cuantías asignadas a la elaboración de un producto, a la prestación de un servicio, o los valores invertidos en las compras de productos con destino a su comercialización. Generan ingresos, se recuperan, pero no siempre utilidades.

La clasificación de los costos se presenta a continuación:

- Según los elementos de un producto:

Los elementos de costo de un producto o sus componentes son los materiales, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación, esta clasificación suministra la información necesaria para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto.

- Según la relación con la producción: Están íntimamente relacionados con los elementos del costo de un producto y con los principales objetivos de la planeación y el control.



- Costos primos: es la suma de los materiales directos y la mano de obra directa que intervienen en la elaboración de un producto

$$\text{Costos primos} = \text{MPD} + \text{MOD}$$

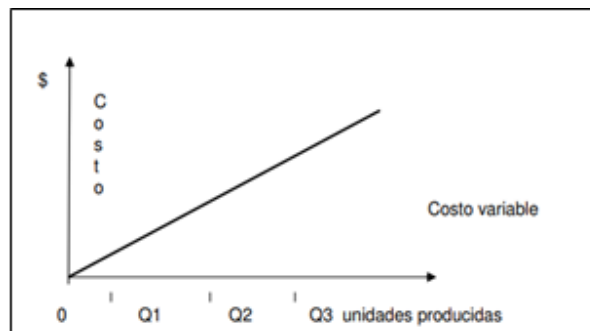
- Costos de conversión: Son los costos relacionados con la transformación de los materiales directos en productos terminados, o sea la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación.

$$\text{Costos de conversión} = \text{MOD} + \text{CIF}$$

- Según la relación con el volumen:

- Costos variables: Son aquellos costos en los que el costo total cambia en proporción directa a los cambios en el volumen, en tanto que el costo unitario permanece constante. Depende proporcionalmente de la disminución o aumento en el nivel de producción.

Diagrama N° 1 Costos Variables



Fuente: Gómez, B. (2005)

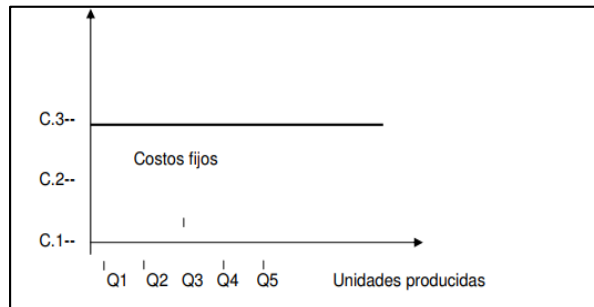
Características de los costos variables:

1. Controlabilidad: Son controlables en periodos cortos de tiempo
2. Son proporcionales a un nivel de producción. Tienen un comportamiento lineal relacionado con alguna medida de actividad o nivel de producción
3. Están relacionados con un nivel apreciable, fuera de ese nivel puede cambiar el costo unitario.
4. Son regulados por la administración.
5. En total son variables, por unidades son fijos

- Costo fijo: Son aquellos costos en los que el costo fijo total permanece constante frente a los cambios en el volumen de producción, en tanto que el costo por unidad varía en forma inversa con la producción.



Diagrama N° 2 Costos Fijos



Fuente: Gómez, B. (2005)

Características de los costos fijos:

1. Controlabilidad: son controlables respecto a la duración del servicio que prestan a la empresa.
2. Están relacionados estrechamente con la capacidad instalada.
3. Están relacionados con un nivel relevante. Permanecen constantes en un amplio intervalo.
4. Regulados por la administración.
5. Están relacionados con el factor tiempo.
6. Son variables por unidad y fijos en su totalidad

SemivARIABLES: La parte fija del costo semivariable representa un cargo mínimo, siendo la parte variable la que adquiere un mayor impacto dentro del costeo del producto.

- Según la capacidad para asociar los costos: Un costo puede considerarse directo o indirecto según la capacidad que tenga la gerencia para asociarlo en forma específica a órdenes de producción o departamentos.

- Costos directos: Son aquellos que la gerencia es capaz de asociar con los artículos, servicios o áreas específicos. Los materiales y la mano de obra directa son los ejemplos más claros.

- Costos indirectos: Son aquellos comunes a muchos artículos y por tanto no son directamente asociables a ningún artículo o área. Usualmente, los costos indirectos se cargan a los artículos o áreas con base en técnicas de asignación.

- Según el departamento donde incurrieren los costos Un departamento o centro de costos es la principal división funcional de una empresa. El costeo por departamentos ayuda a la gerencia a controlar los costos indirectos y a medir el ingreso. En las empresas manufactureras se encuentran los siguientes tipos de departamentos:

Departamentos de producción: Estos costos contribuyen directamente a la producción de un artículo e incluyen los departamentos donde tienen lugar los procesos de conversión o de elaboración. Comprende las operaciones manuales y mecánicas realizadas directamente sobre el producto. Departamentos de servicios: Son aquellos que no están directamente relacionados con la producción de un artículo. Su función consiste en suministrar servicios a otros departamentos. Los costos de estos departamentos por lo general se asignan a los departamentos de producción.

- Según el periodo en que los costos se cargan al ingreso: En este caso se tiene que algunos costos se registran primero como activos (la materiales, no consumidos en el periodo, los productos semielaborados y los productos terminados finalizando un periodo contable) luego de ser utilizados, convertidos en productos terminados, y posteriormente vendidos, se cargan al costo. Otros se registran inicialmente como gastos (Gastos operacionales de administración, y ventas, y gastos no operacionales).

La clasificación de los costos en categorías con respecto a los periodos que benefician, ayuda a la gerencia en la medición del ingreso, en la preparación de estados financieros y en la asociación de los gastos con los ingresos en el periodo apropiado.

Costos del producto: Son los que se identifican directa e indirectamente con el producto o servicio. Estos costos no suministran ningún beneficio hasta que se venda el producto y por consiguiente se inventarían hasta la terminación del producto. Cuando se venden los productos, sus costos totales se registran como un costo denominado costo de los productos fabricados o costos de manufactura.

- Gastos del periodo: Estos no están directa ni indirectamente relacionados con el producto. Se relacionan con un periodo de tiempo determinado Son las partidas monetarias asignadas a servicios o bienes indispensables para el normal desarrollo de las actividades de una empresa.

- Según el momento en que se determinan los costos: Los costos de producción los podemos determinar al concluirse un periodo, en el transcurso del mismo o con anterioridad: Son los que se determinan con posterioridad a la terminación del periodo contable. Para acumular los costos totales y determinar los costos unitarios de producción, debe esperarse la culminación de cada periodo de contable

*Costos predeterminados:* Estos costos se determinan con anterioridad al periodo de costos o durante el transcurso del mismo, permitiendo así contar con información oportuna de los costos de producción. Se clasifican en.

*Costos estimados:* Son aquellos que cuentan con un cálculo general y poco profundo, se basa en la experiencia que las empresas tienen de periodos anteriores; estos nos dicen cuanto puede costar un producto o la operación de un proceso durante cierto periodo de costo.

*Costos estándar:* Son aquellos que indican según la empresa lo que debe costar un producto o la operación de un proceso determinado, sobre la base de ciertas condiciones de eficiencia y economía de la misma.

### **2.2.5. Mantenimiento Predictivo**

Según Botero (2010) la importancia del mantenimiento industrial radica en la necesidad que tienen las empresas de conservar todas sus máquinas e instalaciones trabajando continua y eficientemente. Existen dos formas de mantenimiento, uno es el mantenimiento correctivo dedicado a la reparación de los equipos en el momento en que fallan; y el otro, es el mantenimiento preventivo encargado de detectar daños en los equipos antes de que éstos dejen de funcionar y detengan el proceso de producción. Las grandes industrias, conscientes de las pérdidas que se producen cuando una máquina se descompone e interrumpe su producción, destinan una buena parte de su presupuesto en actividades de mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo posee una herramienta básica muy importante: El mantenimiento predictivo.

Este mantenimiento realiza un seguimiento de cada una de las variables relacionadas con el funcionamiento de las máquinas para poder predecir posibles fallas y tomar las acciones correctivas más apropiadas en el momento oportuno. A pesar del alto costo que implica el desarrollo del mantenimiento predictivo, hoy en día es el tipo de mantenimiento más implementado en las industrias gracias a la ventaja que posee de poder mostrar en cualquier instante de tiempo el estado general de cada una de las máquinas de la planta permitiendo controlar su óptimo funcionamiento. (Cañón, 2010).

Mantenimiento Predictivo (MPd) como el servicios debido al desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios a través de la medición, el análisis de síntomas y tendencias de parámetros físicos, empleando varias tecnologías que determinan la condición del equipo o de

los componentes, o estimación hecha por evaluación estadística, extrapolando el comportamiento de esas piezas o componentes con el objeto de determinar el punto exacto de cambio o reparación, antes que se produzca la falla. Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle.

#### **2.2.5.1. Técnicas del Mantenimiento Predictivo**

Olarte, W. (2010) afirma que las técnicas más utilizadas son las siguientes:

**Análisis de Vibraciones:** Esta técnica de mantenimiento predictivo se basa en el estudio del funcionamiento de las máquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones.

Todas las máquinas presentan ciertos niveles de vibración aunque se encuentren operando correctamente, sin embargo cuando se presenta alguna anomalía, estos niveles normales de vibración se ven alterados indicando la necesidad de una revisión del equipo.

Para que este método tenga validez, es indispensable conocer ciertos datos de la máquina como lo son: su velocidad de giro, el tipo de cojinetes, de correas, el número de alabes, palas, etc. También es muy importante determinar los puntos de las máquinas en donde se tomaran las mediciones y el equipo analizador más adecuado para la realización del estudio.

**Termografía:** La Termografía es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas con el fin de determinar si se encuentran funcionando de manera correcta. La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía.

**Análisis por Ultrasonido:** El análisis por ultrasonido está basado en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las máquinas cuando presentan algún tipo de problema. El oído humano puede percibir el sonido cuando su frecuencia se encuentra entre 20

Hz y 20 kHz, por tal razón el sonido que se produce cuando alguno de los componentes de una máquina se encuentra afectado, no puede ser captado por el hombre porque su frecuencia es superior a los 20 kHz.

Las ondas de ultrasonido tienen la capacidad de atenuarse muy rápido debido a su corta longitud, esto facilita la detección de la fuente que las produce a pesar de que el ambiente sea muy ruidoso. Los instrumentos encargados de convertir las ondas de ultrasonido en ondas audibles se llaman medidores de ultrasonido o detectores ultrasónicos.

*Análisis de Aceite:* El análisis de aceites determina el estado de operación de las máquinas a partir del estudio de las propiedades físicas y químicas de su aceite lubricante.

El aceite es muy importante en las máquinas porque la protege del desgaste, controla su temperatura y elimina sus impurezas. Cuando el aceite presenta altos grados de contaminación y/o degradación, no cumple con estas funciones y la máquina comienza a fallar.

La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina cuando está operando o cuando acaba de detenerse.

El grado de contaminación del aceite está relacionado con la presencia de partículas de desgaste y de sustancias extrañas, por tal razón es un buen indicador del estado en que se encuentra la máquina. El grado de degradación del aceite sirve para determinar su estado mismo porque representa la pérdida en la capacidad de lubricar producida por una alteración de sus propiedades y la de sus aditivos.

#### *Organización del programa de mantenimiento predictivo*

Un estricto y constante seguimiento de las vibraciones de las máquinas proporciona un aviso previo a un fallo que puede obligar a su paro repentino, con lo que esto puede conllevar desde el punto de vista de producción.

A la vez, este tipo de mantenimiento puede disminuir costes en los cambios de elementos programados y que todavía pueden continuar

trabajando por más tiempo. Es por tanto una forma de mejorar la eficiencia de un mantenimiento preventivo.

En la organización del mantenimiento predictivo son importantes los siguientes nueve pasos:

#### 1. Reconocimiento de la planta

En primer lugar, antes de la implantación del mantenimiento predictivo es preciso decidir la necesidad y eficacia en una empresa. Esta decisión estará en función del tipo de máquinas, de la cantidad y de su importancia en el proceso.

#### 2. Selección de las máquinas

Dentro de una fábrica se hará un estudio de vibraciones de acuerdo a un calendario establecido de aquellos equipos que forman parte del proceso de producción de una forma esencial, es decir, de aquellos cuyo fallo provocaría pérdidas importantes desde el punto de vista de producción, por pérdidas económicas, dificultad y cantidad de tiempo en volver a arrancar.

De igual modo, se seguirá de forma constante la parte de la maquinaria que por su tamaño o valor económico, productivo sean importantes para la empresa.

#### 3. Elección de técnicas óptimas para verificar

Forma de efectuar la verificación, decidir qué, cómo, cuándo, dónde se han de realizar las mediciones.

#### 4. Implantación del predictivo

El programa de implantación del predictivo debe contener:

- Máquinas a estudiar.
- Sistema de medición, toma de datos y análisis de los mismos.
- Datos para comparar.
- Conocimiento del tipo de mantenimiento y de los medios para tomar datos.

#### 5. Fijación y revisión de datos y límites de condición aceptable

Para fijar un límite según valores que pueden llamarse normales es esencial contar con un histórico de datos obtenido en repetidas mediciones. Un valor medio de los datos obtenidos dará el nivel de vibración aceptable de cada uno de los puntos medidos. Los límites que marcan que un valor sea aceptable serán fijados según este histórico de datos y de la experiencia.

Al principio, cuando no se tiene un conjunto de valores que permitan estimar si una vibración está dentro de los límites que marcan su normalidad, la aceptación de un valor se hará mediante las instrucciones del fabricante y con las gráficas de severidad.

#### 6. Mediciones de referencia

Siempre se tendrá una medida de referencia con la que se compararán cada una que se tome para ver si está entre los límites de aceptabilidad.

#### 7. Recopilación, registro y análisis de las tendencias.

Aquí se tratará de detectar un posible defecto en la máquina.

#### 8. Análisis de la condición de la máquina

En este paso se confirmará si existe realmente un fallo y se determinarán sus causas y la evolución que pueden sufrir.

#### 9. Corrección de fallos

##### *Análisis de vibraciones*

La esencia del estudio de vibraciones es realizar el análisis de las mismas. El análisis de datos consta de dos etapas: adquisición e interpretación de los datos obtenidos al medir la vibración de la máquina. El fin a alcanzar es determinar las condiciones mecánicas del equipo y detectar posibles fallos específicos, mecánicos o funcionales.

La adquisición de datos es el primer y principal paso a dar para hacer un análisis de vibraciones. Los datos a tomar, desplazamiento, velocidad o aceleración dependerán de la velocidad de la máquina, de acuerdo con su relación equivalente de frecuencia ( $\text{rpm}=\text{cpm}$ ). Así, para bajas rpm, (bajos cpm), se tomarán datos de desplazamientos. Para velocidades que estén dentro del orden de 600 y 60.000 rpm, se medirán velocidades. Y para los que sean de orden superior, los datos a tomar serán aceleraciones (fig. 5).

Pasos a seguir en la adquisición de datos:

1. Determinación de las características de diseño y funcionamiento de la máquina, como son: velocidad de rotación de la máquina, tipo de rodamiento, engranaje y condiciones del entorno en que esté situada como es el tipo de apoyo, acoplamientos, ruido, etc. También habrá que tener en cuenta las condiciones de funcionamiento como

velocidad y cargas entre otras que normalmente afectarán a las mediciones de vibración.

2. Determinación de la finalidad de la vibración que podrá incluir:

Medidas de rutina para detectaren un momento determinado un posible fallo y determinar las causas que lo originan.

Medidas para crear un histórico de datos y con él obtener un valor de base, sobre el que estará el valor de vibración que deba tener la máquina cuando sus condiciones de trabajo sean normales.

Toma de datos antes y después de una reparación, la medida de antes pondrá de manifiesto el problema, elemento defectuoso y será más eficaz así su reparación. Después de la reparación se tomarán medidas que indiquen la evolución del elemento sustituido o la corrección del defecto existente.

3. Selección de los parámetros de medición: desplazamiento, velocidad, aceleración, spike energy. Ellos determinarán el transductor a utilizar.

4. Determinación de posición y dirección de las medidas con los transductores, la vibración se tomará generalmente en rodamientos de la máquina o puntos donde sea más probable un fallo por acoplamiento, equilibrio, puntos donde se transmitan las fuerzas vibratorias.

Los tres sentidos principales en una medición son horizontal, vertical y axial. Sentidos radiales son horizontal y vertical, y se toman con eje del transductor a 90° respecto al eje de rotación, como se observa en la

5. Selección del instrumento de medición y transductores.

6. Determinación del tipo específico de datos requeridos para la interpretación de las medidas realizadas. Así se ahorrará tiempo a la hora

de realizar las medidas y se obtendrá de estas, información más útil en el análisis.

