



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Implementación de mantenimiento preventivo para incrementar la
eficiencia global de equipos de cámaras de bombeo de una mina,
Pasco, 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

FALCON SOBRADO, JUAN CARLOS

ASESOR:

DR. CARLOS FRANCISCO, ALBORNOZ JIMÉNEZ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2018

**DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 166-2018-II-UCV Lima Ate /EP I.I.-DPI**

Ate, 4 de diciembre de 2018

El presidente y los miembros del Jurado Evaluador designado con RESOLUCION DIRECTORAL N° 375-2018-II-UCV Lima Ate/EP I.I.-DPI de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial acuerdan:

PRIMERO.-

- Aprobar pase a publicación ()
- Aprobar por unanimidad ()
- Aprobar por mayoría (X)
- Desaprobar ()

La tesis presentada por **FALCON SOBRADO, JUAN CARLOS**, denominada:

IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS DE CÁMARAS DE BOMBEO DE UNA MINA, PASCO, 2018.

SEGUNDO.- Al culminar la sustentación, el (la) estudiante **FALCON SOBRADO, JUAN CARLOS**, obtuvo el siguiente calificativo:

NUMERO	LETRAS	CONDICIÓN
14	CATORCE	Aprobado por mayoría

Presidente (a): VIDAL RISCHMOLLER JULIO CÉSAR

[Firma manuscrita]
Firma

Secretario: FLORES PAUCAR ARNOLD ÓSCAR

[Firma manuscrita]
Firma

Vocal: RAMOS HARADA FREDDY ARMANDO

[Firma manuscrita]
Firma



[Firma manuscrita]
Dra. Miriam Elizabeth Acuña Barrueto
Coordinadora de Escuela Profesional de Ingeniería Industrial
UCV – Lima Ate

C.c: Archivo
Escuela Profesional, Interesados, Archivo



[Firma manuscrita]
ucv.edu.pe

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.

DEDICATORIA

A Jehová, al amor implacable de mis padres y mis amigos más cercanos, a ellos me motivan, me aconsejan y confían en mí, a ellos les dedico mi investigación.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a los profesores, a mis amigos de la universidad y a mi familia quienes me enseñaron a soñar con mi carrera.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo: **Juan Carlos, Falcón Sobrado**, con DNI N° **47855606**. A efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como en la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, noviembre del 2018



Falcón Sobrado, Juan Carlos
47855606

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, presento a ustedes mi Tesis titulada Implementación de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia global de equipos de cámaras de bombeo de una mina, Pasco 2018, la misma que tiene como objetivo general determinar como la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia global en equipos de cámara de bombeo de una mina.

El autor.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Realidad Problemática.....	17
1.2 Trabajos previos	25
1.3 Teorías relacionadas al tema	29
1.4 Formulación del problema.....	37
1.5 Justificación del estudio.....	38
1.6 Hipótesis	40
1.6.1 Hipótesis General	40
1.6.2 Hipótesis específicos.....	40
1.7 Objetivos.....	40
1.7.1 Objetivo general	40
1.7.2 Objetivos específicos	41
II. METODO	42
2.1 Diseño de la investigación.....	43
2.1.1 Tipo de Estudio	43
2.1.2 Finalidad de investigación	43
2.1.3 Nivel de investigación.....	43
2.2 Variable de operacionalizacion	44
2.2.1 Variable Independiente: Mantenimiento preventivo.....	44
2.2.2 Variable Dependiente: Eficiencia global de gestión de mantenimiento de equipos de cámaras de bombeo.	44
2.2.3 Dimensiones de las variables:	44
2.3 Población y muestra	47
2.3.1 Población	47
2.3.2 Muestra	47
2.4 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos, valides y confiabilidad	48

2.4.1 Instrumento de Recopilación de Datos	48
2.4.2 Validez	48
2.4.3 Confiabilidad	48
2.5 Métodos de análisis de datos	48
2.5.1 Análisis Descriptivo	49
2.5.2 Análisis Inferencial	49
2.6 Aspectos éticos	49
2.7 Desarrollo de la propuesta	49
2.8 Resultados.....	87
2.9 Relación costo beneficio	101
III.RESULTADOS	106
3.1 Análisis de los datos.....	107
IV.DISCUSIÓN	126
V. CONCLUSIÓN	128
VI. RECOMENDACIONES.....	131
VII. BIBIOGRAFIA	133
ANEXOS	138
Anexo 01	139
Anexo 02.....	140
Anexo 03.....	142
Anexo 04.....	143
Anexo 05	144
Anexo 06.....	145
Anexo 07	146
Anexo 08.....	148
Anexo 09.....	150
Anexo 10.....	154

Anexo 11	155
Anexo 12	158
Anexo 13	161
Anexo 14	163
Anexo 15	164
Anexo 16	165
Anexo 17	166

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Grafico de Pareto de causas de paradas de equipos de cámaras de bombeo ..	20
<i>Figura 2:</i> Gráfico de paradas según frecuencia de efectos de paras de equipos de cámaras de bombeo	22
<i>Figura 3</i> Diagrama de efectos	24
<i>Figura 4</i> Mapa de ubicación de Consegesa S.A.	51
<i>Figura 5:</i> Organigrama de CONSEGESA S.A	52
<i>Figura 6:</i> tableros de fuerza conexiones (caja break).....	53
<i>Figura 7:</i> ventiladores inyectores de aire	54
<i>Figura 8:</i> Imagen de mantenimiento eléctrico	54
<i>Figura 9:</i> Inspección de tableros de control de PLC	55
<i>Figura 10 :</i> Imagen de tableros de arranque de motores de equipos de cámaras de bombeo.....	55
<i>Figura 11 :</i> Imagen en HMI del funcionamiento de cámaras de bombeo	56
<i>Figura 12</i> Organigrama de gerencia de operaciones	57
<i>Figura 13:</i> Imagen de tubería y motores de trenes de bombeo.....	58
<i>Figura 14:</i> Imagen de sistema de bombeo	58
<i>Figura 15 :</i> Bombas de acopio de emergencia	59
<i>Figura 16:</i> Imagen bombas sumergibles	59
<i>Figura 17</i> Ductos de acopio de agua por desnivel.....	60
<i>Figura 18:</i> Imagen de tablero de fuerza y control	63
<i>Figura 19:</i> compromiso de la gerencia de mantenimiento con la implementación de la metodología	66

Figura 20: difusión del plan a los encargados de mantenimiento mina y la empresa Consegesa S.A.....	66
Figura 21: Haciendo reconocimiento de cámaras de bombeo	68
Figura 22 Tabla de cronograma de actividades mediante el diagrama de Gant	72
Figura 23 Imagen de ficha técnica de equipos después de la implementación de mantenimiento preventivo	75
Figura 24 : Imagen de solicitud y permiso de trabajo.....	76
Figura 25: formato de permiso de mantenimiento preventivo	77
Figura 26 Imagen de circuitos de MPS, UPS, PLC	79
<i>Figura 27 Imagen de las válvulas electrónicas para PLC</i>	82
Figura 28: Circuitos electrónicos con presencia de humo y polvo	84
Figura 29: Sensor de nivel de agua	84
Figura 30 : Imagen de cambio de transformador de UPS	97
Figura 31: Imagen de cambio de sensores antes y después	97
Figura 32 Cambio de ubicación de cámara de bombeo N ^a 17	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Tabla de puntuación según análisis de criticidad en las 4 áreas de gestión de mantenimiento	19
Tabla 2: Tabla de análisis de causas que generan las paras de equipos de cámaras de bombeo.....	20
Tabla 3 : Tabla de Pareto en horas no productivas según los efectos de parada.....	21
Tabla 4: Cuadro de estimación de horas no productivas 6 meses antes de la implementación	22
Tabla 5: Estimación de pérdida de producción por horas no productivas	23
Tabla 6 : Tabla los 6 efectos tomadas del análisis de Pareto (80-20)	25
<i>Tabla 7: Variable de operacionalización</i>	45
Tabla 8 : Tabla de eficiencia global antes de la implementación de la metodología.....	61
Tabla 9 los indicadores de la gestión de mantenimiento preventivo antes de la implementación de la metodología	62
Tabla 10: Tabla de codificación y ubicación de los equipos de cámaras de bombeo.....	73
Tabla 11 imagen de registro de horas no productivas de los equipos de cámaras de bombeo.....	78
Tabla 12 Tabla de cronograma de manteniemento de PLC, MPS, UPS	80

Tabla 13: Cronograma de mantenimiento de sensores	85
Tabla 14: Imagen de tableros y TDF	85
Tabla 15: Cuadro de clasificación de componentes	86
Tabla 16: Tabla de disponibilidad antes	88
Tabla 17 Tabla de rendimiento antes	89
Tabla 18 Tabla de calidad antes	90
Tabla 19: Tabla de eficiencia global antes	91
Tabla 20: Tabla de disponibilidad después de la implementación de mantenimiento preventivo	92
Tabla 21 Tabla de rendimiento después de la implementación de mantenimiento preventivo	93
Tabla 22 Tabla de calidad después de la implementación de mantenimiento preventivo	94
Tabla 23: Tabla de eficiencia global después de la implementación de mantenimiento preventivo	95
Tabla 24 Cuadro de programa anual de mantenimiento	99
Tabla 25 Cuadro programa de mantenimiento para el mes setiembre	100
<i>Tabla 26: Sistema de automatización inoperativo (21 cámaras de bombeo)</i>	<i>101</i>
Tabla 27 Costos por gestión de petar para trabajos específicos en altura, mantenimiento eléctrico.....	102
Tabla 28: Resumen de análisis de costo total	103
<i>Tabla 29 Tabla de análisis de costos</i>	<i>103</i>
Tabla 30: Tabla de presupuesto de implementación de mantenimiento preventivo	104
Tabla 31: Tabla de análisis de costo beneficio	105
<i>Tabla 32 Análisis descriptivo de disponibilidad</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 33 Procesamiento de datos</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 34 Análisis descriptivo antes y después de la implementación</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 35: Análisis descriptivo de rendimiento.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 36: Procesamiento de casos</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 37 Análisis descriptivo antes y después de la implementación</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 38 Análisis descriptivo del índice de calidad</i>	<i>112</i>
Tabla 39: Procesamiento de casos.....	112
<i>Tabla 40 Análisis descriptivo antes y después de la implementación</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 41 Análisis descriptivo de eficiencia global (OEE)</i>	<i>114</i>

<i>Tabla 42 Procesamiento de datos</i>	114
Tabla 43 Análisis descriptivo antes y después de la implementación	115
<i>Tabla 44 Análisis de prueba de normalidad de la disponibilidad con Shapiro-Wilk</i> ...	116
<i>Tabla 45: Criterio de evaluación de normalidad</i>	116
<i>Tabla 46 Análisis de prueba de normalidad de rendimiento con Shapiro-Wilk</i>	117
Tabla 47: Criterio de análisis de normalidad.....	117
<i>Tabla 48: Análisis de prueba de normalidad de calidad con Shapiro-Wilk</i>	118
Tabla 49: Criterio de evaluación de normalidad	118
<i>Tabla 50 Análisis de prueba de normalidad de OEE (Eficiencia Global) con Shapiro- Wilk</i>	118
Tabla 51: Criterio de evaluación de normalidad	119
Tabla 52: Análisis estadístico de muestras relacionadas (repetidas) de la hipótesis general.....	120
<i>Tabla 53 Análisis estadístico de muestras relacionadas de la hipótesis general</i>	121
Tabla 54 Análisis de muestras relacionadas de la hipótesis específica H1	121
Tabla 55 Análisis de correlación de muestras emparejadas de la hipótesis específica H1	122
<i>Tabla 56 Análisis de muestras relacionadas de la hipótesis específica H2</i>	123
<i>Tabla 57: Análisis de correlación de muestras emparejadas de la hipótesis específica H2</i>	124
<i>Tabla 58 Análisis de correlación de muestras emparejadas de la hipótesis específica H2</i>	124

GENERALIDADES

TÍTULO

“Implementación de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia global de equipos de cámaras de bombeo de una mina, Pasco 2018”

AUTOR

Falcón Sobrado, Juan Carlos

Escuela Académico profesional de Ingeniería Industrial

ASESOR

DR. Carlos Francisco, Albornoz Jiménez

Universidad César Vallejo

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

- **Tipo de Estudio:** Aplicada
- **Diseño de Investigación:** Pre - Experimental
- **Enfoque:** Cuantitativo
- **Método:** Deductivo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Sistema de Gestión Empresarial y Productiva

LOCALIDAD:

Cerro de Pasco - Pasco, Huayllay, Mina Animon-Chungar

DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

TIEMPO DE INICIO: Julio - 2018

TIEMPO DE TÉRMINO: Noviembre - 2018

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación titulado “Implementación de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia global de equipos de cámaras de bombeo de una mina, Pasco 2018”. Tiene como objetivo determinar como la Implementación de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia global en equipos de cámaras de bombeo dentro de una mina.

En esta investigación con un propósito fundamental, bajo un enfoque cuantitativo con un diseño Pre - Experimental. La población de estudios está constituida por los registros de paradas técnicas, equivalente a los datos de producción y de horas no productivas al mes, de los equipos eléctricos de cámaras de bombeo instalado en el perímetro de la mina Animón-Chungar, en el área de gestión de mantenimiento evaluadas mensualmente.

Después de a ver implementado la metodología de mantenimiento preventivo, se llegó a la siguiente conclusión, que la aplicación de cada una de las etapas como la programación de tareas, evaluación y codificación de los equipos, planificación de las actividades a corto y largo plazo son pilares básicos de la gestión de mantenimiento preventivo, los mismos que permiten mejorar la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo de una mina, en un 7%, cuyo resultado ha sido calculado en un promedio de 4 meses después de la implementación, donde se logró el objetivo establecido incrementar la eficiencia global (OEE)y reducir las paradas no planificadas, las horas no productivas registradas en el primer análisis realizado.

Además, cabe resaltar que las especificaciones dadas por los fabricantes para realizar mantenimiento preventivo de los equipos de forma bimestral y trimestral no guardan relación con las actividades que realizan los equipos en interior mina por diferentes factores tales como: temperaturas alta, cambio presión y humedad. Para ello, se implementó un nuevo programa de mantenimiento mensual a los 6 efectos principales del problema de baja eficiencia global detectados mediante diagrama de Pareto que mostrada en realidad problemática.

Por lo tanto, se concluye que la implementación de mantenimiento preventivo incremento la disponibilidad en 4%, rendimiento en 14%, y calidad se mantiene exactamente igual. Esto nos demuestra que la implementación ha sido conveniente para la empresa y la gestión de mantenimiento de la empresa Consegesa S.A.

Palabras claves: Mantenimiento, OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad.

ABSTRACT

In this research work entitled "Implementation of preventive maintenance to increase the overall efficiency of pumping chamber equipment in a mine, Pasco 2018". Its objective is to determine how the implementation of preventive maintenance increases the overall efficiency of pumping chamber equipment within a mine.

In this research with a fundamental purpose, a quantitative approach with a Pre - Experimental design. The study population is constituted by the technical stop records, the equivalent to production data and non-productive hours per month, the electrical systems of the pumps in the perimeter of the Animón-Chungar mine, in the management area of maintenance evaluated monthly.

After the implementation of the preventive maintenance tool, the following conclusion was reached: the application of each of the stages such as task scheduling, evaluation and coding of the teams, planning of short and long term activities term. Basic pillars of the management of preventive maintenance, the same results to improve the overall efficiency of the equipment of pumping chambers of a mine, by 7%, which has been included in an average of 4 months after the implementation, where the non-productive results recorded in the first analysis performed.

In addition, it should be noted that the specifications given by the manufacturers to carry out the preventive maintenance of the equipment on a bimonthly and quarterly basis are not related to the activities that the equipment in the mine is attended to by different factors such as: high quality, pressure change and humidity. For this, we have implemented a new monthly maintenance program to the 6 main effects of the problem of low overall efficiency detected by the Pareto diagram that shows the problematic reality.

Therefore, it is concluded that the implementation of preventive maintenance increases availability by 4%, performance by 14%, and quality remains exactly the same. This has shown that the implementation has been convenient for the company and the maintenance management of the company Consegesa S.A.

Keywords: Maintenance, OEE, availability, performance and quality.

I.INTRODUCCION

1.1 Realidad Problemática

En los últimos años existe mayor competencia en las empresas mineras, el análisis de mantenimiento de estas organizaciones tiene una visión direccionada a la eficiencia global de sus equipos. De tal manera que, sus sistemas de mantenimiento sean óptimos con bajos indicadores de falla en sus procesos productivos. Es así que, a nivel internacional hay muchas empresas expertas en mantenimiento de plantas, y en el sector minero, cada vez están preocupados en realizar una gestión óptima incorporando siempre el mantenimiento preventivo de los equipos y con ello conseguir mejores resultados.

Si bien es cierto existe gran cantidad de indicadores para evaluar la gestión de mantenimiento, sin embargo hay uno que agrupa tres indicadores en uno solo llamado eficiencia global. Para Sánchez (2015, p. 391-392), “el análisis de la eficiencia global de una máquina, permite conocer la situación en la que se encuentra la máquina en términos de aprovechamiento de una máquina”.

“la producción industrial se encuentra íntimamente ligada a la eficiencia de los equipos productivos. Una forma de incrementar la productividad, es mejorar la eficiencia de la gestión de mantenimiento sobre todo los equipos de producción.

Por tal razón, el sistema de mantenimiento es importante, fundamental en los procesos productivos de una organización o empresa. Ya que, si se les realiza mantenimientos periódicos a los equipos generara confiabilidad en los mismos aumentando la vida útil de cada equipo y por ende reducirá costos por paradas intempestivas que fácilmente podrían ser controladas por una buena gestión.

Si bien es cierto, el sistema de mantenimiento preventivo se basa principalmente en las fallas, en el desgaste de equipos industriales buscando resultados positivos para la organización, generando confiabilidad en los equipos productivos, confiabilidad en los productos terminados como también la seguridad de las personas.

Por consiguiente, la implementación de la gestión mantenimiento en la empresa Consegesa S.A. busca incrementar la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo, el rendimiento, la disponibilidad y calidad.

Además, las empresas dedicadas al mantenimiento de las empresas mineras compiten entre sí creando nuevos sistemas de mantenimiento; Tal es el caso que, en la exposición de la feria Expomin XV 2018, destacaron varias empresas contratistas enfocándose en la rendimiento y la calidad de los equipos e incrementar la productividad optimizando la gestión de mantenimiento.

Al respecto el diario el economista hace referencia a una empresa de servicios Schwager Energy, donde resalta la importancia de contratar a una empresa de servicios. “Asimismo, hay que tener en cuenta que la práctica más utilizada en la industria minera nacional es entregar al contratista la programación de recursos y la ejecución de la mantención, lo que puede impactar en la productividad del contrato; en un contrato típico, el tiempo productivo es de un 62% y de 55%, siendo el tiempo de trabajo efectivo. Según los análisis de Schwager, en promedio, "el tiempo no productivo es de un 15%, una brecha que se puede mejorar cuando se cuenta con esta información”. (El economista, 2018, “Schwager y una óptima gestión de mantenimiento” párr. 6).

Para el Perú la minería es un sector más grande que mueve la economía del país y genera mayor bolsa de trabajo. De acuerdo, a la información de ministerio de energía y mina (MEN) publicado en el diario el comercio menciona que la minería represento al alrededor de 10% del PBI y cerca del 62% del valor total de las exportaciones en el año 2017.

Las minerías en el Perú buscan el mayor rendimiento de sus equipos, para ello contratan empresas especializadas que les garantice las buenas condiciones y el buen funcionamiento de los mismos. Sin embargo, en la mayoría de las empresas tanto industriales como mineras, existe una creencia todavía de pensar que gestión mantenimiento es dar solución después que haya ocurrido una falla o un desperfecto con los equipos, conocido como mantenimiento correctivo.