Los datos obtenidos pueden ser: valores de magnitud total, espectro de frecuencias amplitud-frecuencia que indica el tipo de problema existente,



amplitud-tiempo para vibraciones transitorias rápidas o vibraciones muy lentas, spike energy en rodamientos, engranajes y problemas de cavitación

7. Toma de datos. Paso esencial en el análisis, precisa de atención y fiabilidad de las medidas tomadas.

A la hora de la adquisición de datos es importante tener en cuenta:

- Secuencias de medición, tomar datos correctos y lo más rápido posible, evitan tiempo perdido.
- Lugar de toma de datos siempre será el mismo, con el transductor unido de una forma firme, para la veracidad de los datos.
- Seguimiento de la máquina, es decir, mantener un contacto con los operarios que trabajan con ella y los de mantenimiento, ellos serán las personas que conocen de cerca la máquina.
- Controlar el entorno exterior de la máquina, aspecto, ruido, etc.
- Atender tendencias inesperadas. Estar preparado para tomar mas datos, medidas cuando pueda haber signos de algún problema.
- Mantener sólo datos coherentes, tomados con precisión.
- Comparar con máquinas similares y en igual forma de trabajo.

Por tanto, se puede decir que la toma de datos es un paso esencial para un buen análisis de vibraciones. Para una buena interpretación de los datos es necesario tener unos datos fiables que hayan sido tomados de una forma metódica y precisa. Así podrá hacerse un diagnóstico de algún problema lo más exacto posible.

### **2.2.6. Distribución de Planta**

D' Alessio (2016) señala que la planificación y distribución de planta determina la eficiencia y, en muchos casos, la supervivencia de una empresa. Por tanto, la distribución de planta implica el ordenamiento físico de los elementos productivos, que incluye los espacios necesarios para el movimiento del material y personal, la ubicación de activos, almacenamiento, y todas las actividades o servicios que permitan el óptimo desenvolvimiento de las operaciones.

La mejora en la distribución de planta y la técnica para mejorar la productividad y reducir los costos, solo es superada por la instalación de nuevas máquinas y tecnología para la producción.

Muther (1977) afirmó que una buena distribución de planta trae consigo muchas ventajas para la empresa, tanto en términos económicos por la

reducción de los costos, operativos, como mejora en las condiciones laborales; las principales ventajas son:

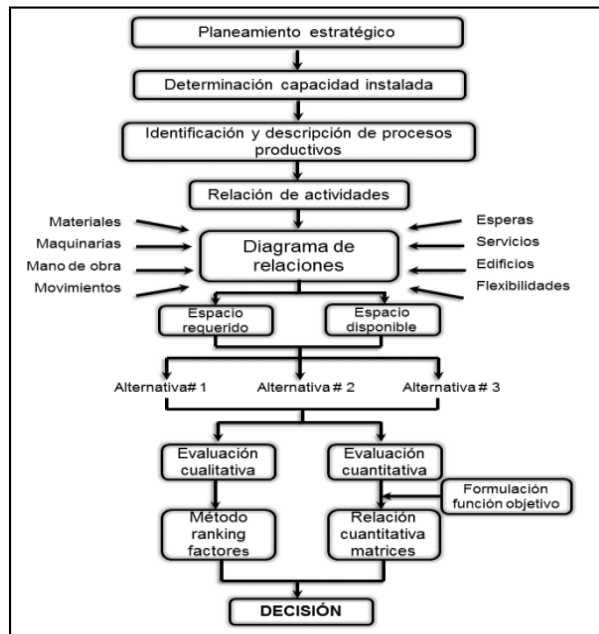
- La reducción de los riesgos para la salud y aumento de la seguridad
- La simplificación del proceso productivo
- El incremento de la producción y de la productividad
- La disminución de los retrasos de la producción
- La utilización eficiente del espacio
- La mejor utilización de la maquinaria, mano de obra
- La reducción de la manipulación de los materiales
- La reducción del material en proceso
- Supervisión más fácil y mejor

#### **2.2.6.1. Tipos de distribución de Planta**

D' Alessio (2016) afirma que la distribución de planta puede clasificarse según el flujo de trabajo y la función del sistema productivo:

- *Distribución por producto:* Es un arreglo basado en la secuencia de operaciones que se realizan durante la fabricación de un producto o familia de productos similares, es decir, cuando existe una línea de diferentes tipos de máquinas dedicadas exclusivamente a un producto específico o a un grupo de productos afines.
- *Distribución por proceso:* Es un arreglo por el cual los equipos o funciones similares se agrupan, es decir, cuando las máquinas y personas que ejecutan un mismo tipo de operación están juntas y los diferentes tipos de productos se mueven a través de ellas.
- *Distribución celular:* Es un arreglo temporal de maquinaria y equipo que se agrupa con el fin de fabricar un producto o grupo de productos relacionados, dentro de una instalación generalmente orientada al proceso. La organización en células se utiliza cuando el volumen de producción justifica un arreglo especial de maquinarias y equipos

Diagrama N° 3 Modelo de un Diseño de Planta



Fuente: D'Alessio, F. (2016)

**2.2.6.2. Diagrama de relaciones entre actividades**

Se trata de un cuadro en el que se relacionan las diferentes actividades que tienen lugar en la industria extractora. La tabla relacional establece las relaciones de proximidad o alejamiento entre las actividades y permite integrar las áreas de servicio complementarias, como los aseos y oficinas, donde no existe flujo de productos.

En la Tabla N° 3 se puede observar la nomenclatura utilizada como referencia para identificar las se muestran los criterios observados para establecer las relaciones entre los las áreas.

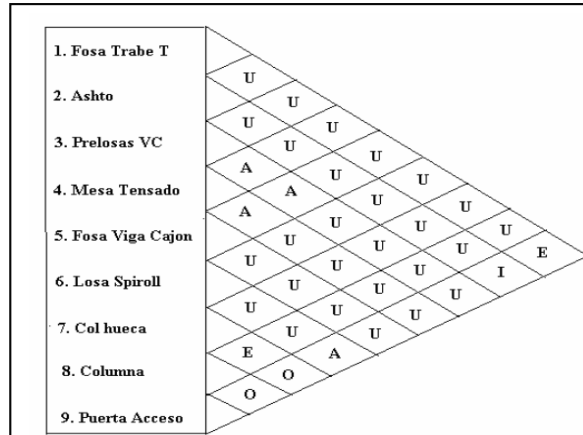
Tabla N° 3 Clasificación de cercanía

RELACIÓN	DEFINICIÓN
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Proximidad ordinaria
U	Sin importancia
X	No deseable

Fuente: D' Alessio, F. (2016)

A continuación se elabora las relaciones entre actividades mediante el siguiente diagrama:

Diagrama N° 4 Diagrama de relaciones entre actividades



Fuente: D' Alessio, F. (2016)

**2.2.7. Diagrama de análisis de procesos**

El DAP, es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y los almacenamientos que ocurren durante un proceso o procedimiento. Comprende toda la información que se considera deseable para el análisis tal como tiempo necesario y distancia recorrida.

Diagrama N° 5 D.A.P.

D.A.P. FLUJO DEL PROCESO (QUESO FRESCO EN SACOS CERO GRASA)					Operaciones	4		
					Transporte	1		
					Inspección	1		
					Demoras	1		
					Almacenamiento	1		
Recursos Humanos	Distancia en Metros	Tiempo en Minutos	Operación	Transporte	Inspección	Demoras	Almacenamiento	ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/>
								PROPUESTO <input type="checkbox"/>
								DESCRIPCIÓN
			○	→	■	□	▽	Pesado
			○	→	■	□	▽	Inspección de leche
			○	→	□	□	▽	A descremado
			●	→	□	□	▽	Descremado
			○	→	□	□	▽	A tanque de descremado
			○	→	□	□	▽	Tanque de descremado
			○	→	□	□	▽	A pasteurizado
			●	→	□	□	▽	Pasteurizado
			○	→	□	□	▽	A tanque producto en proceso

Fuente: D' Alessio, F. (2016)

## 2.2.8. Número Óptimo de Volquetes

### 2.2.8.1. Factor de Acoplamiento

Gómez, S. (2014) afirma que el Factor de Acoplamiento determina el número de unidades de transporte para cada unidad de carguío.

Para llegar al grado deseado de eficiencia, es indispensable una muy buena coordinación entre los equipos, sobre todo para las actividades de carga y transporte de material.

Para conseguir lo anteriormente mencionado, es necesario atender los siguientes factores:

- La adecuada combinación entre las dimensiones de los equipos tanto de carga como de acarreo, de tal forma que no se originen paras en el ciclo ni aumentos excesivos en los tiempos del mismo.
- Elección de la cantidad de equipos de transporte y carga necesarios. Esto debe efectuarse una vez conocidos los modelos de los mismos, el tipo o tipos de material a transportar, y las distancias y vías por las que se efectuará el acarreo.

Con el cálculo del F.A se busca determinar la cantidad óptima de unidades de transporte asociadas a un equipo de carguío determinado. En líneas generales, podemos definir el Factor de Acoplamiento de la siguiente manera:

$$FA = \frac{T \cdot n}{N \cdot y \cdot t}$$

Donde:

N: Número de equipos de transporte

n: Número de equipos de carguío

T: Tiempo de ciclo de cada unidad de trasporte

t: Tiempo de ciclo de cada unidad de carguío

y: Número de paladas requeridas para llenar la tolva de un equipo de transporte

## 2.3. Definición de términos

➤ **Bocamina:**

La entrada a una mina, generalmente un túnel horizontal.

➤ **Demoras operativas:**

Son las actividades realizadas momentos antes del uso del equipo y después de acabada la operación como inspección del área labor, traslado en interior mina entrega de ticket y coordinación.

➤ **Echaderos:**

Es una labor minera vertical, donde se acumula el mineral para luego trasladarlo a superficie.

➤ **Eficiencia:**

La palabra eficiencia proviene del latín eficiencia, que en español quiere decir: 'acción', 'fuerza', 'producción'. Se define como 'la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un objetivo determinado con el mínimo de recursos posibles viable'. No debe confundirse con eficacia, que se define como 'la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera'.

➤ **Fallas mecánicas:**

Falla es una condición no deseada que hace que la maquinaria no desempeñe una función para la cual existe. Comparación de lo que está sucediendo con lo que debería suceder

➤ **Mineral:**

Cuerpo sólido que puede aparecer de formas muy diversas en la naturaleza ya sea aislado o como componente fundamental de las rocas.

➤ **Rampa:**

Es una labor inclinada desarrolladas sobre roca o material estéril, para el acceso de equipos y maquinarias desde la superficie o entre los niveles. Permite la extracción del mineral por medios rápidos y flexibles con equipos de bajo perfil, además facilita el acceso de personal, materiales, insumos y herramientas

➤ **Taladros:**

Perforaciones realizadas por maquinaria perforadora de 2 pulgadas de diámetro y 3.6 metros de longitud.

➤ **Voladura:**

El proceso de voladura comprende el cargue de los huecos hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma

➤ **Yacimientos**

Lugar en el que se encuentran de forma natural minerales, rocas o fósiles, especialmente cuando puede ser objeto de explotación.

# **CAPÍTULO 3**

# **DIAGNÓSTICO**



### **3.1. Descripción general de la empresa**

La Compañía. Minera Argentum S.A es una empresa dedicada a la actividad minera a través de las operaciones de exploración, extracción, tratamiento y comercialización de minerales. La empresa, tiene como principal producto el concentrado de cobre, plomo y zinc, con alto contenido de plata.

Esta compañía minera pertenece al grupo Pan American Silver Perú S.A.C., el cual está conformado por dos compañías, siendo la otra Pan American Silver Huaron S.A.

Está ubicada en el distrito de Morococha, de la provincia de Yauli en el departamento de Junín.

Las áreas con las que cuenta son:

- Producción (Operaciones mina)
- Medio Ambiente
- Logística
- Salud e Higiene ocupacional
- Sistemas y telecomunicaciones
- Energía y mantenimiento
- Proyectos
- Planeamiento
- Geología
- Topografía
- Recursos Humanos
- Contabilidad
- Tratamiento de minerales

Contando con un total de 2,300 trabajadores en toda la mina, entre administrativos y obreros.

#### **3.1.1.Misión**

Es misión de la empresa producir y comercializar concentrados de cobre, plomo y zinc procedentes de la explotación de la mina y desarrollar actividades de exploración geológica con el fin de asegurar las reservas de mineral que permitan la explotación económicamente rentable de la mina. Todas las actividades en la empresa deberán alcanzar elevados estándares de calidad, eficiencia, seguridad y costo para lograr que nuestros productos sean competitivos en el mercado internacional de los metales.

Como resultado de nuestras operaciones se deberá lograr altos índices de valor económico agregado y de crecimiento sostenido para la empresa. Esto se debe alcanzar mediante la óptima integración de los recursos humanos, tecnológicos y de gestión en un ambiente que propicie la iniciativa responsable, el bienestar y la seguridad de todos los trabajadores. Las actividades en la zona de influencia de nuestras operaciones deberán cumplir con las normas vigentes de protección del medio ambiente, esto debe ser responsabilidad solidaria de cada uno de los trabajadores.

### **3.1.2. Visión**

Nuestra visión es ubicarnos entre las mejores empresas en el Perú en la minería y nuestro compromiso es la constante mejora de los niveles de calidad, productividad y seguridad en todas las operaciones, así como el rendimiento económico de los recursos puestos a disposición por los accionistas.

Fomentamos la innovación tecnológica permanente y la participación creativa de todos los trabajadores en la búsqueda de mejores, seguras y más eficaces formas de exploración, explotación, producción y gestión administrativas.

Propugnamos que nuestro recurso más valioso son nuestros trabajadores por lo que nos sentimos comprometidos con su desarrollo, su seguridad y su bienestar en la empresa.

La mística de pertenecer al grupo Pan American Silver será el sello distintivo de todas las actividades de nuestros trabajadores.

Proteger y conservar el medio ambiente es nuestra meta permanente, por lo que nos esforzaremos para que nuestras actividades alcancen en este ámbito alto niveles, técnicamente y económicamente viables.