En la empresa minera de VOLCÁN, en la unidad de producción Animon-Chungar, el área de mantenimiento eléctrico esta subdividido en 4 grupos: mantenimiento eléctrico de mina-zona, mantenimiento eléctrico superficie subestaciones y grupos, mantenimiento eléctrico de ventiladoras, mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de equipos de cámara de bombeo de agua y planta concreto. Por lo tanto, estos cuatro grupos tienen como objetivo mantener todos los equipos en funcionamiento. De esta manera, el área de mantenimiento tiene una gran responsabilidad cuando suceden eventos no

controlados tales como: inundaciones en zonas de la mina, fuera de servicio de transformadores por corto circuito, fallas por apertura intempestiva de TDF, ITM, fallas por bombas inoperativos, circuitos de automatización inoperativos, otras fallas en la superficie de la mina y planta concreto.

De acuerdo al análisis realizado según la criticidad y el impacto que causan cada uno de estos grupos de mantenimiento. Los mismos consultados mediante JUICIO DE EXPERTOS, a representantes de la gestión de mantenimiento (Residente turno día, Residente turno noche, Supervisor de turno día) se realizó el siguiente esquema.

Tabla 1 : Tabla de puntuación según análisis de criticidad en las 4 áreas de gestión de mantenimiento

Gestión de Mantenimiento eléctrico de la mina Animon-Chungar		
área de mantenimiento / análisis según impacto	Criticidad 1 al 100%	Impacto de 1 al 5
Mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de equipos de cámara de bombeo	90%	5
Mantenimiento eléctrico de mina-zona	80%	5
Mantenimiento eléctrico de ventiladores	50%	4
Mantenimiento eléctrico superficie subestaciones y grupos	45%	3

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 1, La valoración de la criticidad de acuerdo a los grupos se ha tomado desde 0 al 100%, del mismo modo para el impacto de la producción la valoración se toma desde 1 al 5, las cuales se encuentran en un cuadro al final de la investigación en el capítulo de anexos 01, 02.

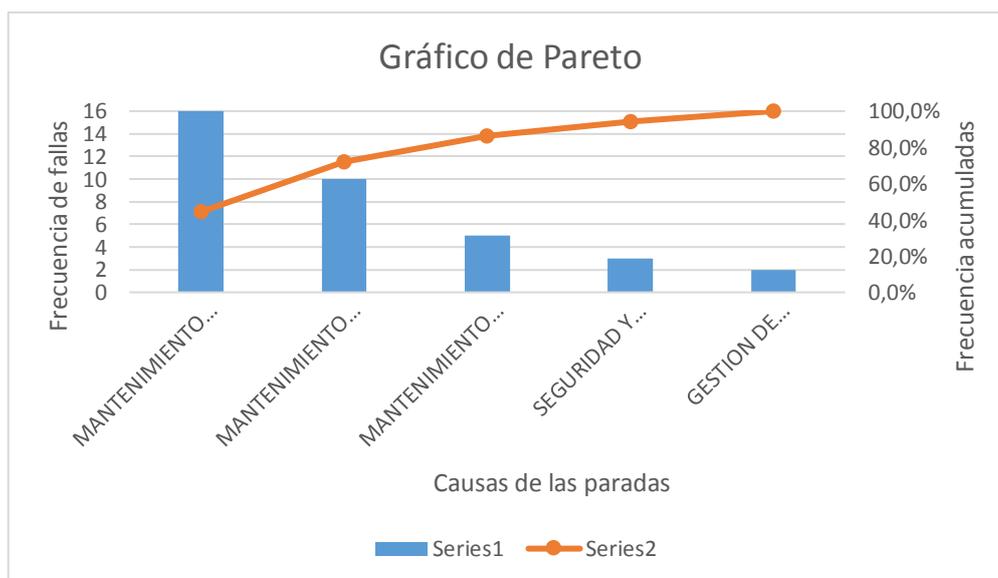
Después de analizar la criticidad de los equipos se pasa a analizar por medio del diagrama de Pareto, las posibles causas de gestión de mantenimiento que generan las paradas de equipos de cámaras de bombeo. El análisis detallado del cálculo se encuentra en el anexo que a continuación mostramos el resultado en una tabla y en el gráfico de Pareto.

Tabla 2: Tabla de análisis de causas que generan las paras de equipos de cámaras de bombeo

Tabla de análisis mediante diagrama de Pareto			
Posibles causas	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP)	16	44%	44%
MANTENIMIENTO CORRECTIVO (MC)	10	28%	72%
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	5	14%	86%
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL (SGO)	3	8%	94%
GESTION DE LOGISTICA (GL)	2	6%	100%
TOTAL	36	100%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Grafico de Pareto de causas de paradas de equipos de cámaras de bombeo



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el área de mantenimiento es de gran importancia, primordial en la mina y la mala gestión de la misma genera grandes pérdidas en la producción. Ya que, cada evento no controlado tiene muchas estimadas según su gravedad. Nos encantaría investigar e implementar a toda el área de la gestión de mantenimiento el mantenimiento preventivo. Pero, al aplicar esta herramienta en todas sus dimensiones hace que el costo de implementación y el costo de investigación sean alta. Es por esa razón, de acuerdo a

la criticidad de los hechos y a su importancia en la organización se decidió tomar como tema de investigación segmentada solo al grupo de mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de equipos de cámaras de bombeo. Para ello se recolectó información tanto de centro de control de operaciones y también del historial diario que se hace seguimiento a la gestión de mantenimiento para a las auditorías internas de la mina.

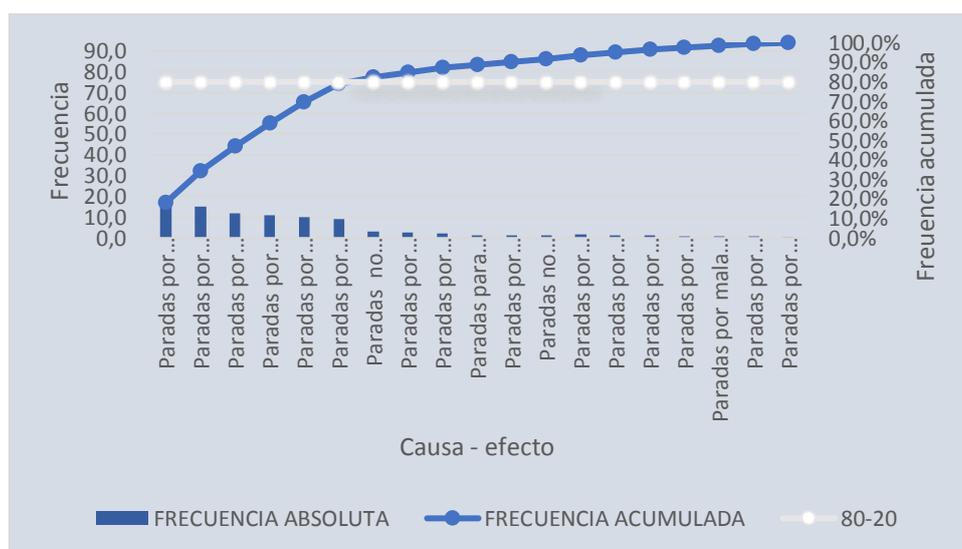
A continuación, el análisis elaborado en el cuadro siguiente de acuerdo a los datos obtenidos.

Tabla 3 : Tabla de Pareto en horas no productivas según los efectos de parada

Tabla de Pareto				
ITEM	Descripción de los efectos de paradas	Cantidad Horas no productivas	Frecuencia absoluta	Frecuencia acumulada
1	Paradas por desperfecto de circuitos de PLC, MPS, ups en tableros de E.C.B.	16,0	17%	17,5%
2	Paradas por acumulación de agua equipos en equipos de cámaras de bombeo	15,0	16%	33,9%
3	Paradas por equipos no operativos por acumulación de humos de pólvora, vehículos y equipos	12,0	13%	47,0%
4	Paradas por desperfectos de sensores de E.C.B.	10,0	11%	57,9%
5	Paradas por calibración de E.C.B.	10,0	11%	68,9%
6	Paradas por exceso de cargas en TDF	8,0	9%	77,6%
7	Paradas no productivos por falta herramientas de gestión	3,0	3%	80,9%
8	Paradas por cambio de repuestos mecánicos	2,5	3%	83,6%
9	Paradas por cancelación de actividad por problemas en herramientas de gestión	2,0	2%	85,8%
10	Paradas para toma de parámetros de motores eléctricos	1,5	2%	87,4%
11	Paradas por desabastecimiento de repuestos	1,5	2%	89,1%
12	Paradas no programas por cortes de energía eléctrica	1,5	2%	90,7%
13	Paradas por caídas de rocas que cortan los conductores de E.C.B.	2,0	2%	92,9%
14	Paradas por manipulación de terceros a tableros de control	2,0	2%	95,1%
15	Paradas por ventilación del ambiente (altas temperaturas en zonas)	1,2	1%	96,4%
16	Paradas por cambio de repuestos en circuitos de fuerza y control de E.C.B	1,0	1%	97,5%
17	Paradas por mala organización de actividades en zonas de trabajo (OT)	1,0	1%	98,6%
18	Paradas por cortes intempestivos de las subestaciones	0,8	1%	99,5%
19	Paradas por desperfectos de tarjetas de caudalímetro en planta shocrete	0,5	1%	100,0%
Total de horas paradas de los equipos del mes de marzo		91,5		
			100%	

Fuente: Historial de mantenimiento Consegesa SA.

Figura 2: Gráfico de paradas según frecuencia de efectos de paradas de equipos de cámaras de bombeo



Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se aprecia el gráfico de Pareto, los primeros 6 efectos que generan una gran cantidad de pérdidas en la producción por mantenimiento correctivo que afectan directamente al área de producción.

Teniendo estos datos se calcula el impacto que esto genera en la producción obteniendo como resultados de horas no productivas en %. A continuación, la siguiente tabla.