### **3.2. Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis**

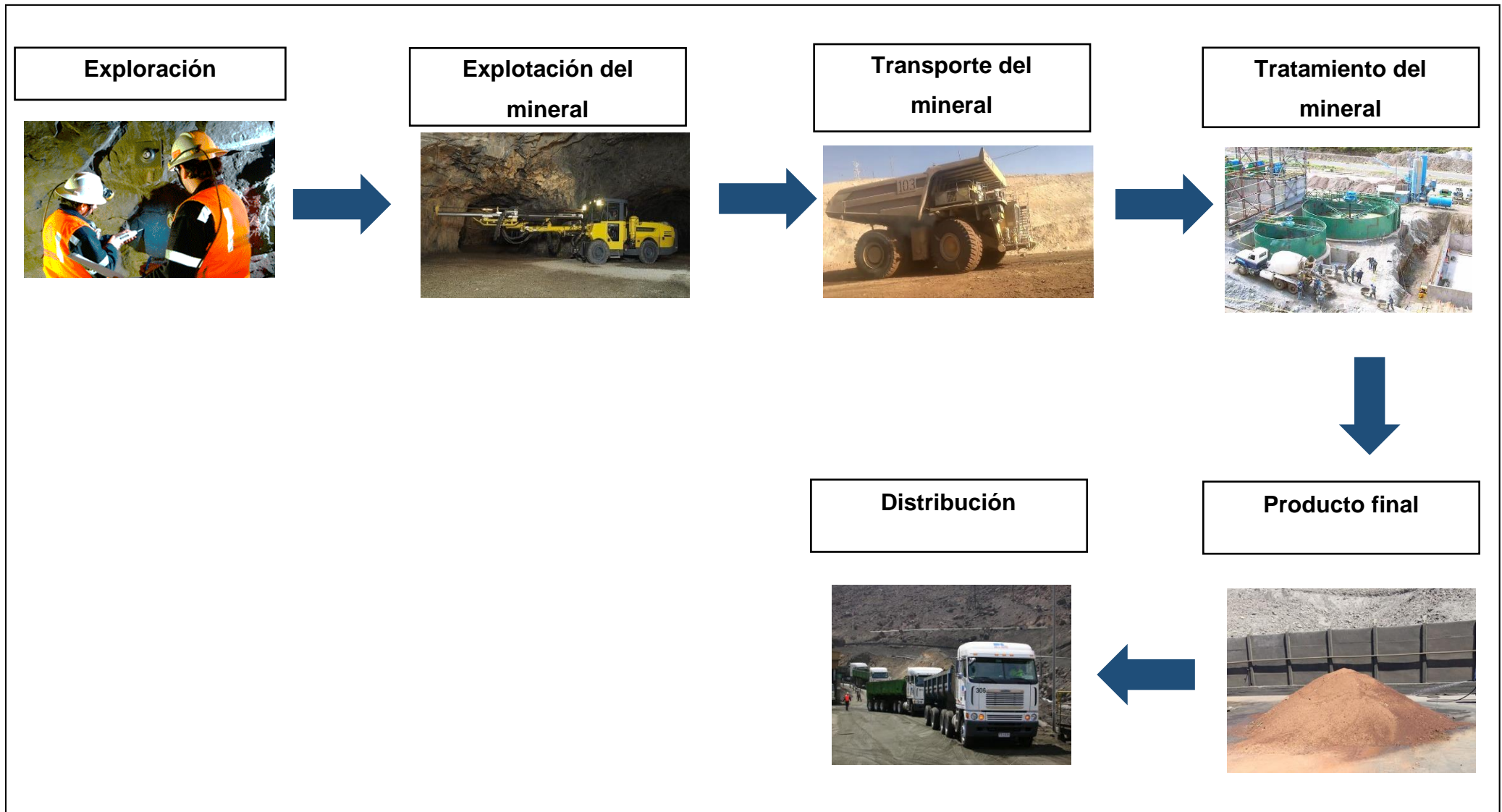
La empresa Argentum S.A. tiene como producto final el concentrado de cobre, plomo y zinc, para la obtención de éstos sigue las siguientes etapas:

- A. *Exploración:* El proceso de se inicia con búsqueda de mineral mediante sondajes diamantinos (huecos de 2 pulgadas de diámetro) estos pueden llegar hasta 1,200 m, es realizada por el área de Geología, encargada de ubicar las reservas de mineral.
- B. *Explotación:* Después se inicia la etapa de explotación del mineral, aquí se encarga el área de producción (mina), se realizan perforaciones con maquinaria Jumbo. Se realizan diseños de mallas de perforación de 4x4 metros, los topógrafos miden las secciones a perforar. Se inicia la

perforación, luego la voladura aquí se utiliza explosivos y accesorios de explosivos como dinamita, emulsiones, anfo. Dependiendo de la evaluación del área explotada se hace un sostenimiento donde se le incorporan pernos o cemento. Si la roca es estable se ponen pernos puntuales, el área de geomecánica evalúa esto. Se extrae el mineral con la maquinaria Scoop y se realiza una limpieza

- C. *Tratamiento:* Este mineral es transportado por volquetes hacia superficie, se coloca el mineral en una faja transportadora para iniciar el chanchado primario donde se tritura para obtener una granulometría de 6 pulgadas, seguidamente pasa a chancado secundario donde se disminuye el diámetro, pasa a molienda donde se obtiene como un polvo, pasa a unas celdas de flotación donde se le incorporan reactivos que separan el cobre, plomo y zinc. Se obtiene como productos finales concentrado de cobre, plomo y zinc.
- D. *Distribución:* Dentro de esta etapa la empresa subcontrata la flota de camiones encargados de transportar los concentrados de cobre, así como también los de zinc y plomo, hasta su almacén o centro de distribución ubicado en el Callao, Lima.

Diagrama N° 6 Proceso productivo Compañía Minera Argentum S.A.



Fuente: Elaboración Propia

Se analizará el proceso de explotación del mineral que a su vez está compuesto por labores unitarias de la siguiente manera:

A. *Perforación*: Este proceso es realizado por una maquinaria denominada Jumbo el cual perfora aproximadamente 40 taladros en un frente o túnel que tiene una sección de 4x4. Éstos taladros son unos huecos de 2 pulgadas de diámetro y 3.7 m de longitud.

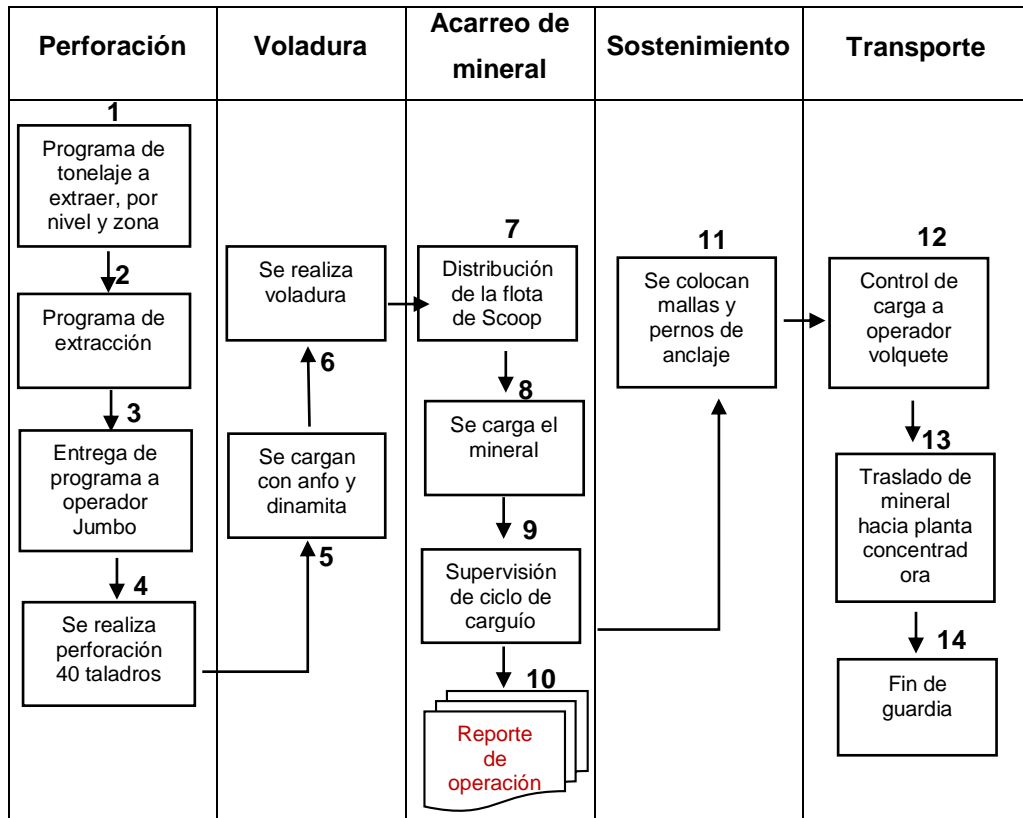
B. *Voladura*: Los taladros se cargan con explosivos y luego se realizan disparos.

C. *Acarreo del mineral*: Después de realizar la voladura se limpia toda la carga que puede ser mineral y desmonte, esta limpieza la ejecuta un equipo mecánico denominado Scoop. Este mineral es acumulado en unas cámaras, para luego cargarlo a los volquetes.

D. *Sostenimiento*: Después de limpiar el túnel o frente se sostiene esa parte que se avanzó aproximadamente 3.50 metros, con pernos de anclaje de 2.2 metros y malla. Cuando la roca es muy débil se utiliza otro tipo de sostenimiento que es en base a concreto lanzado, es decir el cemento coloca en la parte que se requiere sostener, entonces es aquí donde queda en frente o túnel listo para que reingrese el Jumbo nuevamente a perforar.

E. *Transporte*: Los Scoop desde las zonas mineralizadas cargan a los volquetes el mineral y estos volquetes lo trasladan a superficie dejándolo en la planta concentradora para que en la planta realicen el tratamiento de mineral, los volquetes trasladan 2,000 toneladas diarias de mineral o 60,000 toneladas al mes.

Diagrama N° 7 Proceso de Explotación de mineral



Fuente: Elaboración Propia

A partir de los subprocesos señalados la investigación se centrará en las operaciones de **perforación, acarreo y transporte de mineral.** ( VER ANEXO N°1)- Las operaciones mencionadas, son procesos clave para la obtención del concentrado de cobre, plomo y zinc, durante el año 2016 el área más costosa fue la operaciones mina, como se muestra en la Tabla N°4

Tabla N° 4 Costos por Área Mina Argentum S.A.

Costos Mina Argentum S.A. 2017 ( miles \$)						
Área	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Mine</b>	<b>3,186</b>	<b>3,920</b>	<b>2,954</b>	<b>2,065</b>	<b>2,069</b>	<b>3,192</b>
Processing	329	277	295	327	332	303
Planning & Engineering	83	90	94	98	102	99
Geology	98	82	81	93	100	97
Safety & Environ	151	104	117	126	121	231
General Maintenance	694	623	635	642	659	634
Electric System	473	392	445	483	505	445
Camp Administration	532	45	535	489	608	554

Fuente: Mina Argentum S.A.

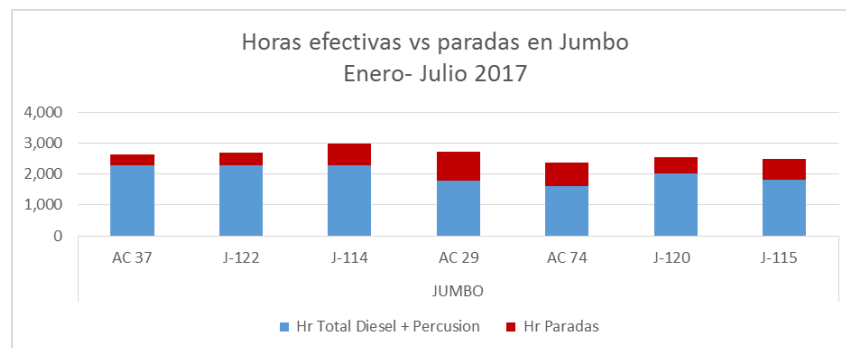
El costo promedio mensual de explotación de mineral es aproximadamente de 3 millones de dólares. Esta cifra es para producir mensualmente 60,000 toneladas de mineral bruto.

Los problemas que presenta esta área son en horas de parada por fallas mecánicas en equipos de perforación, una falta de control de uso de materiales de perforación, falta de planificación de utilización de volquetes, deficiente capacitación de personal para la labor de perforación, ausencia de control de demoras no operativas en el proceso de perforación y falta de una distribución óptima de echaderos.

### 3.2.1. CR1 Falta de mantenimiento predictivo

La empresa cuenta con 7 Jumbos hidráulicos los cuales son operados en 2 guardias donde cada guardia consta de 10.25 horas, cada unidad es operada por 1 operario y 1 ayudante, durante el primer semestre 2017 se registraron 624 horas paradas por falla mecánica entre los 7 jumbos.

Gráfico N° 1 Horas efectivas vs horas paradas Jumbo Enero- Junio 2017



Fuente: Mina Argentum

Además las horas en que el equipo no es utilizado está directamente relacionado con la disponibilidad mecánica, este indicador se encuentra debajo de la meta la cual es 85%.

Tabla N° 5 Cuadro resumen Jumbo Enero-Junio 2017

Cuadro resumen Jumbo Enero-Junio 2017								
Equipo	Jumbo	Hr Total Diesel + Percusion	Hr Paradas	Metros perforados Jumbo	Hr Mantenimiento Preventivo	Guardias	Horas Totales	Disponibilidad
JUMBO	AC 37	2,275	360	132,606	34	418	2,669	85%
	J-122	2,277	414	98,635	33	364	2,774	86%
	J-114	2,272	698	85,645	110	378	3,080	74%
	AC 29	1,771	941	80,309	74	354	2,785	66%
	AC 74	1,614	753	73,259	103	322	2,470	64%
	J-120	2,012	538	78,048	34	347	2,584	76%
	J-115	1,812	664	74,926	65	344	2,541	71%

Fuente: Elaboración propia

El costo por realizar la operación de perforación es de \$65 la hora, esta cifra incluye la mano de obra, los materiales para la perforación, indumentaria y limpieza del mineral.

El indicador donde se mide la efectividad del Jumbo es por los metros de avance, entonces las horas en que el equipo está parado se incurren en una pérdida mensual de \$46,799 y dejo de avanzar 1,979 metros mensuales.

### 3.2.2. CR2 Falta de control de materiales de perforación

Para realizar la labor de perforación se utilizan 3 tipos de materiales: Shank, broca y barras. No existe un control eficiente del uso de estos materiales, cuando se inicia la labor, se retira de almacén la cantidad necesaria para una guardia, sin embargo se tiene los mismos metros perforados en promedio y se utilizan más materiales.

Las principales causas del incremento de materiales de perforación, son la falta de supervisión a los operarios, pérdida de material, y ausencia de políticas de evaluación a nuevos proveedores de materiales.

En la siguiente tabla se muestra los metros perforados y la cantidad de material utilizado:



Tabla N° 6 Materiales utilizados para perforación 2017

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Jumbo (metros perforados)	<b>57,641</b>	<b>57,641</b>	<b>57,641</b>	<b>57,641</b>	<b>57,641</b>	<b>57,641</b>
Brocas und	7,847	8,474	8,082	7,690	8,843	8,228
Barras und	14,324	12,892	15,613	14,052	14,052	15,613
Shank und	6,277.23	6,779.41	6,465.55	6,151.69	7,074.44	6,582.30

Fuente: Mina Argentum S.A.

Como se puede observar, se obtiene en promedio los mismos metros perforados con más materiales de perforación.

El costo de material por cada metro perforado base es de 0.50, sin embargo aumentó a 0.64 \$/metro. Esto significa una pérdida mensual de \$10,377.

### 3.2.3. CR3 Ausencia de una planificación del uso de volquetes

Los volquetes son utilizados para transportar el mineral y desmonte desde los echaderos hasta la superficie, este servicio es subcontratado.

El pago que se le realiza al proveedor anticipadamente, es por toneladas transportadas y kilometraje.

En la siguiente tabla se muestran las toneladas que se esperaron transportar vs las que se transportaron. Para esta guardia se proyectaron utilizar 11 volquetes.

Tabla N° 7 Rendimiento Volquete por guardia

Tipo	Zona	Nivel	Zona	Distancia (km)	TN	Costo \$ km-TN	Costo total
MINERAL	Alapampa	nv 160	Cancha de mineral	9.5	134	0.22	280
DESMONTE	Alapampa	nv 160	nv 460 superficie	3.76	189	0.22	156
MINERAL	Codiciada	nv 310	Cancha de mineral	8.5	145	0.22	271
MINERAL	Codiciada	nv 260	Cancha de mineral	9	139	0.22	275
MINERAL	Codiciada	tj 026	Cancha de mineral	7.3	161	0.22	258
DESMONTE	Codiciada	nv 310	nv 460 superficie	3	211	0.22	139
MINERAL	Manuelita	tv manuelita	Cancha de mineral	3.6	243	0.22	192
DESMONTE	Manuelita	tv manuelita	nv 460 superficie	6.8	134	0.22	201
DESMONTE	Codiciada	nv 460 sierra nev	nv 460 superficie	8.5	115	0.22	216
MINERAL	Alapampa	Nv 100	Cancha de mineral	11	120	0.22	291
TOTAL \$ /guardia							<b>2,279</b>
TOTAL \$ /día							<b>4,558</b>
TOTAL \$ /mes							<b>136,728</b>

Fuente: Mina Argentum S.A.

El monto que se paga en el mes es de \$ 136,728, no obstante en el mes no se obtuvo las toneladas esperadas entonces se incurre en un costo de la capacidad del volquete que no fue utilizado.

Tabla N° 8 Rendimiento real por guardia

Tipo	Zona	Nivel	Zona	Distancia (km)	TN	Costo \$ km-TN	Costo total
MINERAL	Alapampa	nv 160	Cancha de mineral	9.5	100	0.22	209
DESMONTE	Alapampa	nv 160	nv 460 superficie	3.76	189	0.22	156
MINERAL	Codiciada	nv 310	Cancha de mineral	8.5	145	0.22	271
MINERAL	Codiciada	nv 260	Cancha de mineral	9	135	0.22	267
MINERAL	Codiciada	tj 026	Cancha de mineral	7.3	86	0.22	138
DESMONTE	Codiciada	nv 310	nv 460 superficie	3	180	0.22	119
MINERAL	Manuelita	tv manuelita	Cancha de mineral	3.6	157	0.22	124
DESMONTE	Manuelita	tv manuelita	nv 460 superficie	6.8	125	0.22	187
DESMONTE	Codiciada	nv 460 sierra nev	nv 460 superficie	8.5	112	0.22	209
MINERAL	Alapampa	Nv 100	Cancha de mineral	11	57	0.22	138
TOTAL \$ /guardia							<b>1,819</b>
TOTAL \$ /día							<b>3,639</b>
<b>TOTAL \$ /mes</b>							<b>109,166</b>

Fuente: Elaboración Propia

Esta desviación genera una pérdida mensual de \$ 27,562 y se tiene el uso de capacidad del 84 %.

#### 3.2.4. CR4 Inexistencia de control de demoras no operativas

Los operadores de la maquinaria Jumbo trabajan 10.25 horas, sin embargo las horas efectivas de trabajo son de 4.90.

El análisis, corresponde a los tiempos operativos, demoras operativas, demoras no operativas y demoras por fallas mecánicas o eléctricas. En la siguiente tabla se detallan las horas operativas, es decir las efectivas:

Tabla N° 9 Tiempos operativos Jumbo- Julio 2017

<b>REPORTE DE TIEMPOS OPERATIVOS DE OPERADOR DE JUMBO JULIO 2017</b>	
<b>Actividades</b>	<b>HORAS</b>
Perforación de taladros en frente	21.90
Carguío de taladros , amarre	15.60
Perforar para pernos o malla	6.47
Limpieza de frente	5.92
Instalando tubería	5.78
Desate de frente	3.07

<b>Actividades</b>	<b>HORAS</b>
Colocado de pernos	3.00
Preparación media caña, limpieza taladros	2.88
Instalando tubería de agua	1.42
regado de carga	0.82
colocado de mangas , o ventilador	0.37
ventilando labor	0.33
<b>Total</b>	<b>67.55</b>

Fuente: Mina Argentum S.A.

Como se puede observar las horas operativas en el mes de Julio-2017 fueron 67.55, para un trabajador.

Las demoras operativas, son las que se necesariamente se tienen para el proceso de perforación.

Tabla N° 10 Demoras Operativas Jumbo- Julio 2017

<b>REPORTE DE DEMORAS OPERATIVAS DE OPERADOR DE JUMBO JULIO 2017</b>	
<b>Actividades</b>	<b>Horas</b>
Esperando orden, esperando supervisor	9.68
Otras demoras operativas	4.92
Traslado equipo	2.88
Pintado de malla, gradiente	2.44
Esperando equipo	2.00
Falta de Agua	1.42
Traslado de explosivo	1.33
Llenado check list	0.88
Traslado otros materiales o herramientas	0.72
Demora por trafico en la vía	0.03
<b>Total</b>	<b>26.30</b>

Fuente: Mina Argentum S.A.

Las demoras no operativas, que se detallan a continuación, actualmente no tienen un control para disminuirse, como se sabe no agregan valor a la operación, en el mes de Julio sumaron 37.7 horas.

Tabla N° 11 Demoras no operativas Jumbo -Julio 2017

<b>REPORTE DE DEMORAS NO OPERATIVAS DE OPERADOR DE JUMBO JULIO 2017</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Horas</b>
Traslado personal	13.2
Refrigerio	9.8
Otras demoras no operativas	6.4
Charla seguridad	4.1
Reparto de guardia	3.4
Boleo	0.5
Esperando movilidad	0.3
<b>Total</b>	<b>37.7</b>

Fuente: Mina Argentum S.A.

Además, demoras por esperar a mecánicos y reparaciones sumaron 5.35 horas.

Tabla N° 12 Demoras mecánicas Jumbo- Julio 2017

<b>REPORTE DE DEMORAS MECÁNICAS -ELÉCTRICAS JULIO 2017</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Horas</b>
Reparación mecánica o eléctrica, esperando mecánicos	5.88
<b>Total</b>	<b>5.88</b>

Fuente: Mina Argentum S.A.

Entonces, las horas de demoras no operativas por guardia son de 2.90, las labores son de 2 guardias por día.

Tabla N° 13 Resumen tiempos Operador Jumbo- Julio 2017

<b>TIEMPOS EFECTIVOS Y DEMORAS</b>	<b>HORAS</b>	<b>HORAS/Guardia</b>
TIEMPOS OPERATIVOS	67.55	<b>5.20</b>
DEMORA OPERATIVA	26.30	<b>2.02</b>
<b>DEMORA NO OPERATIVA</b>	<b>37.68</b>	<b>2.65</b>
DEMORA : MECANICA-ELECTRICA	5.88	<b>0.45</b>
<b>TOTAL</b>	<b>137.420</b>	<b>10.57</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se trabajan mensualmente 60 guardias y las horas perdidas por demoras no operativas son 159, son 28 operadores de jumbo en toda la mina entonces las

horas totales son de 4452. El sueldo por hora de los operarios es de 1.92 \$. La pérdida mensual es de \$8,578.11.

### 3.2.5.CR5 Falta de capacitación para operarios

Las labores de perforación se realizan bajo la supervisión de técnicos, sin embargo se realizan re procesos debido a que los operadores de Jumbo no están suficientemente capacitados.

La empresa Argentum S.A. maneja una meta de Metros de avance por cada hombre-guardia, como ya se ha mencionado se trabaja 30 guardias por trabajador, además para la labor de perforación se tiene 2 personas 1 es el operador y el otro es ayudante.

La meta se establece de la siguiente manera:

Cantidad de Jumbos: 7

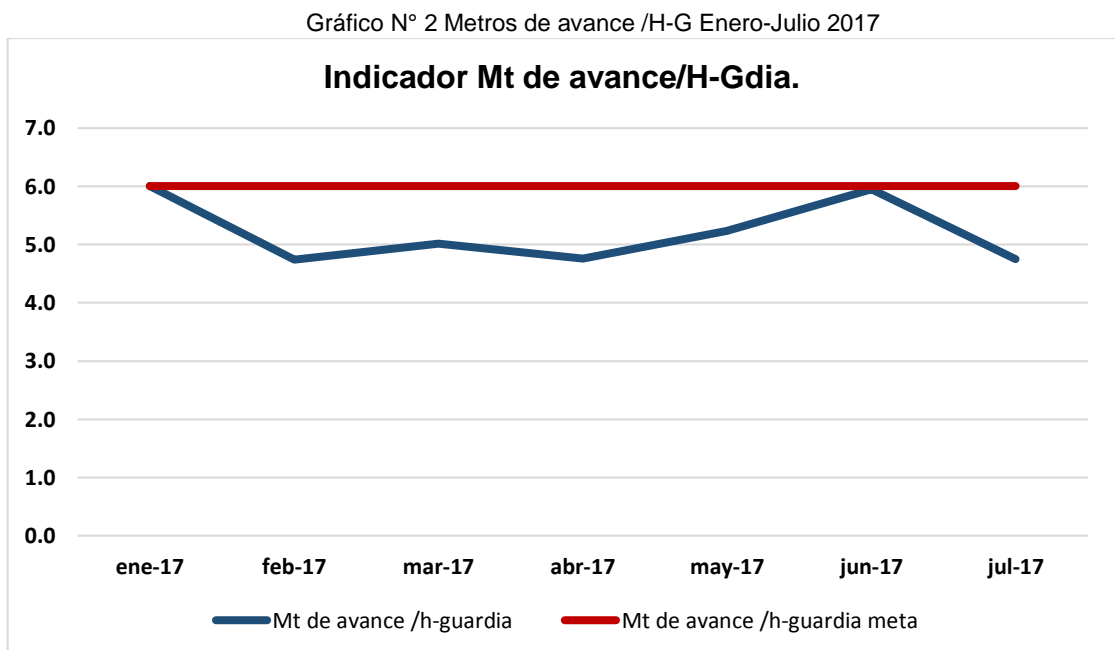
Cantidad de Operarios: 14

Cantidad de disparos mensuales: 120

Cantidad de metros por disparo: 3

**Cantidad de metros avance mensuales meta:  $3 \cdot 120 \cdot 7 = 2520$  metros de avance.**

El siguiente gráfico muestra que se está por debajo de la meta, por falta de capacitación.



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se analiza la desviación de los metros de avance / H-Gdia meta, teniendo en cuenta los metros de avance mensuales. En los meses de febrero a marzo se ve un valor por debajo de la meta.

Tabla N° 14 Diferencial Valor actual vs Valor meta Metros de avance/H-Gdia.

Mes	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17
Metros de Avance	2,520	1,990	2,105	2,000	2,200	2,500	1,994
Total personal	14	14	14	14	14	14	14
Mt de avance /h-guardia	6.0	4.7	5.0	4.8	5.2	6.0	4.7
Ton/h-guardia Objetivo	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Diferencial Valor actual vs Meta	0.0	-1.26	0.99	-1.24	-0.76	-0.05	-1.25
Diferencial % Valor actual vs Meta	0%	-21%	-16%	-21%	-13%	-1%	-21%

Fuente: Elaboración Propia

El costo por metro de avance es de 12\$ a continuación se muestran los metros que no se avanzaron por falta de capacitación en el método de perforación de Enero a Julio 2017

Mes	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17
Metros de avance meta	2,520	2,520	2,520	2,520	2,520	2,520	2,520
Metros de avance	2,520	1,990	2,105	2,000	2,200	2,500	1,994
DIFERENCIAL	0.00	530.00	415.00	520.00	320.00	20.00	526.00
Pérdida	\$0.00	\$6,360.00	\$4,980.00	\$6,240.00	\$3,840.00	\$240.00	\$6,312.00
Total personal	14	14	14	14	14	14	14

La pérdida mensual en promedio es de \$5,994.

### 3.2.6. CR6 Ausencia de una adecuada distribución de planta

Los echaderos son áreas destinadas para descargar el mineral, que luego éste es llevado por volquetes hacia la superficie.

La maquinaria que descarga el mineral en los echaderos es llamada Scoop, la empresa cuenta con 7 Scoops con capacidad de llenado 4.2 yd.

Las distancias aproximadas de recorrido son de 500 mt desde las zonas mineralizadas hasta los echaderos.

La siguiente tabla detalla los rendimientos de carguío por hora dependiendo de las distancias:

Tabla N° 15 Rendimiento Scoop

Capacidad	Eq.	Rendimiento SCOOP Ton/hr												
YD	codigo	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	350 m	400 m	450 m	500 m	550 m	600 m	650 m	700 m
4	S-412	65	53	44	38	33	30	27	24	22	21	19	18	17
	S-411													
	CT-83													
	CT 82													
	CT 33													
	CT 72													
	CT 71													

Fuente: Mina Argentum S.A.

Se analizó la zona Alapampa donde se tienen 3 echaderos los cuales están ubicados 500 metros de recorrido desde las zonas mineralizadas.

La siguiente tabla muestra el tiempo de traslado y el tiempo de ciclo que es 13.70, la pérdida es calculada por las toneladas que no se movieron por el tiempo de traslado.

Tabla N° 16 Recorrido Scoop por ciclo

RECORRIDO SCOOP								
Distancia	1 Carguío	2 Transporte. C/C	3 Descarga	4 Transporte. S/C	5 Maniobras	6 Bancos, dar pase etc.	Ciclo	Traslado
Metros	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos
50	1.35	0.67	0.34	0.58	0.44	0.59	3.96	1.25
100	1.35	1.33	0.34	1.17	0.44	0.59	5.21	2.50
150	1.35	2.00	0.34	1.75	0.44	0.59	6.46	3.75
200	1.35	2.67	0.34	2.33	0.44	0.59	7.71	5.00
250	1.35	3.33	0.34	2.92	0.44	0.59	8.96	6.25
300	1.35	4.00	0.34	3.50	0.44	0.59	10.21	7.50
350	1.35	4.67	0.34	4.08	0.44	0.59	11.46	8.75
400	1.35	5.33	0.34	4.67	0.44	0.59	12.71	10.00
450	1.35	5.80	0.34	5.19	0.44	0.59	13.70	10.99
<b>500</b>	<b>1.35</b>	<b>6.00</b>	<b>0.34</b>	<b>5.25</b>	<b>0.44</b>	<b>0.59</b>	<b>13.96</b>	<b>11.25</b>

Fuente: Mina Argentum S.A.

### Lucro cesante:

Capacidad de carguío: 21 ton/hora

El Scoop realiza 53 viajes por día, entonces el tiempo de traslado total mensual es de 298 horas, se deja de producir:

Cobre: 403 TN

Plomo: 118 TN

Zinc: 236 TN

El costo por hora para realizar la operación es de \$ 56.7

Entonces la pérdida mensual es de \$16,860.

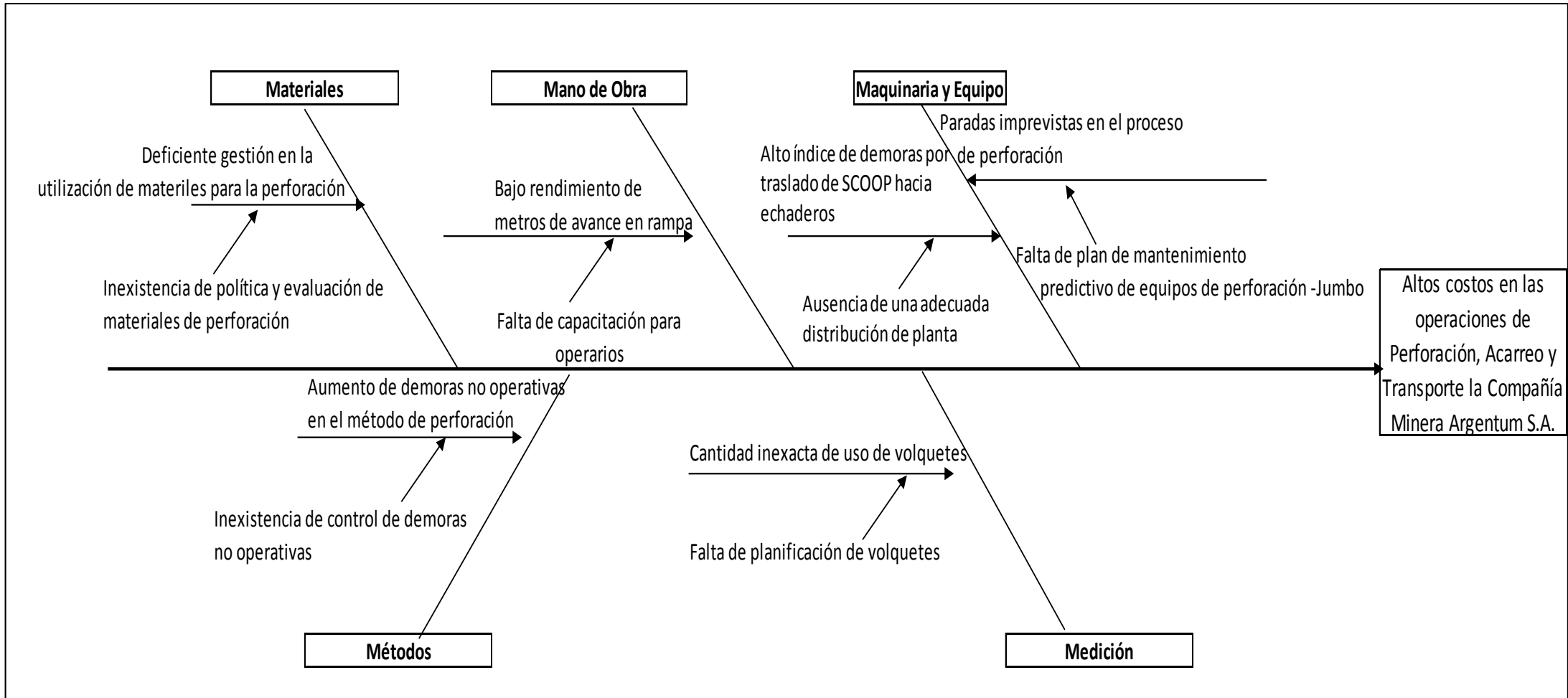
### **3.3. Identificación del problema e indicadores actuales**

La problemática radica en los altos costos en las operaciones de Perforación, Acarreo y Transporte de mineral de la Compañía Argentum S.A. Con la herramienta de Ishikawa se logró identificar las causas raíces: Mano de obra, Método, Materiales, Maquinaria y Medición.

Llegando a las causas raíces que son: Falta de mantenimiento predictivo en equipos de perforación Jumbo, Ausencia de una adecuada distribución de planta, Falta de plan de capacitación para operarios, Inexistencia de una política y evaluación de materiales de perforación, Falta de control en el uso de materiales de perforación y Falta de una planificación de volquetes, como se muestra en el Diagrama de Ishikawa:



Diagrama N° 8 Diagrama Ishikawa Mina Argentum S.A.