Tabla 4: Cuadro de estimación de horas no productivas 6 meses antes de la implementación

Cuadro de estimación de horas no productivas 6 meses antes de la implementación			
Días/horas programada por ECB	Día	7 Días X Sem.	30 Días X mes
Horas programadas	24	168	720
equipos de cámara de bombeo	21	21	21
Promedio de horas productivas	21,2	148,4	636,2
Promedio De horas no productivas	2,794	19,561	83,833
Fórmula para hallar el % del Prom. horas no productivas	$\% HNP = \frac{\text{Promedio de horas no productivas}}{\text{Total de horas productivas ESTIMADAS}} \times 100$		
% DE HORAS NO PRODUCTIVAS AL MES	11.6%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Estimación de pérdida de producción por horas no productivas

Estimación de pérdida de producción por horas no productivas			
Perdida de producción	Producción TM	Tiempo en segundos	Costo
Segundos	0,3333333 3	1	10
Minuto	20	60	600
Hora	1200	3600	3600 0
Tomadas de carga y descarga de producción			
3 segundos		1TM (1000 kg)	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, con respecto a la estimación de costo por horas no productivas podemos apreciar que una hora de parada del sistema de bombeo se estaría perdiendo un aproximado de 36 000.00 soles, es cual afecta directamente a la calidad de gestión de mantenimiento

De acuerdo a los datos que se registra en la tabla 4, se observa que existe un 11.6% de horas no productivas lo cual nos indica que existe una baja eficiencia global de los equipos (OEE).

De acuerdo a la cantidad de paradas (horas no productivas por mantenimiento) registradas en el centro de control y el historial del libro diario de reportes que se dan en el mantenimiento de los equipos de cámara de bombeo, se empezó analizar mediante la herramienta de causa-efecto que se encuentra en el anexo 04. Con los datos ya recopilados se logró identificar los problemas que generan paradas de alto impacto en el funcionamiento de los equipos de cámara de bombeo.

A continuación el grafico del diagrama causa efecto donde se aprecia los problemas que están generando la baja eficiencia global de gestión de mantenimiento. (Véase figura 2)

Figura 3 Diagrama de efectos



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta en un cuadro los resultados que se encontró mediante la herramienta del diagrama de Pareto, las causas que generan la baja eficiencia global en los equipos de cámaras de bombeo, de donde se obtuvo el 20% de las causas que generan un impacto de 80% en la baja eficiencia global de los equipos de cámara de bombeo.

Descripción de los 6 efectos encontrados mediante el diagrama de Pareto

Tabla 6 : Tabla los 6 efectos tomadas del análisis de Pareto (80-20)

ITEM	Descripción de Posibles causas – efectos
1	Paradas por desperfecto de circuitos de PLC, MPS, ups en tableros de E.C.B.
2	Paradas por acumulación de agua equipos en equipos de cámaras de bombeo
3	Paradas por equipos no operativos por acumulación de humos de pólvora, vehículos y equipos
4	Paradas por desperfectos de sensores de E.C.B.
5	Paradas por calibración de E.C.B.
6	Paradas por exceso de cargas en TDF

Fuente: Elaboración propia

1.2 Trabajos previos

Los cambios y avances que se dan en el mercado internacional hacen que las empresas sean más competitivas en todos los aspectos. Además, las tecnologías de punta están al alcance de todos; ya que se puede automatizar procesos sin mucha inversión y así reducir costos con la mejora de sus procesos e incrementar mayor productividad.

Realizar un mantenimiento planificado, organizado con los recursos necesarios realizando mejoras contantes se obtendrá mejores resultados. La eficiencia global está enfocada en mejorar la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos.

Al respecto, San Martín y Quesada (2014), “por lo tanto es necesario gestionar de manera correcta las necesidades y prioridades de la función de mantenimiento, para lograr los eficientes convenientes, a través de la mejora en cuanto a la eficiencia y eficacia de los procesos para poder alcanzar una excelencia operativa dentro del mantenimiento” (p.18).

De ello, Los aspectos fundamentales que resalta el autor con respecto a la gestión de mantenimiento son la eficiencia y eficacia de los procesos. Con lo que todas las empresas en la actualidad buscan ser líderes en sus sectores productivos. En tal sentido, el objetivo de la gestión de mantenimiento es tener las mínimas paradas por corrección de fallas en sus diferentes indicadores.

Contexto Internacional

El mantenimiento de equipos se viene haciendo desde muchos años atrás, concentrándose en el rendimiento y el funcionamiento de los equipos tanto como en la fabricación de los

armamentos de guerra y posteriormente la revolución industrial. Así lo mismo, se han realizado diversas pruebas y creaciones de sistemas de mantenimiento con la finalidad de preservar más la vida útil de los equipos.

Cervantes (2011, p. 70), Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos molduras en la empresa ANTIGUO ARTE EUROPEO S.A. DE C.V. Tesis (ingeniero en mantenimiento industrial).

Tula de Allende Hidalgo-México: Universidad Tecnológica Tula - Tepeji. Facultad de ingeniería de mantenimiento.

Su objetivo fue realizar un programa de mantenimiento preventivo a los equipos del departamento de marcos y molduras que contribuya a mejorar las operaciones de producción de marcos y molduras. Para lo cual empleó un diseño tipo tecnológico de estudio aplicativo, ya que se centra en la verificación de hipótesis, el diseño de la investigación es experimental, la población en este caso está constituido por todos múltiples componentes de los equipos producción los mismos que han sido considerados como muestra, del departamento de marcos y molduras de la empresa ANTIGUO ARTE EUROPEO S.A. DE C.V. La técnica empleada para la obtención de datos es la observación directa y El historial de datos generados reportes de actividades de mantenimiento.

El presente trabajo concluye que el sistema de mantenimiento preventivo ha logrado mejorar las operaciones de producción de 35% a 40%, y son aplicables a cualquier organización, que surge como necesidad de adelantarse a las fallas para evitar sobre costos por paro de maquinarias, incumplimiento en la entrega y daños graves en componentes de la maquinaria.

Tuarez (2013, p. 167), Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercialización de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (mantenimiento productivo total). Tesis (magister en gestión de la productividad y calidad).

Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ciencias naturales y departamento de matemáticas.

Su objetivo fue la implantación efectiva y gradual de un sistema de mejora continua bajo la filosofía TPM en la elaboradora y comercializadora de bebidas gaseosas. La metodología de investigación es de tipo aplicativo y un diseño pre-experimental con

muestras relacionadas. La población está constituida por todos los registros de producción de reportes generados (240 registros) del año 2011 y la muestra se tomó de forma aleatoria aplicando la formula estadística de cálculo de muestra aleatoria tomadas al azar de los 20 reportes entregados por los líderes de la producción de línea en año 2011. Y la técnica de recolección de datos fueron el acceso de los registro de control de producción e historial de mantenimiento de la empresa del año 2011.

El presente trabajo concluye con la mejora del mantenimiento preventivo de los equipos productivos de un 57% a un 91%, alcanzando un incremento de un 34% luego de la implantación del TPM en la gestión de mantenimiento. Además, se redujo la cantidad de mantenimiento correctivo no planificado que empezó con 25 actividades en el mes de enero y al mes de junio se redujo a 13 y por otra parte se disminuyó el tiempo de reparación de los equipos sobre todo en la llenadora de botellas, el tiempo promedio de para por daños era 1.897 horas (113 minutos) luego de la implantación se redujo a 1300 horas (78 minutos) representando 35 minutos de reducción por tiempo de reparar a una máquina.

Contexto nacional

A medida que va pasando el tiempo se realizan muchas investigaciones respecto a la gestión de mantenimientos y a continuación citamos a los autores quienes resaltan la importancia del mantenimiento en las industrias. A pesar de que, el mantenimiento correctivo sea muy eficiente y eficaz en algunos casos, si no se hace planificación, un historial de fallas, un mantenimiento predictivo y preventivo, los costos por mantenimiento seguirán siendo caros porque él no prever hace que se genere más paradas intempestivas por desperfectos de equipos en la planta.

Casachahua (2017, p. 106), Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A. Tesis (ingeniero mecánico).

Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de ingeniería mecánica. Su objetivo fue Elaborar un plan de mantenimiento basada en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa EECOSEM SMELTER S.A. Con la idea de fortalecer conocimientos para la confiabilidad y mantenibilidad de un sistema de mantenimiento preventivo que influirá de forma directa la disponibilidad mecánica. Tipo de investigación tecnológico de estudio aplicativo, ya

que se centra en la verificación de hipótesis, el diseño de la investigación es Pre-experimental, con un grupo de pre y post prueba, la población en este caso son las tres excavadoras CAT 336 de la empresa ECOSEM SMELTER. La muestra está constituida por toda la población en este caso las tres excavadoras CAT 336, considerado una muestra no probabilístico ya que la población es muy pequeña. La técnica empleada para la obtención de datos es la observación directa, las encuestas, entrevistas, análisis documental, observación no experimental y observación experimental.

El presente trabajo concluye con la mejora de la disponibilidad mecánica mínima de 81% de las excavadoras CAT 336, mejorando en un 9 % llegando a 90% de la disponibilidad mecánica. Con las constantes capacitaciones comprometiendo e involucrando a todos en la organización se logró el desarrollo de un trabajo ordenado, limpio mejorando la calidad del trabajo, la responsabilidad dentro de la empresa.

Rojas, Raúl (2014, p. 207), Gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de san Fernando. Tesis (ingeniero industrial).

Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de ingeniería industrial. Su objetivo fue Modificar la gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de la planta de alimentos balanceados de San Fernando S.A. Para lo cual empleó un diseño tipo tecnológico de estudio aplicativo, ya que se centra en la verificación de hipótesis, el diseño de la investigación es Pre-experimental, con un grupo de pre y post prueba, la población en este caso está constituido por todos los 41 equipos producción los mismos que han sido considerados como muestra, del área de molienda de planta de alimentos. La técnica empleada para la obtención de datos es la observación directa y del formato de datos generales, formato de reportes de actividades de mantenimiento, formato de actividades preventivas y autónomas.

El presente trabajo concluye con la mejora de la eficiencia global de los equipos productivos de un 65% a un 70%, alcanzando un incremento de un 5% luego de la aplicación de la nueva Gestión de mantenimiento, El rendimiento de los equipos mejora de un 67% a 71% ya que el personal se encuentra más comprometido con los equipos y evita las pequeñas paradas que puedan afectar el funcionamiento útil de los equipos, esto debido a que forman parte del mantenimiento autónomo. También se logró cambiar el manejo de la gestión de mantenimiento que antes era monitoreada y ejecutada por contratistas ahora es controlada por la misma empresa.