Fuente: Elaboración Propia

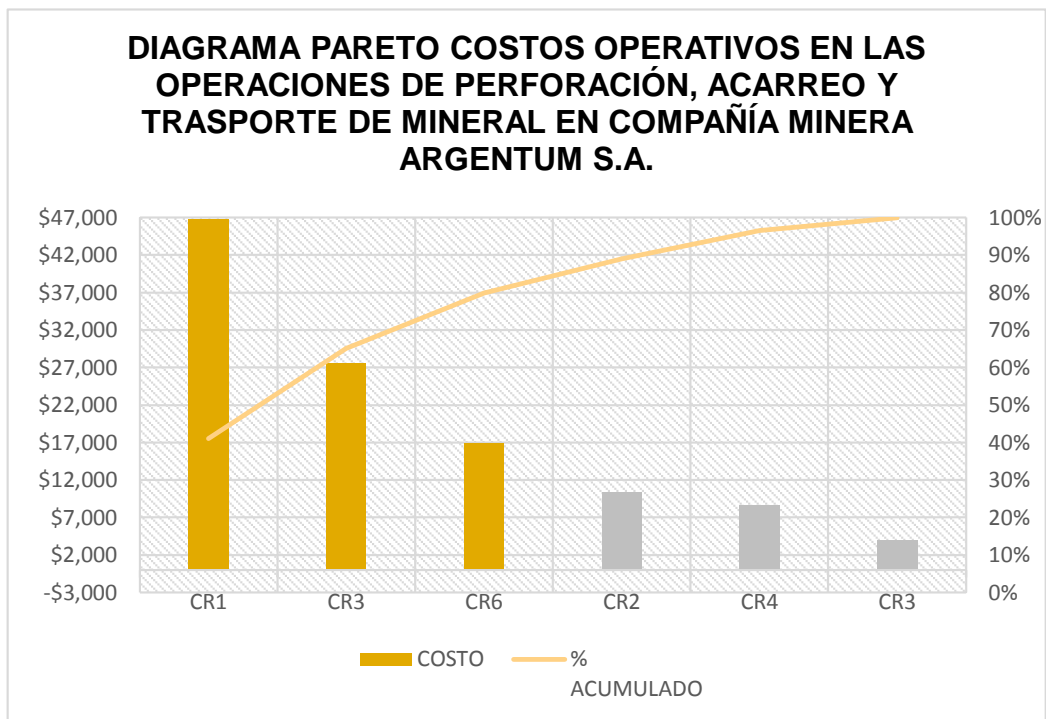
Se realizó un diagrama Pareto con los costos de las 6 causas raíces, y se priorizaron las que tenían el 80% del problema total:

Tabla N° 17 Pareto de Altos Costos Mina Argentum S.A.

CR	DESCRIPCION DE LA CAUSA RAZA	COSTO	% ACUMULADO
CR1	Falta de Plan de Mantenimiento Predictivo en los equipos de perforación Jumbo	\$46,799	41%
CR3	Ausencia de planificación de volquetes	\$27,562	65%
CR6	Ausencia de una adecuada distribución de planta	\$16,860	80%
CR2	Inexistencia de una política y evaluación de materiales de perforación	\$10,377	89%
CR4	Falta de un estudio de tiempos por guardia	\$8,564	97%
CR3	Falta de plan de capacitación para operarios	\$3,995	100%
TOTAL		\$114,158	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 3 Pareto Mina Argentum S.A.



Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1. Identificación de los indicadores

En la Tabla N° 17 se listan las causas raíces que han sido escogidas por el resultado del análisis Pareto por costos de los problemas hallados en esta las operaciones de perforación, acarreo y traslado de mineral. Estas causas se medirán a través de indicadores y así decidir la herramienta de mejora que servirá como propuesta para la empresa.

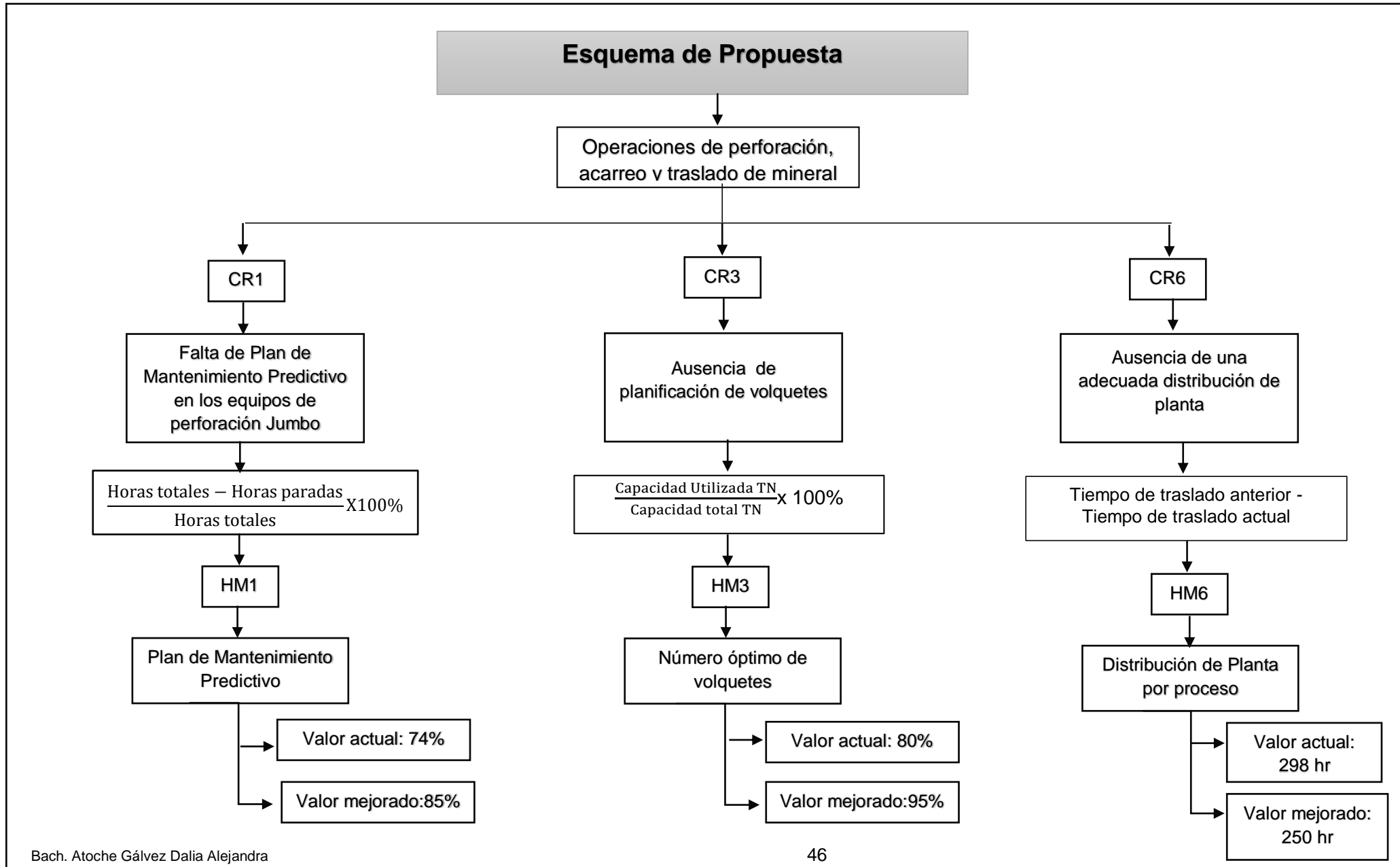
Tabla N° 18 Matriz de Indicadores

CAUSA RAÍZ	INDICADOR	FÓRMULA	VALOR ACTUAL	VALOR META	HERRAMIENTA DE MEJORA
Falta de Plan de Mantenimiento Predictivo en los equipos de perforación Jumbo	% Disponibilidad del Equipo	$\frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100\%$	74%	85%	Plan de Mantenimiento Predictivo
	Costo por falta de mantenimiento predictivo	Horas paradas * costo de H-perforación	\$46,799	\$25,350	
Ausencia de planificación de volquetes	% Utilización de Capacidad de Volquetes	$\frac{\text{Capacidad Utilizada TN}}{\text{Capacidad total TN}} \times 100\%$	84%	95%	Número óptimo de Volquetes
	Costo por falta de planificación de volquetes	Capacidad no utilizada TN* costo TN	\$27,562	\$6,461	
Ausencia de una adecuada distribución de planta	Índice de pérdidas de tiempo	Tiempo de traslado anterior - Tiempo de traslado actual	298 horas	198 horas	Distribución de planta
	Costo por una inadecuada distribución de planta	Horas perdidas x Costo hr	\$16,860	\$11,226	

Fuente: Elaboración Propia

# **CAPÍTULO 4 SOLUCIÓN PROPUESTA**

Diagrama N° 9 Esquema de la Propuesta



#### 4.1. Análisis de costos de causas raíces

##### 4.1.1. CR1 Falta de Plan de Mantenimiento Predictivo

La empresa Argentum S.A. para todas sus zonas tiene 7 Jumbos, la siguiente tabla detalla la disponibilidad mecánica de los meses de Enero a Julio 2017.

Equipo	Jumbo	Hr Tpoootal Diesel + Percusion	Hr Paradas	Metros perforados Jumbo	Hr Mantenimiento Preventivo	Guardias	Horas Totales	Disponibilidad
JUMBO	AC 37	2,275	360	132,606	34	418	2,669	85%
	J-122	2,277	414	98,635	33	364	2,774	86%
	J-114	2,272	698	85,645	110	378	3,080	74%
	AC 29	1,771	941	80,309	74	354	2,785	66%
	AC 74	1,614	753	73,259	103	322	2,470	64%
	J-120	2,012	538	78,048	34	347	2,584	76%
	J-115	1,812	664	74,926	65	344	2,541	71%

La pérdida por las paradas imprevistas es de \$46,799 como se detalla en el Capítulo 3.

Los equipos críticos para mantenimiento son 5, ahora se hace un análisis de las causas de las fallas mecánicas con el objetivo de determinar la parte del Jumbo (VER ANEXO N° 2) que necesita mantenimiento.

#### 4.2. HM1 Plan de mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo va de la mano con el mantenimiento preventivo, la empresa Argentum S.A. cuenta con un Plan de mantenimiento preventivo semanal, anual y mensual.

##### FASE1: Reconocimiento de la planta

Argentum S.A. esta ubicada en el distrito de Morococha a 4,550 m.s.n.m. Las operaciones de perforación son realizadas en las 3 Zonas: Manuelita, Codiciada y Alapampa.

El proceso de perforación se realiza por subniveles, la inclinación que presenta la superficie para seccionar las rampas son de 15% de gradiente. Entre cada subnivel se tiene 10 m de profundidad.

##### FASE 2: Selección de Maquinaria

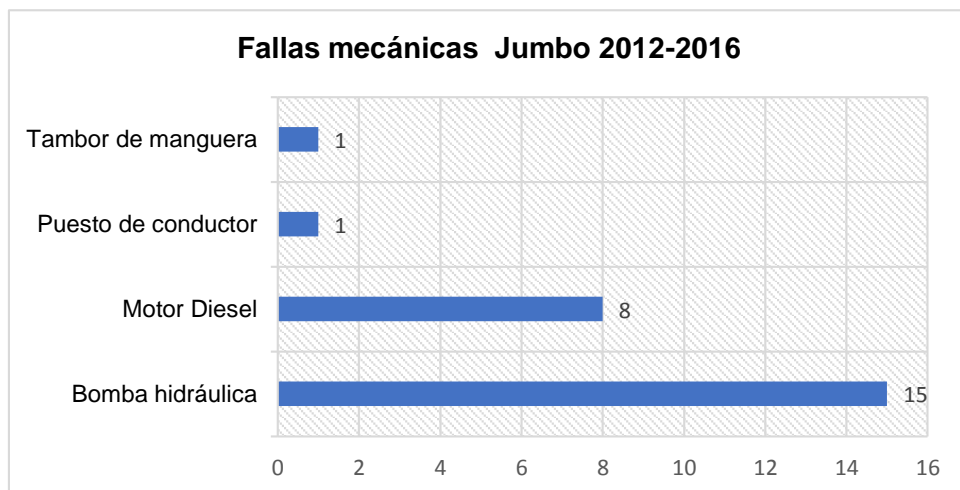
Los jumbos que la empresa tiene son de las siguientes características, por ser la maquinaria indispensable para la labor de perforación se considera como equipo crítico para el proceso.

Estos equipos periféricos son utilizados para la perforación de barrenos en túneles y minas. Los equipos perforadores tienen un rendimiento de (VER ANEXO N°3)

### FASE 3: Análisis de Fallas

De acuerdo a la información brindada por el área de mantenimiento, se tiene las el siguiente gráfico donde se puede notar las partes del Jumbo y el índice de fallas en el año 2016.

Gráfico N° 4 Priorización de Fallas mecánicas Jumbo 2012-2016



Fuente: Mina Argentum S.A.

Como se observa en el gráfico el mayor índice de fallas lo presenta la *bomba hidráulica*, ahora se realizará un estudio de criticidad, para determinar los componentes más críticos y enfocar la propuesta a los componentes que lo ameriten.

Para el desarrollo del análisis fue necesario obtener información de la tasa de fallos del año 2016 que fue proporcionada por el área de mantenimiento.

Se realizó la matriz de criticidad para los componentes de la bomba hidráulica:

Para determinar el nivel de criticidad se realiza mediante el siguiente cálculo

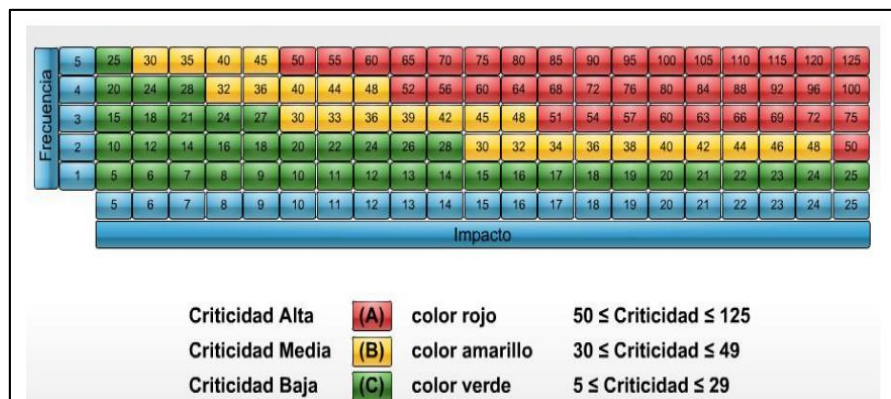
$$\text{Nivel de criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Impacto total}$$

Tabla N° 19 Criterios para estimar la frecuencia

Criterio	TPEF	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF > 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero poco probable que ocurra en 1 año
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero poco probable en 10 años
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero poco probable en 100 años
1	$TPEF \geq 1$	$0.001 \leq \lambda$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años

Fuente: Bolaño, A. (2012)

Gráfico N° 5 Matriz de Criticidad



Fuente: Bolaño, A. (2012)

Tabla N° 20 Matriz de Criticidad bomba hidráulica

Componente	Frecuencia	Costo Operacional	Flexibilidad	Costos en Mto.	Impacto SHA	Consecuencias	Jerarquización
Rodamientos	3	9	4	1	4	54	CRÍTICO
Sellos mecánicos	3	7	4	1	3	45	SEMI-CRÍTICO
Eje	2	8	4	1	1	28	NO CRÍTICO
Impulsor	2	4	2	1	1	16	NO CRÍTICO
Motor Hidráulico	2	4	1	1	1	14	NO CRÍTICO

Fuente: Elaboración Propia

A partir del análisis el componente a analizar es el rodamiento.

Se realizará un análisis de velocidad del rodamiento



**- Verificación de cargas sobre el rodamiento:**

Tabla N° 20 Tipo de rodamiento

RODAMIENTO	SKF6014
DATOS TÉCNICOS DEL RODAMIENTO	CONDICIONES DE OPERACIÓN
D = 70 mm	Ambiente medianamente polvoroso con polvo de PVC.
d = 110 mm	Velocidad del rodamiento: entre 200 y 1000rpm.
Co= 31000N	Temperatura: Hasta 150°C.
C= 37700 N	Fuerza radial: 10KN (Aprox. 1Ton)
	Fuerza Axial: <1KN

Fuente: Atlas Copco

Calculando carga dinámica equivalente:

$$P = XFr + YFd$$

Fa/Fr =	0.10
Fa/Co=	0.03
e=	0.24

Se cumple que  $Fa/Fr \leq e$ , además la fuerza radial es de 10 000 N.

Entonces la carga soportada por el rodamiento es admisible.

**- Tiempo de vida del rodamiento**

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

El factor p tiene un valor de 3 para rodamientos de bolas y de 10/3 para rodamientos de rodillos.

Por tanto:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot 1000} (3.77)^3 = 893.04 \text{ horas}$$

**- Elección del tipo de lubricante**

$$FV = \frac{D + d}{2} * n$$

Donde:

D: Diámetro externo

d : Diámetro interno

n: Revoluciones por minuto

$FV = ((70+110)/2) * 1000 = 90000$ .

NLGI	DESIGNACION	FV
0	Grasa Fluida	De 1 a 1'500,000
0 y 1	Grasa Blanda	Hasta 1'000,000
2	Normal	Hasta 800,000
3	Normal	Hasta 400,000
4	Grasa Dura	Hasta 50,000

De acuerdo con esto se recomienda utilizar grasas con consistencia hasta NLGI3.

#### FASE 4: Elección de técnica de método predictivo

La técnica a utilizar para determinar el punto exacto de cambio o reparación, antes que se produzca la falla es el *análisis de vibraciones*, puesto que al ocurrir una falla mecánica en la bomba hidráulica se generan vibraciones anómalas que pueden representar engranajes desgastados o dañados, rodamientos deteriorados o problemas eléctricos.

#### FASE 5: Determinar la frecuencia de mantenimiento predictivo para bomba hidráulica

El valor del intervalo entre inspecciones predictivas será directamente proporcional a tres factores: El factor de costo, el factor de falla y el factor de ajuste.

Así la relación matemática estará definida como

$$I = C \times F \times A.$$

Donde C= factor de costo,

F factor de falla y A factor de ajuste.

El ratio de fallas es de 1 cada 3 años y el costo por inspección es de 20 dólares y el costo por no detectar falla es de \$46, 779.

Teniendo en cuenta que la cantidad de fallas que se pueden detectar en un análisis de vibraciones es de 20.

Reemplazando valores

Se necesitarán realizar 12 inspecciones por cada equipo Jumbo.

### FASE 6: Plan de acción

Se elaboraron formatos de registro de fallas (VER ANEXO N°4), formato para mediciones de vibraciones (VER ANEXO N°5) y se realizó la programación de las inspecciones en el periodo de 1 año. (VER ANEXO N°4).

Con la propuesta de mejora de plan de mantenimiento predictivo en base a análisis de vibraciones se logrará tener una disponibilidad del 85 %.

Tabla N° 21 Disponibilidad de Jumbo Enero a Julio después de la propuesta

Equipo	Jumbo	Hr Total Diesel + Percusion	Suma de Hr Paradas	m perf Jumbo	Número de disparos	Metros de avance de rampa	Metros de no avance de rampa
JUMBO	AC 37	2275	360	132,606	921	2,947	384
	J-122	2277	414	98,635	685	2,192	441
	J-114	2272	379	102,774	714	2,284	404
	AC 29	1771	207	96,371	669	2,142	221
	AC 74	1614	151	87,911	610	1,954	161
	J-120	2012	465	93,658	650	2,081	495
	J-115	1812	466	74,926	520	1,665	497

Fuente: Elaboración propia

Como se puede notar, las horas de parada disminuyeron a 349 horas entre los 7 equipos perforadores, lo cual genera una pérdida mensual de \$ 26,157

<b>Horas paradas totales</b>	2,441
<b>Horas paradas por mes</b>	349
<b>Costo pérdida mensual</b>	\$ 26,157

Además los metros de avance aumentaron a \$ 2,181 mensuales.

#### **4.2.1. CR3 Ausencia de planificación de volquetes**

Argentum S.A. subcontrata el servicio de volquetes, se realiza un pago por kilometraje y toneladas cargadas, se utilizan volquetes de 19 m<sup>3</sup>. El departamento de planeamiento realiza una proyección de mineral que se extrae mensualmente y de acuerdo a esto se requiere la cantidad de volquetes necesarios, sin embargo los últimos meses, se tuvo una pérdida de \$ 27,562 puesto que se extrajo menos mineral y el tiempo de ciclo que realiza el volquete fue mayor.

#### **4.3. HM3 Número óptimo de volquetes**

Para determinar el número de volquetes se necesita analizar el ciclo de transporte que siguen estos equipos.

**T. Ciclo total de carguío= T. de traslado +T. de maniobra+ Tiempo de descarga+ T. de traslado 2**

Donde:

T. de traslado: Es el tiempo que le toma al volquete trasladarse desde el echadero hasta respectiva zona de acumulación (chancado, desmonte, canchas, etc.).

T. de maniobra: Es el tiempo que transcurre desde que el volquete llega a la cámara de carguío y se posiciona en dicha cámara para recibir la carga de parte del scoop.

Tiempo de descarga: Es el tiempo que tarda el volquete en la descarga del material en las diferentes zonas de acumulación.

T. de traslado 2: Es el tiempo que transcurre desde que el volquete ha descargado el material y regresa a la los echaderos para volver a cargar.

En la siguiente tabla se muestran las distancias y tiempos de recorrido de los volquetes en las tres zonas: Alapampa, Manuelita y Codiciada

**Zona Alapampa:**

Tabla N° 22 Rendimiento de Volquete Zona Alapampa

Velocidad CC	15 KM/HR	Factor de llenado promedio	90 %	RENDIMIENTO DE VOLQUETES 19 M <sup>3</sup>					
Desde	Hasta	Distancia (km)	Tiempo (min)					Rendimiento	
			Tt1	Tm	Td	T2	TC	TN/hr	TN/Gdia
Nivel 160	Cancha de mineral 1	9.5	38	1.5	5	28.5	73	22.57	134
Nivel 160	Nivel 460	3.7	15.1	1.5	5.0	11.2	32.8	32.0	189
Nivel 310	Cancha de mineral 1	8.5	34.0	1.5	5.0	25.5	66	24.4	145
Nivel 260	Cancha de mineral 1	9.0	36.0	1.5	5.0	27.0	69.5	23.6	139
Nivel 310	Nivel 460	7.3	29.2	1.5	5.0	21.9	57.6	27.11	161
TOTAL TONELADAS									768

Fuente: Elaboración Propia

**Zona Manuelita:**

Tabla N° 23 Rendimiento de Volquete Zona Manuelita

Velocidad CC	15 KM/HR	Factor de llenado promedio	90 %	RENDIMIENTO DE VOLQUETES 19 M <sup>3</sup>					
Desde	Hasta	Distancia (km)	Tiempo (min)					Rendimiento	
			Tt1	Tm	Td	T2	TC	TN/hr	TN/Gdia
Nivel 460	Nivel 310	3.0	12.0	1.5	5.0	9.0	88.5	35.5	211
Nivel 160	Cancha mineral 2	3.6	14.4	1.5	5.0	10.8	50.1	40.9	243
Nivel 310	Cancha de mineral 2	6.8	27.20	1.5	5.0	20.4	92.9	22.6	134
TOTAL TONELADAS									1222

Fuente: Elaboración Propia

**Zona Codiciada:**

Tabla N° 24 Rendimiento de Volquete Zona Codiciada

Velocidad CC	15 KM/HR	Factor de llenado promedio	90 %	RENDIMIENTO DE VOLQUETES 19 M <sup>3</sup>					
Desde	Hasta	Distancia (km)	Tiempo (min)					Rendimiento	
			Tt1	Tm	Td	T2	TC	TN/hr	TN/Gdia
Nivel 460	Nivel 310	3.0	12.0	1.5	5.0	9.0	88.5	35.5	211
Nivel 160	Cancha mineral 2	3.6	14.4	1.5	5.0	10.8	50.1	40.9	243
TOTAL TONELADAS									1222

Fuente: Elaboración Propia

Entre las 3 zonas se tiene 942 Toneladas de mineral bruto por guardia, entonces en un mes son aproximadamente 56,452 TN.

La capacidad de los volquetes son de 35 TN, además el proceso de traslado de mineral empieza por la espera del volquete al Scoop para que descargue el mineral, entonces se utilizará la siguiente fórmula para calcular el número óptimo de volquetes por cada zona.

$$N = (T.n) / (y.t)$$

Donde:

N: Número total de volquetes

T: Ciclo de cada unidad de transporte

n: Número total de Scoops

t: Ciclo de cada unidad de carguío

y: Número de pases (paladas)

**Zona Alapampa:**

Volquetes para una guardia- Zona Alapampa				
TC (mln)	n	Tcarguío	y	Número de volquetes
186.32	7	60	6	4

**Zona Manuelita:**

Volquetes para una guardia- Zona Manuelita				
TC (mln)	n	Tcarguío	y	Número de volquetes
216.6	7	60	6	4

**Zona Codiciada:**

Volquetes para una guardia- Zona Manuelita				
TC (mln)	n	Tcarguío	y	Número de volquetes
83.3	2	40	6	1

Entonces para el trabajo de una guardia se necesitan 9 volquetes que en promedio realizan 3 viajes para trasladar 57 452 TN. La capacidad total carga de 63,835 TN, obteniendo una utilización de 90%, la diferencia genera una pérdida mensual de \$ 6,461.

**4.3.1. CR6 Ausencia de una adecuada distribución de planta**


El proceso de acarreo de mineral y traslado es desarrollado por operadores de Scoop para el llenado del mineral en los echaderos y de los echaderos el mineral es llevado por los volquetes hacia superficie para la planta de tratamiento.

A medida que se va excavando, las labores también se trasladan dependiendo de la ubicación más cercana de la veta, sin embargo en la Zona Alapampa los echaderos están ubicados a una distancia de aproximadamente 500 m., entonces el Scoop disminuye su productividad puesto que el tiempo de traslado es mayor. Como se explicó en el Capítulo 3 la pérdida por esta inadecuada distribución es de \$ 16,860.

#### 4.4. HM6 Distribución de planta por proceso

La distribución propuesta es por proceso, a continuación se presenta las actividades realizadas por el operador de SCOOP.

Diagrama N° 10 D.A.P Proceso de Acarreo de mineral

 <b>D.A.P. FLUJO DE PROCESO</b> Acarreo de mineral de la Zona Alapampa- Compañía Minera Argentum S.A.						Operaciones Transporte Inspección Esperas Almacenamiento
DISTANCIAS	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORAS	ALMACENAMIENTO	Actual x Propuesto <b>DESCRIPCIÓN</b>
	○	→	□	⌒	▽	Registro de asistencia
	○	→	□	⌒	▽	Espera de camión para traslado
	○	→	□	⌒	▽	Traslado de personal a bocamina
	○	→	□	⌒	▽	Charla de seguridad
	○	→	□	⌒	▽	Reparto de funciones por el Supervisor
	○	→	□	⌒	▽	Traslado del personal a taller
	○	→	□	⌒	▽	Inspección de máquina SCOOP
	○	→	□	⌒	▽	Traslado hacia zona mineralizada
	○	→	□	⌒	▽	Acarreo del mineral
500m	○	→	□	⌒	▽	Traslado hacia echadero
	○	→	□	⌒	▽	Descarga de mineral
	○	→	□	⌒	▽	Traslado hacia zona mineralizada
	○	→	□	⌒	▽	Supervisión de la labor
300	○	→	□	⌒	▽	Traslado hacia taller
	○	→	□	⌒	▽	Almacenamiento de maquinaria
	○	→	□	⌒	▽	Traslado hacia comedor
	○	→	□	⌒	▽	Registro de asistencia salida

El análisis analítico nos ayuda representar todas las operaciones del proceso, como se observa el proceso de acarreo inicia cuando el operador ingresa a la bocamina (VER ANEXO N°6) y se tiene la distancia desde la zona mineralizada hasta el echadero de 500 m. Ahora, se desarrollará el diagrama de relaciones entre actividades que nos permitirá establecer los vínculos importantes entre varias operaciones y determinar cuál sería la ubicación óptima.

Primero, con el apoyo del área de operaciones mina se estableció el grado de vinculación entre actividades:

Tabla N° 25 Vinculación entre actividades Acarreo

ÁREA DE LABORES	GRADO DE VINCULACIÓN					
	A	E	I	O	U	X
1. Registro de asistencia		6			3,5	4
2. Bocamina			1		3,5,6	
3. Taller mecánico	4	6	5,6	4		
4. Zona mineralizada	5	6,3				
5. Echaderos	4		3			
6. Comedor		3	5	2		

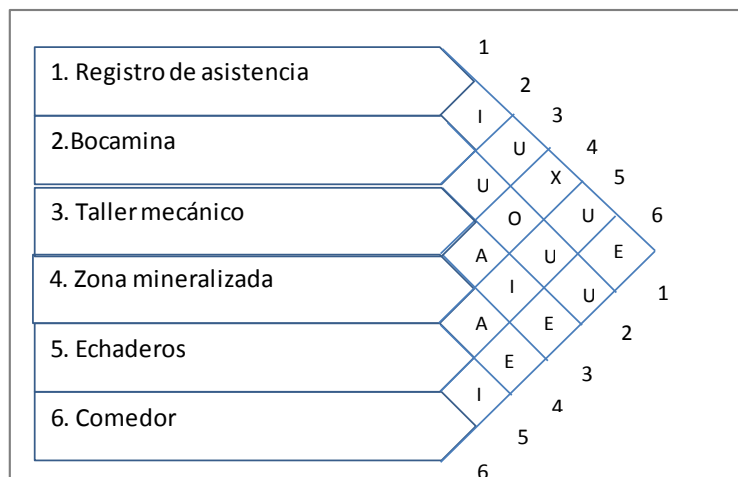
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 26 Calificación de cercanía

VALOR	CERCANÍA
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinario
U	No importante
X	Indeseable

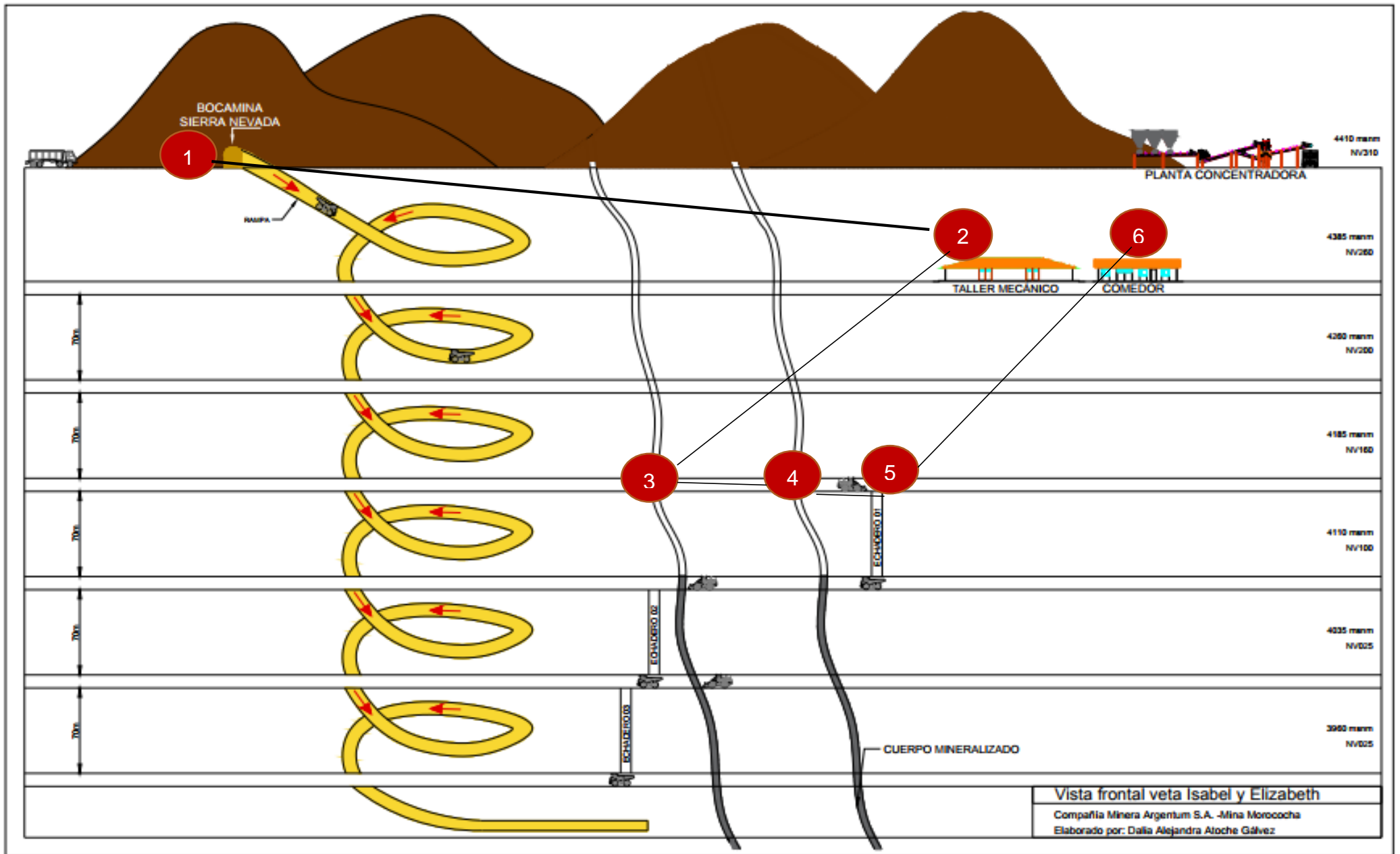
Fuente: D' Alessio(2016)