Una buena gestión de mantenimiento debe adaptarse a los cambios que se generan con el tiempo. De esta forma, se estará preparado para afrontar los nuevos problemas existentes en la organización y además la gestión de mantenimiento aportará con su eficacia la reducción de costo innecesario en la producción.

Tuesta, Migue (2014, p. 221), Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa. Tesis (ingeniero mecánico).

Callao: Universidad Nacional del Callao. Facultad de ingeniería mecánica energía.

Su objetivo fue Establecer un plan de mantenimiento de los equipos pesados para mejorar la disponibilidad de los mismos, para reducir las paradas imprevistas y al más bajo costo. La investigación corresponde al tipo descriptivo y un diseño comparativo porque recogió la información de manera independiente de los variables. La población en este caso está constituido por diferentes áreas tales como mecánica, electricidad, llantería. La muestra En la presente investigación se trabajó con el 100% de la población objeto de estudio, por ser este un número finito, conocido por elementos que se puede manejar, donde se pueden aportar datos de interés para la investigación, técnica empleada para la obtención de datos es la observación directa y análisis mediante entrevistas, encuestas.

El presente trabajo concluye con la mejora de la eficiencia global de los equipos productivos a un 65% después de la aplicación de un plan de mantenimiento, el investigador resalta también que para conseguir mejores resultados es necesario tomarse más tiempo y tener el apoyo suficiente de la gerencia. Además, concluye que el plan de mantenimiento mejora la disponibilidad de los equipos pesados y tendrá efectos positivos para la organización en un determinado tiempo.

1.3 Teorías relacionadas al tema

Variable Independiente: Mantenimiento Preventivo

Breve reseña histórica

A partir de los años 60, aparecen herramientas de gestión incluyendo entre ellas el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, los cuales han sido muy tomadas en cuentas por la industrial de aquellos tiempos.

Con respecto a ello, García (2010), “que a partir de la primera guerra mundial, y sobre todo la segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento

buscan no solo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan” (p. 1).

Desde aquel entonces, la preocupación por conseguir la optimización del mantenimiento se realizan muchos experimentos de donde aparece mantenimiento preventivo basándose principalmente en prevenir las fallas y buscando las posibles soluciones de las mismas para que en el futuro sea ejecutado en menor tiempo posible.

Con el propósito de reducir la cantidad de fallas en sus sectores productivos las empresas optan por realizar un mantenimiento productivo total (MPT), mantenimiento basado en la fiabilidad (RMC), etc. Pero a pesar de ello, seguían existiendo carencias en cuanto a la calidad de mantenimiento por distintas razones que pueden ser: recursos disponibles para su ejecución.

Para estar seguro de lo que se está investigando es necesario conocer algunos conceptos básicos acerca de gestión de mantenimiento eléctrico, mantenimiento preventivo y cómo lograr el objetivo; a continuación, las siguientes definiciones.

Mantenimiento

Según, Rodríguez (2012), “el mantenimiento es un conjunto de actividades que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal manera que cumpla las funciones para las cuales han sido diseñados y asignados o restablecer dicha condición cuando esta se pierde” (p. 22).

Para Becerra y Paulino (2012) [...] “el mantenimiento es una ciencia que se aplica en equipos, maquinas o sistemas productivos que genera el ser humano, y cuyo fin es preservar los equipos industriales mediante su construcción, reparación o mantenimiento” (p. 52).

Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento preventivo según García (2015), “las acciones realizadas durante un tiempo o un programa automatizada para detectar, impedir o mitigar la degradación de un componente o sistema con el objetivo de mantener o ampliar su tiempo de servicio a través del control de la degradación a un nivel aceptable” (p. 12).

Es decir: el mantenimiento preventivo es todo aquello que lleva un análisis minucioso acerca del correcto funcionamiento de los componentes de un equipo con la verificación de su estado, limpieza orden y mantenimiento. En conclusión, el mantenimiento preventivo tiene la finalidad de prolongar la vida útil de un sistema o instalación de equipos.

Por otro lado, Villegas (2014), “el mantenimiento preventivo es el que utiliza los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, y otras [...] su objetivo es adelantarse a la aparición de o predecir la presencia de fallas” (p. 26).

Objetivos del mantenimiento

Es apoyar al proceso de producción con los niveles adecuados de disponibilidad, rendimiento y calidad todo esto en un intervalo de tiempos establecidos. El objetivo de mantenimiento es garantizar el correcto funcionamiento de los equipos. Como también contribuye en la optimización de recursos y reducción de costos. Todo ello dependerá de una buena organización y de la buena gestión.

De este modo, los objetivos de mantenimiento según su naturaleza podrían ser:

- evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes;
- - disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar;
- - evitar detenciones inútiles o paradas de máquinas;
- - evitar accidentes;
- - evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas;
- - balancear los costos de mantenimiento en términos del rendimiento de la empresa; alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Fallas

Según García (2014), “decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debería darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión” (p. 3).

Tal es el caso, cuando ocurren eventos no deseados que pueden alterar la calidad de procesos, de producto y la eficiencia de la producción podemos estar hablando de una falla en sus instalaciones. Además, la falla puede presentar de distintas magnitudes tales como:

Las fallas menores: este tipo de fallas demanda poco tiempo y recursos en la solución que se puede dar.

Las fallas mayores o de gravedad: este tipo de falla puede demandar mayor tiempo y mayor recurso para su posible solución y afectan directamente en forma crítica a la producción, a la calidad del producto.

Estrategias de mantenimiento

En la mayoría de las empresas se descuida del área de mantenimiento dándole poca prioridad a la gestión de la misma. De este modo, se comete un error grave al pensar que el área de mantenimiento esta solo para dar solución a los problemas cuando ello es necesario, muy por lo contrario, obvian el tiempo y recurso que les toma dar solución a un problema que no ha sido tratado debidamente en a su tiempo.

De acuerdo a Mendoza (2016), “para que el accionar de mantenimiento no se vea entorpecido o limitado debe estar en el mismo nivel jerárquico que la producción, no hay que olvidar que, si dar mantenimiento a los equipos consume tiempo de la operación, el no dar mantenimiento lo consume peor, el mantenimiento no puede ser ignorado o minimizado porque el desempeño y la confiabilidad disminuirán” (10 p).

Por consiguiente, agregando a lo que el autor menciona en la cita textual acerca del desperdicio mayor del tiempo cuando este no se dé un mantenimiento adecuado a los equipos genera mayor costo y recurso en su intervención prolongada en dar la solución.

Las estrategias de mantenimiento deben ser óptimas y eficientes en la gestión de mantenimiento que vela el correcto funcionamiento de los equipos en un sistema de producción u otras instalaciones.

Implementación de mantenimiento preventivo

La implantación del mantenimiento preventivo consiste en mejorar la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de funcionamiento de los equipos de cámaras de bombeo de la mina. Y para ello, juntar estos tres indicadores y demostrar que realmente existe un

cambio se optó por considerar al indicador de eficiencia global que reúne estas tres características y con ello optimizar la gestión de mantenimiento buscando claramente aumentar la productividad y reduciendo las cantidades de paradas no programadas por mantenimiento correctivo.

Pasos para la implementación de mantenimiento preventivo

Estos pasos se deben considerar para tener un buen plan de mantenimiento preventivo:

1. Lo primero que se debe hacer es identificar a todos los equipos en cuestión, en este caso a los 43 equipos de cámaras de bombeo, codificarlos, señalar el tiempo de vida útil que lleva trabajando, si es nuevo considerar desde su instalación. También se debe considerar clases y tipos de los repuestos dando prioridad a ello según la importancia para que la maquina siempre esté operativa.
2. Segundo, se debe elaborar unos procedimientos de pasos y estandarizar para que cualquier técnico especializado venga y lo entienda con facilidad. En la mayoría de los equipos y maquinarias normalmente suelen poner sus diagramas de instalación e incluso los diagramas eléctricos y los pasos de mantenimiento. Con estas características se debe crear un procedimiento único que esté disponible siempre para quienes intervengan los equipos.
3. Tercero, esta parte es fundamental e importante de estos tres pasos. Tal vez sea un poco más crítico para realizar un plan óptimo para la revisión de los equipos, se debe considerar en este tercer paso los siguientes:
 - Seguir las indicaciones del fabricante y tomar nota del primero y segundo paso mencionado líneas arriba.
 - Estar pendiente las especificaciones técnicas y del entorno de los equipos de cámaras de bombeo ya que pueden ser los mismos equipos pero están instaladas en diferentes condiciones de trabajo.

Las seis grandes pérdidas de los equipos

1. Pérdidas por puesta en marcha del equipo: Referida a la cantidad producida al arranque del equipo, la cual, está por debajo de la capacidad obtenida una vez superada esta fase.
2. Pérdidas de velocidad del proceso: Son las pérdidas ocasionadas por la diferencia de velocidad de diseño del equipo y la velocidad real de operación.

3. Pérdidas por averías y fallos en los equipos: Estos provocan paros en el proceso y disminución de la producción; debido a problemas tanto mecánicos como eléctricos impidiendo el funcionamiento del equipo.
4. Tiempos de preparación: Son pérdidas por cambio de elementos en máquinas para atender los pedidos de la producción.
5. Defectos de Calidad: Tiempo perdido en producir productos de baja calidad, productos irrecuperables y productos para reproceso.
6. Tiempo de ciclo en vacío y pequeñas paradas: Tiempos en los que la máquina opera, pero realiza sin producir ningún producto, ocasionando pérdidas de capacidad y productividad de los equipos.

Eficiencia Global

Sánchez (2015), “La eficiencia global es un concepto que está asociado al trabajo realizado por máquinas [...] si se tiene un buen rendimiento se obtiene buenos resultados con poco trabajo” (p. 390).

Eficiencia global (OEE) = (Disponibilidad X Rendimiento X Calidad)

El análisis de la eficiencia global de una máquina permite conocer la situación en el que se encuentra la máquina en términos de aprovechamiento de una máquina.

Esta herramienta se basa en la medida de 3 indicadores de gestión de mantenimiento:

1. **Disponibilidad:** tiempo real dedicado para que la máquina esté produciendo.
2. **Rendimiento:** la producción que se obtiene en comparación con lo que se esperaba.
3. **Calidad:** porcentaje de cosas buenas que se obtiene en total.

Pasos para las aplicaciones eficiencia global:

- Tiempo de máquina parada en cambio de elementos y puesta a punto.
- Tiempo de cambio y alimentación del material.
- Tiempo de limpieza y mantenimiento.
- Producción realizada y contraste con la producción esperada.
- Piezas buenas producidas.

Indicadores de Eficiencia Global

Disponibilidad

Apaza (2015), “Para calcular la disponibilidad, se le debe restar del tiempo calendario las paradas programadas (mantenimiento programado, pérdida por fallos administrativos o de control) y el tiempo perdido por paradas (Averías, fallos de equipo, cambio de línea y regulaciones)” (p. 50).

Sánchez (2015), “tiempo real dedicado para que la maquina esté produciendo” (p. 390).

$$DISP = \frac{\textit{Tiempo efectivo de trabajo}}{\textit{Tiempo planeado}}$$

Rendimiento

Apaza (2015), “El ratio de producción estándar es equivalente a la capacidad con la cual fue diseñada la planta y la capacidad intrínseca de la planta en particular. Esto puede ser expresado como toneladas/hr, toneladas/ día. El ratio de producción actual (t/h) es como la división de la producción actual en toneladas sobre el tiempo de operación” (p. 50).

Sánchez (2015), “la producción que se obtiene en comparación con lo que se esperaba” (p. 390).

A) Ratio de eficiencia

$$RE = \frac{\textit{Volumen de produccion actual x tiempo de ciclo actual}}{\textit{tiempo de trabajo actual}} \times 100$$

B) Eficiencia de velocidad

$$SE = \frac{\textit{Tiempo de ciclo programado}}{\textit{Tiempo de ciclo real}}$$

Rendimiento

$$REND = RE * SE$$

Calidad

Apaza (2015), “El indicador de calidad es equivalente a la producción aceptable lista para venta sobre la producción total” (p. 50).

Sánchez (2015), “Porcentaje de cosas buenas que se obtiene en total” (p. 390).

$$Calidad = \frac{Produccion\ total - produccion\ rechazada}{Produccion\ total}$$

Formula de calidad para la investigación que se está realizando

$$Calidad = \frac{Produccion\ total - produccion\ rechazada}{Produccion\ total}$$

Producción total: La cantidad de flujo de agua que se bombea desde interior mina durante el día. (Día = 24 horas).

Producción rechazada: Por cada parada imprevista se calculó que se pierde 15% de la última hora producida.

Gestión de mantenimiento

Variable Dependiente: Gestión de Mantenimiento

Cuatrecasas (2012), “el primer paso firme para la exigencia de una gestión del mantenimiento de alta eficiencia fue la aparición de los sistemas de gestión flexible de la producción [...] que ha comportado abandonar el objetivo de producir de acuerdo a la máxima capacidad disponible [...] para pasar a reorganizar los sistemas productivos y reasignar recursos de forma que se consiga adaptar la producción de cada momento a las necesidades reales, además [...] pretende que la producción se logre en relación a un conjunto de actividades, consumidoras de recursos, las cuales se reducirán a las mínimas estrictamente necesarias [...]” (p. 670).

De igual forma García (2014), “la necesidad de organizar adecuadamente la gestión de mantenimiento con la introducción de estrategias de mantenimiento preventivo y el control de mantenimiento correctivo tienen como objetivo optimizar la disponibilidad de los equipos del sistema productivo [...] la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa el requerimiento de una organización orientada a controlar los costos” (p. 11).

Tipos de mantenimiento más usados en las industrias

Existen una variedad de investigaciones acerca de los tipos del mantenimiento y su importancia de cada uno de ellas en la organización. Por ende, En los últimos años, el mantenimiento se viene desarrollando en muchas empresas de la siguiente forma:

mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento total (TPM).

Mantenimiento correctivo

Para García (2014), “las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a desperfectos no detectados durante inspecciones predictivas, a errores operacionales [...] a la ausencia de aplicación de técnicas prevención o detección, a requerimientos de producción que generan políticas como la de “reparar cuando falle” (p. 14).

Cuando suceden eventos no esperados tales como fallas de equipos se pasa inmediatamente a dar solución instantánea, ya que la producción no debe parar. Es por esta razón que este tipo de mantenimiento se vuelve fundamental y vital en diferentes empresas y contratan a empresas terciarias para realizar dicho mantenimiento. Sin embargo, este tipo de mantenimiento suele ser más costoso por lo mismo que demanda mayor recurso disponible y tiempo a presión para continuar con el proceso.

Mantenimiento total (TPM)

Según Hernández y Vizán (2013), “es el conjunto de técnicas orientadas a eliminar averías a través de la participación y motivación de todos los empleados [...] la idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios” (p.48).

1.4 Formulación del problema

Los problemas observados en el área de mantenimiento eléctrico de la empresa de Chungar-Volcan en la planta ANIMON, son por falta de una buena gestión de mantenimiento, en la presente investigación se busca eliminar o disminuir las fallas constantes por parada intempestivas de equipos de cámara de bombeo, que fueron planteadas para generar mejoras económicas y conocimiento en cuanto a la realización de un mantenimiento óptimo en todo el sistema de cámaras de bombeo el cual permitirá dar mejores resultados a las siguientes interrogaciones.

Problema general

- ¿Cómo la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo de una mina?

Problemas específicos

- ¿Cómo la implementación de mantenimiento preventivo incrementa el rendimiento en equipos de cámara de bombeo de una mina?
- ¿Cómo la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en equipos de cámara de bombeo de una mina?
- ¿Cómo la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la calidad en equipos de cámara de bombeo de una mina?

1.5 Justificación del estudio

Además de los objetivos y las preguntas de investigación, siempre es necesario justificar mencionado las razones. Los mismos que deben convencer al lector que realmente son necesarios la realización de esta investigación. Esto debe ser explicado con claridad y coherencia los motivos del porque se está llevando a cabo esta investigación. Teniendo en cuenta que el principal beneficiario de este proyecto de implementación de gestión de mantenimiento es la empresa minera de Chungar, ya que al mejorar la eficiencia global mejora la cantidad de su producción.

Justificación Teórica

Valderrama (2007), “Un investigador ofrece una justificación teórica cuando pretende contribuir al conocimiento de un área de estudio. De alguna manera con la justificación de esta clase se espera un aporte de la tesis en el desarrollo de algún aspecto de la ciencia, puede ser en la descripción de los hechos, fenómenos u objetos que antes no habían sido descritos o debido a que su descripción era limitada, incompleta o errónea” (p. 123-124).

Se busca aplicar en la presente investigación todos los conocimientos adquiridos a lo largo de los cinco años de carrera de Ingeniería Industrial, especialmente tocando los temas

basados en Gestión de mantenimiento, Producción y Optimización de recursos para obtener mejores resultados en el ámbito laboral y profesional.

Justificación Metodológica

Bernal (2010), “En investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable. “Si un estudio se propone buscar nuevos métodos o técnicas para generar conocimientos, busca nuevas formas de hacer investigación, entonces podemos decir que la investigación tiene una justificación metodológica” (p. 113).

El presente estudio se justifica pues se utilizarán las metodologías de la investigación científica que nos permitirán relacionar nuestras variables de estudio que son el mantenimiento preventivo y la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo (OEE), empleando las herramientas que nos brinda cada una de estas variables, y haciendo uso de las metodologías y técnicas específicas (instrumentos, formularios, fórmulas matemáticas etc.), que finalmente nos servirán para el estudio del problema de bajo índice de eficiencia global de cámaras de bombeo (OEE) en el área de mantenimiento eléctrico, que a su vez que servirá como ejemplo para ser aplicados por otros investigadores en estudios posteriores.

Justificación Social

Las razones que nos lleva a realizar esta investigación es para identificar los problemas que existen en la carencia de gestión de mantenimiento, con ello se busca los mejores resultados posibles convenientes para nuestra investigación.

Partiendo de los resultados positivos de las investigaciones que se realizaron respecto a la implementación de gestión de mantenimiento, desde su creación hasta la actualidad sigue siendo una tendencia de éxito en la industria, es la razón que nos ha llevado realizar el análisis de dichos problemas que se generan contrastantemente que perjudica la eficiencia global de la producción propuesta por la empresa mensualmente. Por lo tanto, para evitar costos innecesarios en paradas de equipos que pueden ser controladas mediante una adecuada programación se puede lograr incrementar la eficiencia global de la cámara de bombeo.

Justificación económica

El presente proyecto de investigación se enfocara en dar a conocer las cualidades de realizar una buena gestión de mantenimiento con la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo; Además, se dará conocer la importancia de reducir costos aproximados por una hora de S/. 36000,0 por horas no productivas e incrementar la el rendimiento de cámara de bombeo, en tal sentido será útil para cualquier investigador relacionado al tema y sin dejar de lado que existe la posibilidad de mejora, con recomendaciones y posibles soluciones para la empresa de servicios Consegesa SA, que administra la gestión de mantenimiento eléctrico de la mina Animon-Chungar.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

Ha

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia global en equipos de cámara de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia global en equipos de cámara de bombeo de una mina

1.6.2 Hipótesis específicos

- La implementación de mantenimiento preventivo incrementa el rendimiento en equipos de cámara de bombeo de una mina.
- La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en equipos de cámara de bombeo de una mina.
- La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la calidad en equipos de cámara de bombeo de una mina.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Determinar como la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia global en equipos de cámara de bombeo de una mina.

1.7.2 Objetivos específicos

- Determinar cómo la implementación de mantenimiento preventivo incrementa el rendimiento en equipos de cámara de bombeo de una mina.
- Determinar cómo la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad en equipos de cámara de bombeo de una mina.
- Determinar cómo la implementación de mantenimiento preventivo incrementa la calidad en equipos de cámara de bombeo de una mina.