Diagrama N° 11 Diagrama de relaciones entre actividades



Fuente: Elaboración propia



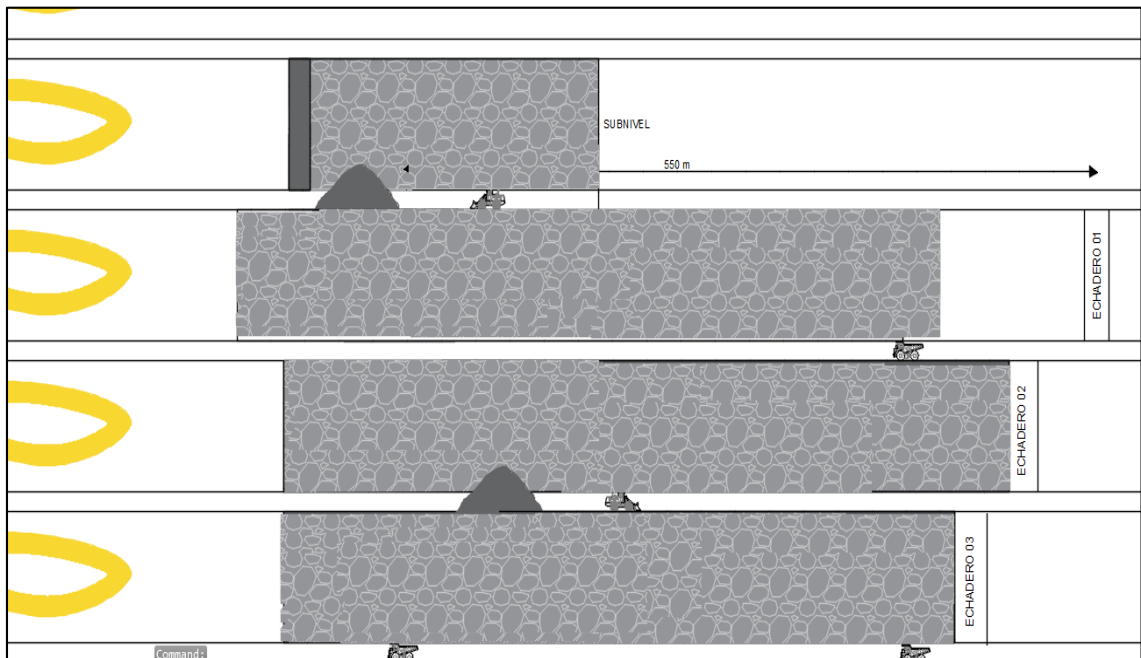


El plano nos detalla la ubicación de las actividades y el recorrido que se realiza para la operación de acarreo de mineral.

Ahora debido al avance de las labores de extracción de mineral las zonas mineralizadas se encuentran en el nivel 100, la ubicación de la labor de acarreo de mineral se encuentra al mismo nivel.

La vista lateral nos muestra las distancias que se encuentran los 3 echaderos desde las zonas mineralizadas:

Ilustración N° 2 Vista lateral Mina Argentum S.A.



Fuente: Elaboración Propia

El echadero 1 está ubicado a una distancia de 500 m, lo cual me genera un tiempo total de ciclo de 13.70 min.

El echadero 1, teniendo en cuenta la zona mineralizada se debería ubicar a 300 m de distancia obteniendo un tiempo de traslado total de 7.5, lo que significa una reducción de tiempo de traslado de 53 %.

RECORRIDO SCOOP								
Distancia	1 Carguio	2 Transporte. C/C	3 Descarga	4 Transporte. S/C	5 Maniobras	6 Bancos, dar pase etc.	Ciclo	Traslado
Metros	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos
300	1.35	4.00	0.34	3.50	0.44	0.59	10.21	7.50
500	1.35	6.00	0.34	5.25	0.44	0.59	13.96	11.25

Las horas de traslado mensuales son de 198 teniendo una pérdida de \$ 11,226.

# **CAPÍTULO 5**

# **EVALUACIÓN**

# **ECONÓMICA FINANCIERA**

## 5.1. Inversión para la propuesta

Para poder implementar las mejoras de cada Causa Raíz, se elaboró un presupuesto, tomando en cuenta la maquinaria, las herramientas, materiales de oficina y apoyo del personal para que todo funcione óptimamente. En las tablas siguientes se detalla el costo de inversión para reducir las causas raíces.

### 5.1.1. Inversión de personal nuevo

Tabla N° 27 Inversión Personal

Descripción	Monto \$
1 Asistente de Mantenimiento	\$625
2 Mecánico	\$1,875
1 Supervisor de Mantenimiento	\$1,563
Total mensual	\$4,063
<b>Total anual</b>	<b>\$48,750</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.2. Inversión Maquinaria

Tabla N° 28 Inversión Maquinaria

Maquinaria	Monto \$
Analizador de vibraciones	\$9,800
Compuertas hidráulicas	\$110,000
2 laptop Intel Core i7 500GB	\$2,500
2 Sillas, Giratorias acolchonadas con apoya brazos	\$200
2 Escritorio de melamine 1.20x0.60m	\$250
1 Impresora Epson multifuncional	\$180
<b>Total</b>	<b>\$122,930</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 29 Inversión Materiales

Otras compras	Monto \$
Rodamientos	\$15,400
Lubricantes	\$12,500
Aceites	\$8,900
Mangueras	\$16,850
Bomba hidráulica	\$24,500
Total	\$78,150

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.3. Inversión mantenimiento

Tabla N° 30 Inversión Mantenimiento

Mantenimiento Predictivo	Monto
12 inspecciones anuales	\$365,000
Software	\$85,000

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2. Beneficio de la propuesta

### 5.2.1. Beneficio de CR1: Falta de Plan de Mantenimiento Predictivo

Tabla N° 31 Beneficio CR1

Item	Valor actual	Valor mejorado	Ahorro
Disponibilidad del equipo %	74%	85%	11%
Monto total perdido	\$46,799	\$25,350	\$21,449

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.2. Beneficio de CR3: Ausencia de planificación de volquetes

Tabla N° 32 Beneficio CR3

Item	Valor actual	Valor mejorado	Ahorro
Utilización de capacidad de volquetes	80%	95%	15%
Monto total perdido	\$27,562	\$6,461	\$21,101

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.3. Beneficio de CR6: Ausencia de una adecuada distribución de planta

Tabla N° 33 Beneficio CR6

Item	Valor actual	Valor mejorado	Ahorro
Tiempo de traslado	298.00	250.00	48.00
Monto total perdido	\$16,860	\$11,226	\$5,634

Fuente: Elaboración Propia

El ahorro entre las 3 propuestas de mejora es de \$ 578,208 anuales.

## 5.3. Evaluación económica

A continuación, se desarrolla el flujo de caja (inversión, egresos vs ingresos) proyectado a 10 años de la propuesta. Se considera que en el presente año se realiza la inversión y a partir del próximo año se perciben los ingresos y egresos que genera la propuesta.

Tabla N° 34 Flujo de caja anual

<b>AÑO</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>TOTAL</b>
<b>EGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>TOTAL</b>
Compra de maquinaria	\$122,930											\$122,930
Implementación de sistema	\$65,000											\$85,000
Otras compras	\$78,150				\$78,150				\$78,150			\$234,450
Nuevo personal contratado		\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$48,750	\$487,500
Instalación echadero	\$115,000					\$30,000			\$30,000		\$30,000	\$205,000
Mantenimiento		\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$365,000	\$3,650,000
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$381,080</b>	<b>\$413,750</b>	<b>\$413,750</b>	<b>\$413,750</b>	<b>\$491,900</b>	<b>\$443,750</b>	<b>\$413,750</b>	<b>\$413,750</b>	<b>\$521,900</b>	<b>\$413,750</b>	<b>\$443,750</b>	<b>\$4,784,880</b>
<b>BENEFICIOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>TOTAL</b>
Beneficios de la propuesta	\$0	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$5,685,240
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	<b>\$0</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$568,524</b>	<b>\$5,685,240</b>
<b>FLUJO ANUAL DE CAJA</b>	<b>-\$381,080</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$154,774</b>	<b>\$875,272</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para poder determinar la rentabilidad de la propuesta, se ha realizado la evaluación a través de indicadores de la ingeniería económica: VAN, TIR y B/C. Se ha seleccionado una tasa mínima de retorno de 20% anual para los respectivos cálculos. Realizando las estimaciones mediante el programa Microsoft Excel, se ha determinado lo siguiente:

Tabla N° 35 Indicadores económicos VAN Y TIR

<b>TIR</b>	<b>35%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$188,064</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 36 Ingresos y Egresos

<b>AÑO</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>
<b>TOTAL EGRESOS</b>	\$381,080	\$413,750	\$413,750	\$413,750	\$491,900	\$443,750	\$413,750	\$413,750	\$521,900	\$413,750	\$443,750
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	\$0	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524	\$568,524

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 37 Indicador B/C

<b>VAN Beneficios</b>	<b>\$2,383,521</b>
<b>VAN Egresos</b>	<b>\$2,215,457</b>
<b>B/C</b>	<b>1.09</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como se detalla en las tablas, se obtiene una ganancia al día de hoy de \$188,064, una tasa interna de retorno de 35% y un beneficio costo de 1.09, es decir por cada dólar invertido, se obtienen 1.09 dólares de ganancia.

# **CAPÍTULO 6**

# **RESULTADOS Y**

# **DISCUSIÓN**

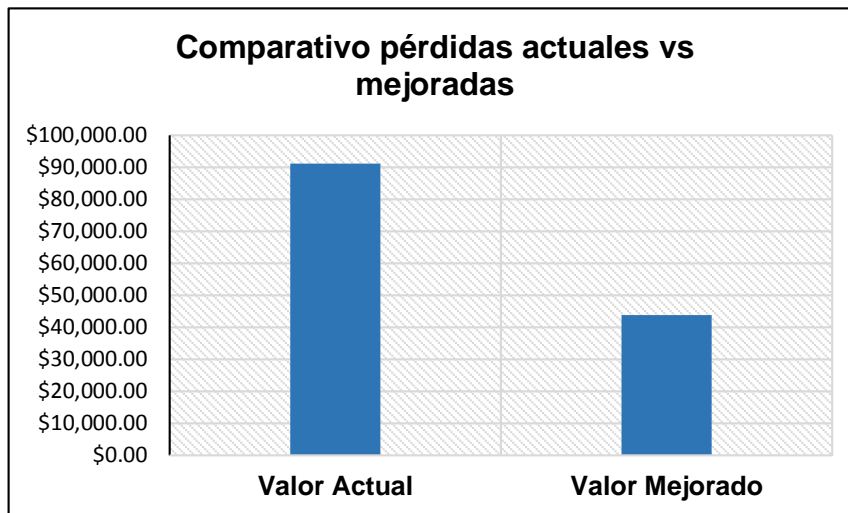


### 6.1. Resultados

Se concluye que con la implementación de la propuesta de mejora se tendría un ahorro mensual de \$47,377.39. El siguiente cuadro muestra el valor actual de pérdida y el valor mejorado.

Valor Actual	Valor Mejorado	Ahorro
\$112,114	\$43,844	\$47,377.39

Gráfico N° 6 Comparativo VA vs VM



Fuente: Elaboración Propia

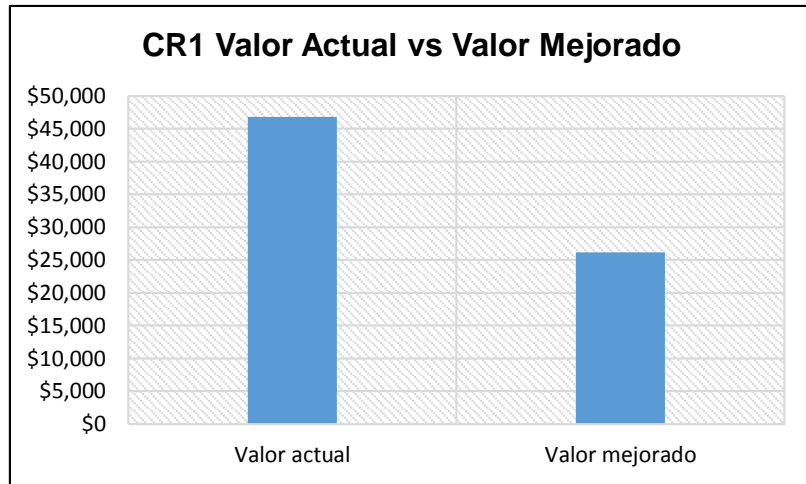
El gráfico N° 6 nos muestra claramente una el valor mejorado es menor, la reducción en costos en un 53%.

#### 6.1.1. CR1 Falta de plan de mantenimiento Predictivo en equipos de perforación Jumbo.

El gráfico N°7 nos muestra la comparación en el valor antes de la propuesta y el después de la propuesta. Se genera un ahorro de \$20,642 mensuales.

Item	Valor actual	Valor mejorado	Ahorro mensual
Monto total perdido	\$46,799	\$26,157	\$20,642

Gráfico N° 7 CR1 VA vs VM



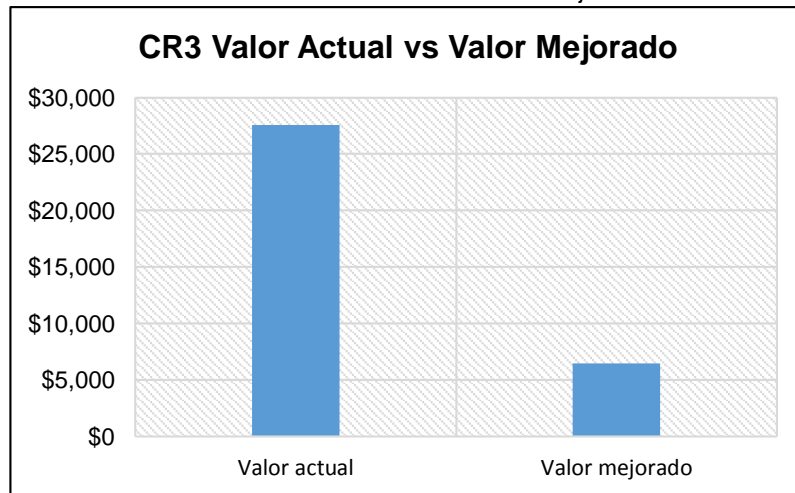
Fuente: Elaboración Propia

### 6.1.2. CR3 Ausencia de Planificación de Volquetes

El gráfico N°8 nos muestra la comparación en el valor antes de la propuesta y el después de la propuesta. Se genera un ahorro de \$21,101 mensuales.

Item	Valor actual	Valor mejorado	Ahorro
CR3	\$27,562	\$6,461	\$21,101

Gráfico N° 8 CR3 Valor Actual vs Valor Mejorado



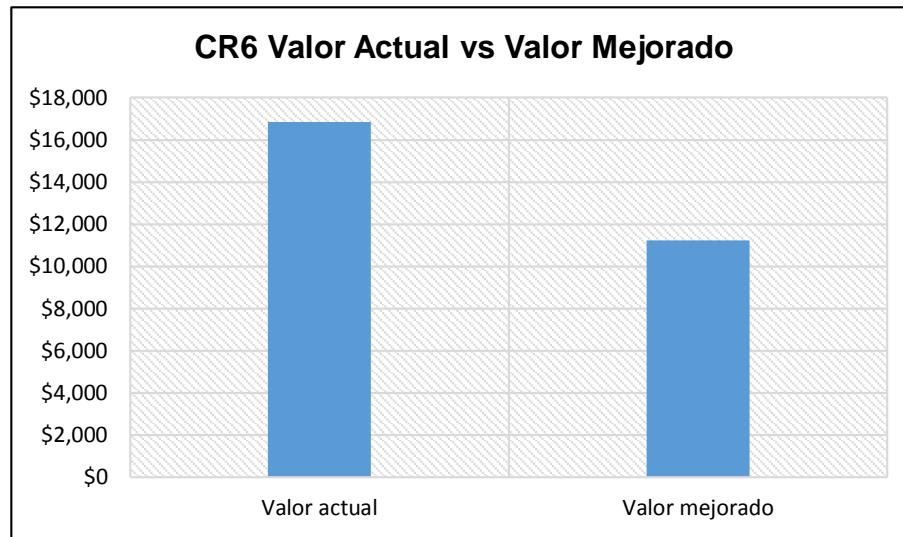
Fuente: Elaboración Propia

### 6.1.3. CR6 Ausencia de una adecuada Distribución de Planta

El gráfico N°9 nos muestra la comparación en el valor antes de la propuesta y el después de la propuesta. Se genera un ahorro de \$21,101 mensuales.

Item	Valor actual	Valor mejorado	Ahorro
CR6	\$16,860	\$11,226	\$5,634

Gráfico N° 9 CR6 Valor Actual vs Valor Mejorado



Fuente: Elaboración Propia

# **CAPÍTULO 7**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 7.1. Conclusiones

- La propuesta de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y traslado reducen los costos significativamente de \$91,221.39 a \$43,844 mensuales, obteniendo un ahorro de \$47,377.39.
- Se diagnosticaron 6 causas raíces que generaban altos costos en Argentum S.A., de las cuales 3 generan el 80% del problema y son: La Falta de mantenimiento Predictivo en equipos de perforación Jumbo, Ausencia de Planificación de Volquetes y Ausencia de una adecuada distribución de planta.
- La falta de Mantenimiento Predictivo en equipos de perforación Jumbo, genera paradas imprevistas por fallas mecánicas que ascienden a 624 horas, teniendo una pérdida de \$46,799.
- La ausencia de Planificación de Volquetes tiene como efecto una utilización del 80% de la capacidad total y una pérdida de \$27,562.
- La ausencia de distribución adecuada de planta genera un tiempo de traslado del Scoop de 281 horas mensuales con una pérdida de \$16,860
- Se desarrolló el plan de mantenimiento predictivo en base a análisis de vibraciones en los equipos de perforación Jumbo, obteniendo un beneficio de \$20,642 y una reducción de horas paradas de 624 a 749 mensuales.
- Se calculó el número óptimo de volquetes para una guardia, para las 3 zonas: Alapampa, Manuelita y Codiciada siendo 9 volquetes, obteniendo un beneficio de \$21,101 y una utilización de capacidad de 95 %.
- Se elaboró una distribución de echaderos óptima en base a distribución por proceso, teniendo un rendimiento de 42 TN/Hr y reduciendo el tiempo de traslado 198 hr mensuales y con un ahorro de \$5,634
- La propuesta de mejora genera un ahorro mensual de \$ 47,377 y anual de \$568,524, con una Tasa Interna de Retorno de 35% y un B/C de \$1.09.

## 7.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar las 12 inspecciones anuales a los 7 equipos de perforación Jumbo, utilizando el análisis de vibraciones y verificar periódicamente el buen funcionamiento de la bomba hidráulica.
- Establecer políticas con el área de operaciones mina para garantizar el desarrollo de las inspecciones predictivas eficientemente.
- Realizar análisis de mejora en las capacidades de utilización de volquetes.
- Se recomienda colocar el echadero a una distancia de 350 metros para mejorar el rendimiento del Scoop.
- Realizar un control anual del avance de las propuestas de mejora en las operaciones de perforación, acarreo y traslado de mineral.

## BIBLIOGRAFÍA

Jáuregui, O. (2009). *"Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura"*(Tesis Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú

Vilela, W. (2015). *"Análisis de factibilidad para el uso de anfo pesado a base de emulsión gasificable en minera Yanacocha"*. (Tesis Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú

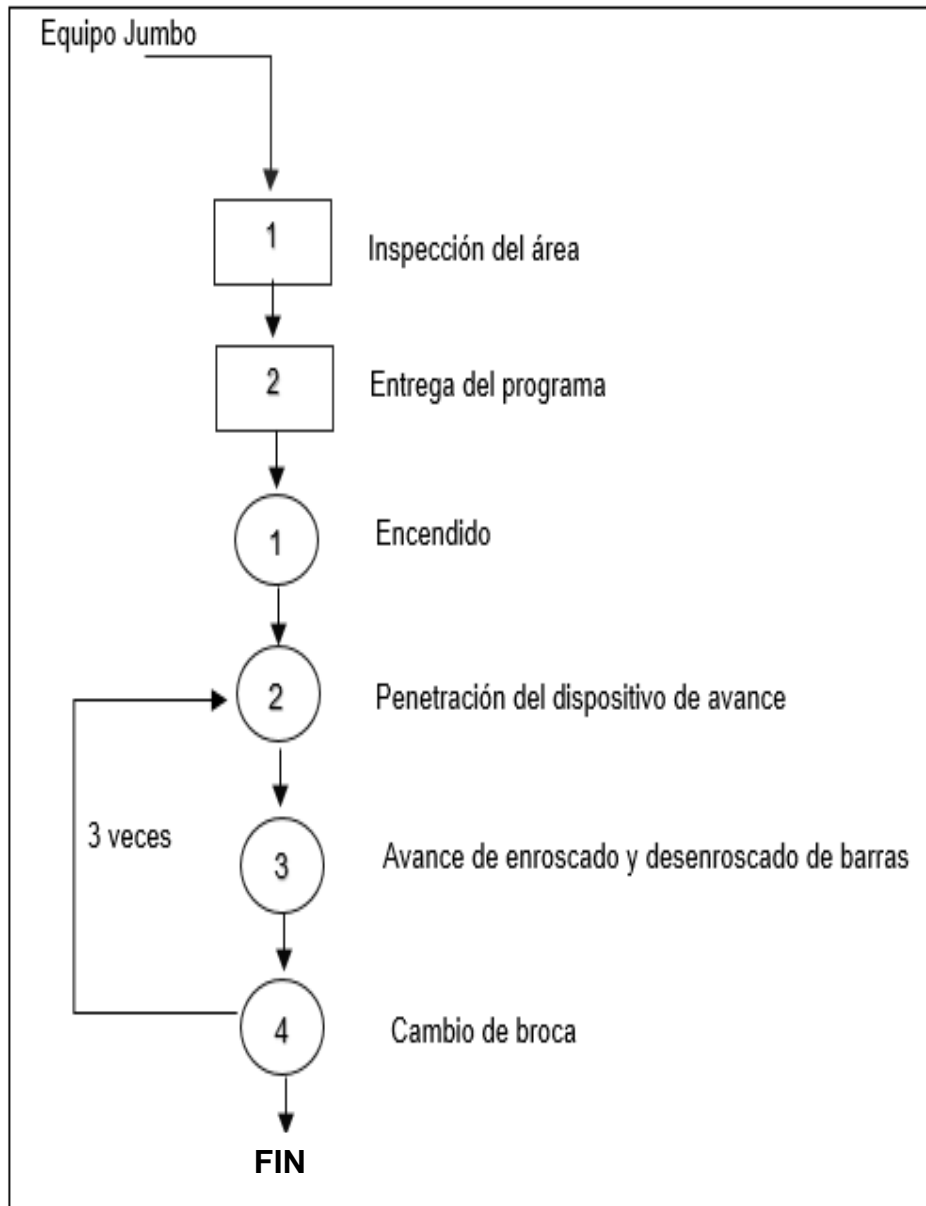
Vidal, H. (2016). *"Optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo, para mejorar la eficiencia en compañía minera poderosa S.A."*. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

Estudios Mineros del Perú (2016). *"Manual de Minería"*. Lima, Perú.

D'Alessio.F (2016). *"Administración de las Operaciones Productivas"*. Lima, Perú. Editorial Pearson Educación del Perú.

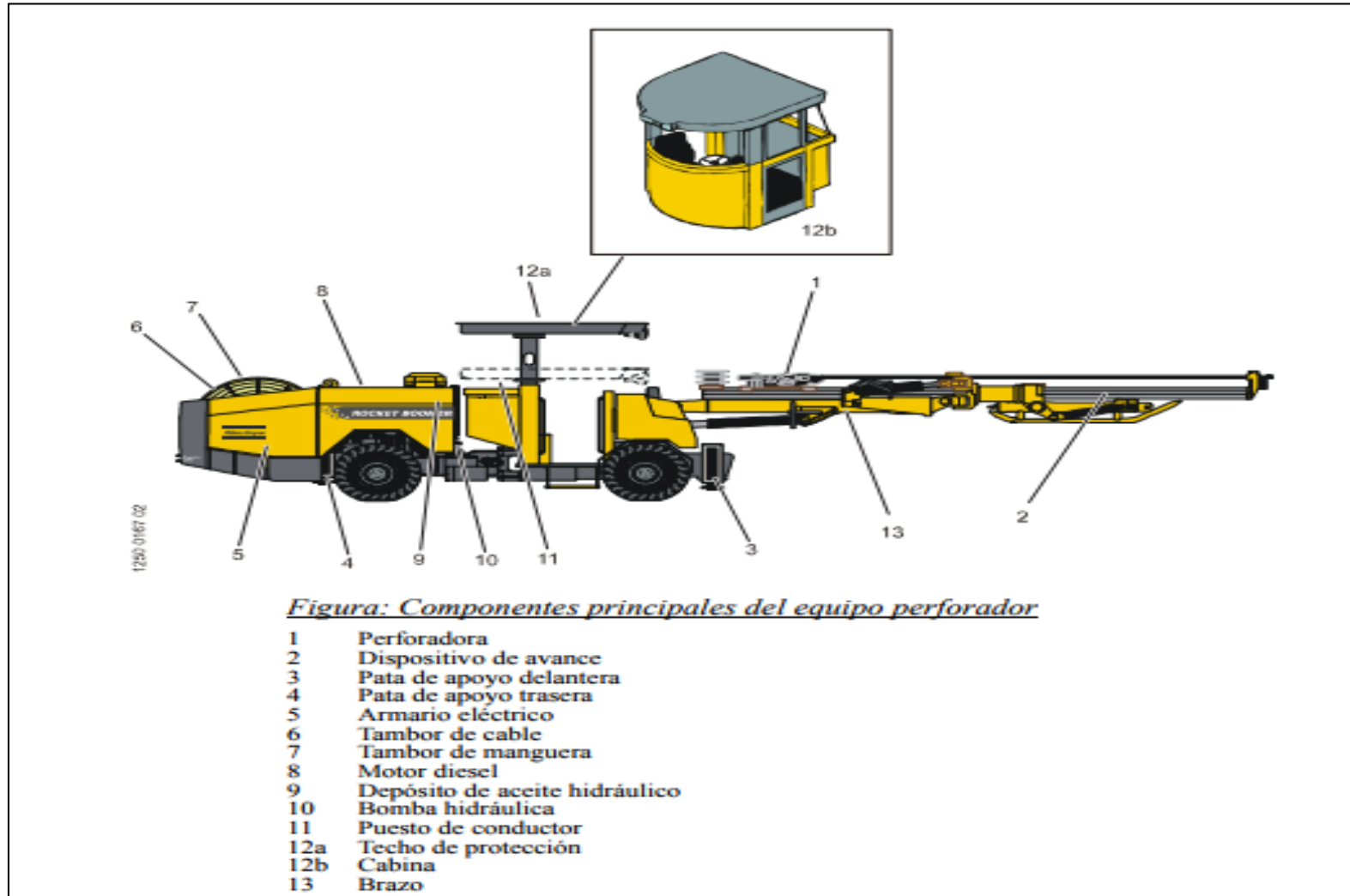
## ANEXOS

### ANEXO N°1 DOP Proceso de perforación





## ANEXO N°2 COMPONENTES DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN



## ANEXO N°3 FICHA TÉCNICA JUMBO S1D

### 1. Datos técnicos

#### Boomer S1 D

**Nota**


*A continuación presentamos un compendio de los datos. Para obtener información más detallada, consulte las instrucciones de mantenimiento. Todos los datos son válidos para el equipo perforador con equipamiento estándar.*

Longitud, equipo perforador en la posición de transporte	8,6-11,4 m
Anchura	1,75 m
Altura, equipo perforador con techo de protección	2,1-2,8 m
Altura, equipo perforador con cabina	2,8 m
Peso	10-13 toneladas
Potencia de motor diésel instalada, estándar (Segmento III)	58 kW
Potencia de motor diésel instalada, opcional (Segmento II)	72 kW
Potencia eléctrica instalada	Vea el letrero de datos
Tensión	Vea el letrero de datos
Frecuencia	Vea el letrero de datos
Ángulos de inclinación permitidos	Vea Seguridad, Requisitos de estabilidad del equipo perforador, Requisitos de Atlas Copco.
Estabilidad	Cumple CEN
Temperatura circundante	Entre 0 y +40 °C

## ANEXO N°4 FORMATO DE ANÁLISIS DE FALLA



HOJA DE INFORMACIÓN DE REGISTRO DE FALLAS		
Fecha inicial de la avería:	Fecha final de la avería:	Equipo:
Sistema:	Componente:	Zona:
ITEM	MODO DE FALLA	

## ANEXO N°5 FORMATO DE MEDICIONES DE VIBRACIONES

 <b>FORMATO DE MEDICIONES DE VIBRACIONES EQUIPOS DE PERFORACIÓN</b>					
SISTEMA	MARCA	MODELO	EQUIPO	ORDEN DE TRABAJO	FECHA
MEDICIÓN	VIBRACIONES				OBERVACIÓN
	PMI	PME	PCI	PCE	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					

**ANEXO N°6 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

 <b>PROGRAMA MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA JUMBO MINA ARGENTUM S.A.</b>														
PLAN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DEL PLAN	AÑO 2018												OBS
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Fecha	MENSUAL													
Cód.:														
<b>MANTENIMIENTO 12 MESES</b>														
Evaluar motor diesel por recalentamiento y exceso de humo														
Verificar Rodamientos														
Evaluación del sistema hidráulico														
Sistema de medición														
Inspección de contaminantes en lubricantes														
Medición de vibraciones														
Sistemas eléctricos y auxiliares														
Cambio de horómetro-Percusión														
Verificación de mangueras														
Nombre:														
Zona:														
Recomendaciones:														

OT: \_\_\_\_\_ Leyenda: EJECUTADO   
 Firma: \_\_\_\_\_ PROGRAMADO 

## ANEXO N°7 BOCAMINA SIERRA NEVADA



**ANEXO N° 8 MAPA DE VALOR MINA ARGENTUM S.A.**

<b>Actividades de apoyo</b>	<b>INFRAESTRUCTURA EMPRESARIAL</b>					<b>MARGEN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administración, Contabilidad, Recursos Humanos, Productividad, Costos y Presupuestos, Planeamiento, Exploraciones, Geología, Logística, Gerencia de Operaciones, Medio Ambiente, Sistema, Seguridad, Proyectos mina.</li> </ul>					
	<b>GESTION DE RECURSOS HUMANOS</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa realiza programas de capacitación y desarrollo personal para fomentar el liderazgo y trabajo en equipo en su personal.</li> <li>- Compensaciones, bonos de incentivos.</li> <li>- Actividades de integración sana.</li> </ul>					
<b>Actividades primarias</b>	<b>DESARROLLO TECNOLÓGICO</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intranet.</li> <li>- Sistema Máximo que sirve para el control de inventario.</li> <li>- Estudio geológico, perforación diamantina.</li> <li>- Software Datamine, para ver donde está ubicado el mineral.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jumbos, equipos mecanizados de perforación.</li> <li>- Simba, perforar mineral en taladros, tecnología mecanizada del área de minas.</li> <li>- Scootram</li> </ul>			
	<b>ABASTECIMIENTO</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compra de insumos como dinamita.</li> <li>- Control y supervisión de materiales diversos.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamiento interno de concentrado</li> <li>- Compra de equipos y scoop necesarios.</li> </ul>			
	<b>LOGÍSTICA INTERNA</b>	<b>OPERACIONES</b>	<b>LOGÍSTICA EXTERNA</b>	<b>MARKETING Y VENTAS</b>	<b>SERVICIOS</b>	
	Almacenes, para herramientas usadas en la etapa de exploración como brocas, varillas, herramientas para reparar equipos, pintura, etc. Tiene proveedores como BOART LONGYEAR, EXSA, FAMESA, PRODAC, PECSA, CEMENTO ANDINO.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploración</li> <li>- Perforaciones</li> <li>- Voladura</li> <li>- Sostenimiento</li> <li>- Extracción de mineral</li> <li>- Transporte a planta concentradora</li> <li>- Chancadora primaria</li> <li>- Chancadora secundaria</li> <li>- Molienda</li> <li>- Flotación</li> <li>- Transporte a celdas</li> <li>- Comercialización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamientos de concentrados.</li> <li>- Control de inventarios.</li> <li>- Transporte de concentrados en volquetes.</li> <li>- Entrega de concentrados al proveedor.</li> <li>- Muestreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones comerciales en Lima y en Canadá.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrado con bajos penalizables.</li> </ul>	