II. METODO

2.1 Diseño de la investigación

El presente trabajo se basa en el diseño Pre-Experimental es de carácter transversal porque se toma en cuenta el año 2018 como el tiempo de interés, de manera que solo se evalúa el momento mismo en el cual existe.

2.1.1 Tipo de Estudio

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada, porque propone implementar el mantenimiento preventivo en la gestión de mantenimiento en los equipos de cámara de bombeo de una mina, que administra la empresa de servicios eléctricos Consegesa S.A.

El presente trabajo presenta además un tipo de investigación **cuantitativa** y **longitudinal**, pues el estudio del fenómeno se realizó a través de un determinado periodo de tiempo obteniéndose datos numéricos del comportamiento de la variable dependiente (Gestión de mantenimiento mediante la eficiencia global), antes y después de la aplicación de la variable independiente Mantenimiento Preventivo.

2.1.2 Finalidad de investigación

El presente trabajo de investigación pretende conseguir la mayor información posible para lograr añadir ideas, pensamientos, conclusiones de los que realmente ya existe en las investigaciones anteriores. Esta investigación, será consecuente de los trabajos realizados por otros investigadores, con la única finalidad de lograr el objetivo anhelado. Para ello, se tomará en cuenta el tiempo, los recursos, el costo porque son esenciales para analizar los diferentes factores que involucran en toda la gestión de mantenimiento” en los equipos de cámara de bombeo de una mina, que administra la empresa de servicios eléctricos Consegesa S.A.

2.1.3 Nivel de investigación

La presente investigación se sitúa en un nivel descriptivo y explicativo, es descriptiva porque se va a medir y describir la variable independiente “mantenimiento preventivo y la variable dependiente gestión de mantenimiento” en los equipos de cámara de bombeo de una mina, que administra la empresa de servicios eléctricos Consegesa S.A.

Asimismo, es explicativo por que responderá por las causas y condiciones que ocurren las paradas de equipos, horas improductivas. Es por ello que, esta investigación expondrá

como la implementación de mantenimiento preventivo optimizará la gestión de mantenimiento mejorando la eficiencia global en los equipos de cámara de bombeo de una mina, que administra la empresa de servicios eléctricos Consegesa S.A.

2.2 Variable de operacionalización

2.2.1 Variable Independiente: Mantenimiento preventivo

Según Rodríguez (2012), El mantenimiento es un conjunto de actividades que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal manera que cumpla las funciones para las cuales han sido diseñados y asignados o restablecer dicha condición cuando esta se pierde (p. 22).

2.2.2 Variable Dependiente: Eficiencia global de gestión de mantenimiento de equipos de cámaras de bombeo.

Para Sánchez (2015), “La eficiencia global es un concepto que está asociado al trabajo realizado por maquinas [...] si se tiene un buen rendimiento se obtiene buenos resultados con poco trabajo” (p. 390).

2.2.3 Dimensiones de las variables:

Variable Independiente

Índice mantenimiento programado
Índice de cumplimiento
Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Variable Dependiente

Índice de calidad
Índice de disponibilidad
Índice de rendimiento

Tabla 7: Variable de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
VI: mantenimiento preventivo	Según Valdés y San Martín (2009, p. 55), mantenimiento preventivo que se hace con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, y mantener en un nivel determinado los equipos, se conoce como mantenimiento directo o periódico, por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo; se basa en la confiabilidad del equipo.	El mantenimiento preventivo se implementará en todos los equipos de las cámaras de bombeo, para incrementar la vida útil de los equipos, el cual se desarrolla de manera sistemática programada por el planificador del mantenimiento.	Índice de Mantenimiento programado	% de mantenimiento programado $IMP = \left(\frac{\text{Horas totales mantto programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantto}} \right) * 100$	Porcentual
			Índice de Cumplimiento	% de cumplimiento de Mantenimiento preventivo al mes $IC = \left(\frac{\text{(total actividades ejecutadas)}}{\text{(Total de actividades programadas)}} \right) * 100$	Porcentual
			Indicie de tiempo medio entre fallas	$MTBF = \frac{TT - NOT}{F}$ <p>DONDE: TT= Tiempo total NOT= Tiempo no operacional F= Número de fallas</p>	Razón

Cuadro: Elaboración propia

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
VD: Eficiencia global de gestión de mantenimiento de equipos de cámaras de bombeo.	Para Sánchez (2015), “La eficiencia global es un concepto que está asociado al trabajo realizado por maquinas [...] si se tiene un buen rendimiento se obtiene buenos resultados con poco trabajo” (p. 390).	La Eficiencia Global se realizada de la siguiente manera: cálculo de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Con estos tres datos podemos mostrar en qué situación se encuentra realmente los equipos y tomar una decisión.	Índice de calidad en ECB	Calidad en equipos de cámara de bombeo $CAL = \frac{(Produccion Aprobada)}{(Produccion Total)} \times 100$	PORCENTUAL
			índice de disponibilidad en ECB	Disponibilidad de equipos de cámara de bombeo $DISP = \frac{Tiempo\ efectivo\ de\ trabajo}{Tiempo\ planeado}$	PORCENTUAL
			índice de rendimiento en ECB	Rendimiento de equipos de cámara de bombeo $RE = \frac{Vol. de prod. actual \times t de ciclo actual}{tiempo de trabajo actual} \times 100$ $SE = \frac{Tiempo de ciclo programado}{Tiempo de ciclo real}$ $REND = \text{Ratio de velocidad (RE)} \times \text{eficiencia de velosidad(SE)}$	PORCENTUAL

Cuadro: Elaboración propia

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Población según, Gonzales y Salazar (2008), “El conjunto de datos de los cuales se ocupa un determinado estudio estadístico se llama población y está ligado a los que se pretende estudiar [...] desde un punto de vista estadístico, una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales se pretender indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación” (p 11).

La población del proyecto está constituida por los registros de las paradas técnicas de máquinas por mantenimiento 6 meses antes y 6 meses después (índice de horas no productivas) de equipos eléctricos de cámara de bombeo en una mina; la cual es infinita, segmentada en 6 meses antes y 6 meses después son tomadas del historial de mantenimiento y de los reportes diarios del centro de control de la mina.

2.3.2 Muestra

Muestra según, Gonzales y Salazar (2008), “La muestra estadística es una parte de la población, o sea, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo” (p 15).

La muestra está constituida por los registros de paradas técnicas, equivalente a los datos de producción y de horas no productivas al mes, de los equipos eléctricos de cámara de bombeo instalado en el perímetro de la mina Animón-Chungar. Donde la muestra fue calculada mediante la fórmula para muestras relacionadas (apareadas o repetidas), se tomó aleatoriamente 10 registros como base para calcular, la varianza, desviación estándar, tomando valores de $1-\alpha$ con un confiabilidad del 95%, $1-\beta$ con 20% del margen de error bilateral, de donde se obtuvo mediante la formula la muestra de 21 registros aleatorios de 6 meses antes y 6 meses después.

$$n_c = n_e = \frac{(Z_{\alpha/2} * Z_{\beta})^2 * S^2}{d^2}$$

2.4 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos, valides y confiabilidad

2.4.1 Instrumento de Recopilación de Datos

Los datos que se utilizarán serán mediante los registros del centro de control operativo mensual de la mina y los registros del historial diario que se ejecuta por los electricistas de la empresa administradora del mantenimiento eléctrico en la mina de Chungar S.A.

2.4.2 Validez

Según Hernández (2003), “La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir” (p. 243),

Para que está presente investigación sea validada los indicadores han sido evaluados por los representantes de la empresa y sometido a un juicio de expertos de tres ingenieros industriales de la Universidad Cesar Vallejo, quienes antes de aprobar revisaron minuciosamente los indicadores.

2.4.3 Confiabilidad

Según Hernández (2003, p. 243), indica que “la confiabilidad de un instrumento de medición está referido al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto, reporta iguales resultados”.

Para la confiabilidad del estudio realizado, los equipos de medición usados (calculadora y equipos de cómputo), han sido revisados y calibrados por un ingeniero especialista de sistemas de la gestión de mantenimiento mina. Convenientemente se optó por solicitar a los representantes de la empresa una carta de confiabilidad de datos y constatación de que los instrumentos de recolección como las fichas, hojas de registros y los formatos elaborados, tuvieron el visto bueno. Véase en el anexo 20.

Instrumento o herramienta de Medición: el instrumento de medición serán el libro Excel por medio de los datos estadísticos registrados de acuerdo a las actividades y tipos de fallas presentadas en los equipos de cámara de bombeo.

Observación de Campo: en el cual se certifica realmente la optimización de mantenimiento mediante la medición por los aparatos de medición del rendimiento de los equipos y la eficiencia de los mismos (equipo: amperímetro, voltímetro, capacímetro, telurímetro)

2.5 Métodos de análisis de datos

2.5.1 Análisis Descriptivo

Con respecto al análisis descriptivo se verifica la veracidad de los datos mediante comparaciones con los demás meses en cuestión y además se utilizan todos los datos con respecto al historial de mantenimiento que se le hace a cada equipo de cámara de bombeo.

Para ello mediante el uso de programa SPSS, se verifica para esta investigación la media, mediana, moda, desviación estándar y coeficiente de variabilidad.

2.5.2 Análisis Inferencial

Según Hernández (2003), “Una hipótesis en el contexto de la estadística inferencial es una proposición respecto a uno o varios parámetros, y lo que el investigador hace por medio de la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis poblacional es congruente con los datos obtenidos en la muestra” (p.348).

El presente trabajo está basado en datos cuantitativos, es por ello que este se inclina hacia el análisis ligado a las hipótesis donde haremos uso primeramente de los métodos de la estadística descriptiva, para luego hacer uso de la estadística inferencial haciendo uso de la distribución T student, debido a que el tamaño de nuestra muestra es pequeña.

A través del T student llegaremos a comparar las medias aritméticas y las desviaciones estándar de un grupo de datos antes y después de la aplicación y determinaremos si entre esos parámetros las diferencias son estadísticamente significativas o si solo son aleatorias.

2.6 Aspectos éticos

El investigador da fe que los datos obtenidos son verídicos, bajo la autorización para el uso de los datos para el desarrollo de la presente investigación y previo compromiso a ceñirse a las normas de investigación de la universidad.

2.7 Desarrollo de la propuesta

2.7.1 Situación actual del sistema de bombeo y descripción general de la empresa Consegesa S.A

En marzo de 1992, En los registros nacionales fue incorporada como una empresa de servicios de instalaciones eléctricas con razón social CONSEGESA SA. El mismo que al pasar de los años se convirtió en uno del responsable de la gestión de mantenimiento de máquinas y equipos eléctricos de mina Chungar. Mediante las experiencias adquiridas en sus diferentes proyectos ejecutadas. CONSEGESA S.A, es una empresa de servicios de

Ingeniería que desarrolla Estudios y Obras Electromecánicas y Civiles, dando mayor énfasis al estudio y ejecución de Líneas de Distribución y Transmisión, Obras Civiles y Eléctricas en el sector minero como Contratista minero inscrito en MEM.

Cuenta con una infraestructura que lo permite cumplir a cabalidad las diferentes obras que se le encomiendan quedando estas a satisfacción del cliente que son su principal objetivo.

Desarrolla actividades en cualquier punto del Territorio Nacional y durante los más de 20 años de Actividad ha ejecutados trabajos que abarcan todas las etapas del ámbito de los Proyectos y ejecución de obra, desde el Planeamiento, Perfil, Factibilidad, Diseño Definitivo y Ejecución de Obra.

En la empresa de minera de volcán, en la unidad de producción de mina Animón la empresa CONSEJESA S, A. administra el mantenimiento de los equipos eléctricos, tales como: subestación de energía de alta y baja tensión, celdas de distribución de alta y baja tensión, tableros de distribución en interior y exterior mina, así como cámaras de equipos de bombeo de agua tanto interior como exterior mina. De tal modo que, hasta la actualidad solo prestan servicios de mantenimiento correctivo y mas no se hace un mantenimiento preventivo. Si bien es cierto existen áreas de mantenimiento predictivo en la mina administrada por la misma empresa minería de Chungar- Animón, pero no se está cumpliendo como debe de ser o como realmente debería gestionarse ya que a raíz de que no hay una buena gestión de mantenimiento suceden eventos como corte de energía impactando negativamente a la productividad.

Datos generales de la empresa CONSEGESA S.A.

Razón Social: Consegesa S.A

RUC: 20121797314

Tipo de Empresa: Sociedad Anónima

Fecha de Inicio de Actividades: 19/Marzo/1992

Actividad Comercial: Construcción Edificios Completos.

Dirección Legal: Jr. Arica Nro. 290

Distrito/Ciudad: La Merced / Chanchamayo

Provincia: Chanchamayo

Departamento: Junín. Perú.

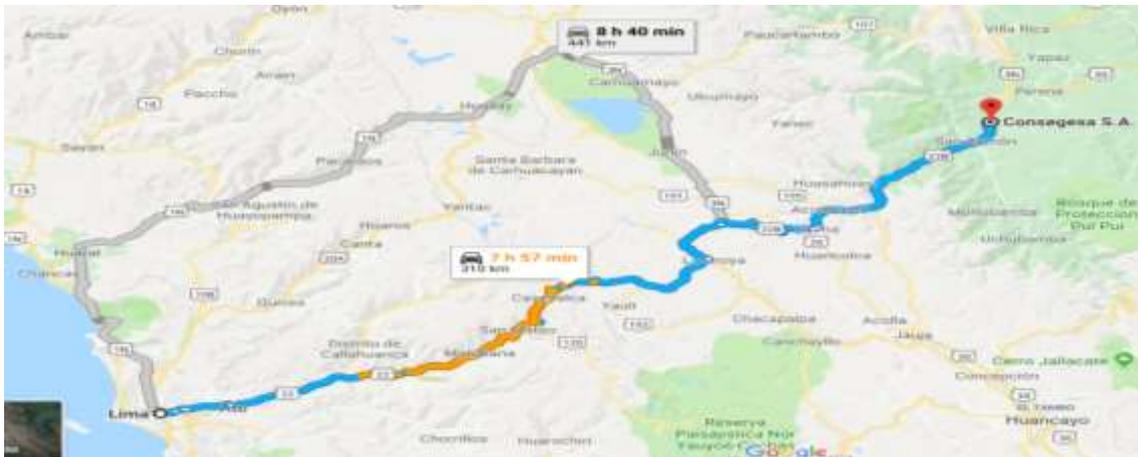
Teléfono: (01) 532738

Estado: Activo

Ciiu: 45207

Página Web: <https://www.universidadperu.com/empresas/consegesa.php>

Figura 4 Mapa de ubicación de Consegesa S.A.



Fuente: Google Maps

MISIÓN

Proporcionar soluciones integrales garantizadas a nivel nacional e internacional con el respaldo de productos y servicios de calidad con el fin de satisfacer las necesidades de Nuestros Clientes siempre impulsando la mejora continua de los procesos de sus Empresas.

VISIÓN

CONSEGESA S.A., busca afianzarse como una empresa líder en el mercado nacional en servicios de ingeniería, construcción, mantenimiento y concesiones; sustentada en el trabajo responsable, dedicado e innovador de sus directivos y colaboradores que van a la vanguardia de la tecnología actual con una cultura de alta calidad centrada en un trabajo de calidad hacia nuestros clientes.

Valores organizacionales

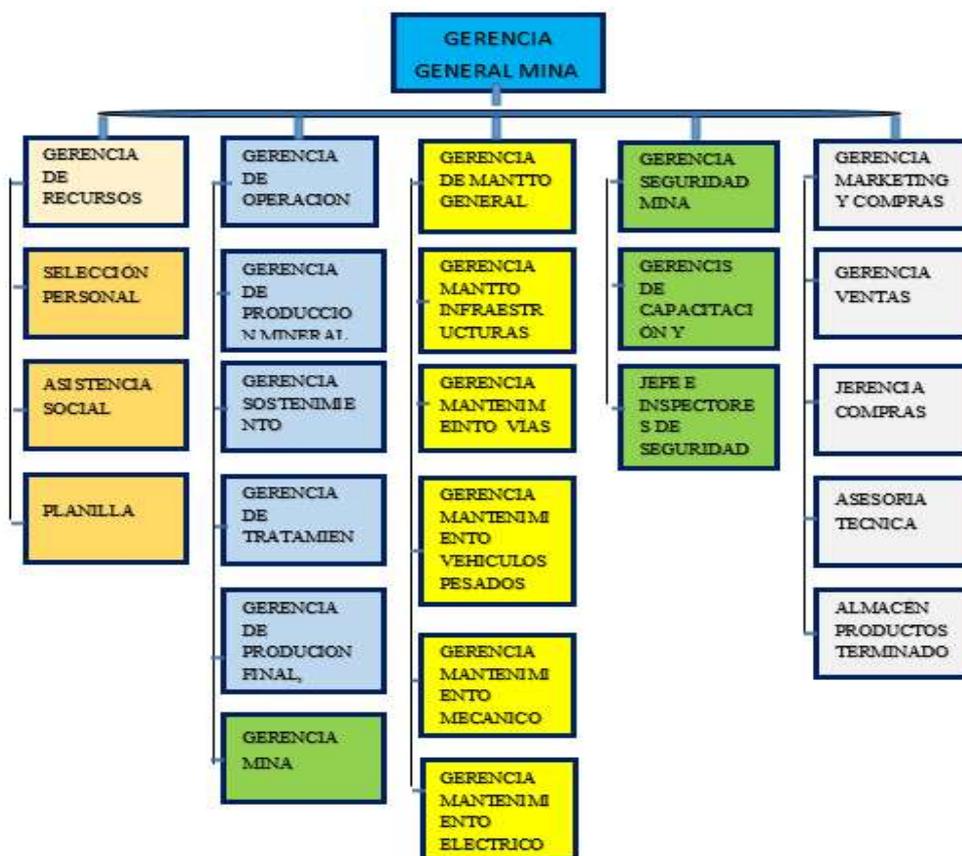
- Dedicación por trabajo: Capacidad de realizar las tareas y actividades encargadas en un tiempo determinado.
- Innovación: Consegesa S.A. cuenta con la disponibilidad de estándares y procedimientos actualizados.

- Trabajo en equipo: Se busca la máxima integración de los colaboradores tanto internos como externos de la organización.
- Responsabilidad: brinda confianza y calidad en sus proyectos y actividades ejecutados a sus diferentes clientes.

Organigrama general de la empresa CONSEGESA S.A.

CONSEGESA cuenta con una organización basada en los principios de responsabilidad y disciplina, donde el orden de mando o control fluyen según su autoridad desde la gerencia general hasta los colaboradores.

Figura 5: Organigrama de CONSEGESA S.A



Fuente: Elaboración propia

DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

Descripción de productos (Servicios de mantenimiento eléctrico)

Consegesa S.A. tiene como actividad comercial construcción y servicios de mantenimiento eléctrico en sectores mineros y de construcción. Los servicios de

mantenimiento que se dan a la mina son por las necesidades mismas de producción, son generadas por fallas distintas que tienen que ver con sistemas eléctricos. Por lo tanto, su productividad principal de la empresa es brindar el mejor servicio de mantenimiento a sus clientes.

El servicio de mantenimiento que presta la empresa Consegesa S.A involucra básicamente a 4 áreas estrictamente importantes en la mina, tales como:

Mantenimiento eléctrico de mina-zona.

Este tipo de servicio involucra mayor concentración y empeño para realizar, traslados de tableros de distribución y conexiones. También conocidas en la mina con nomenclatura estándar (Caja break, tablero TDF, arrancadores, cableado para instalaciones de equipos eléctricos de perforación, sostenimiento, entre otros)

Figura 6: tableros de fuerza conexiones (caja break)



Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento eléctrico de ventiladores

La función principal en mantenimiento de los ventiladores es tener todas las áreas del interior mina ventilado, para asegurar la presencia de oxígeno. Y están separadas en dos

tipos la primera que es de inyección de aire al interior mina y la segunda que es un extractor de aire y humedad de interior mina.

Figura 7: ventiladores inyectoros de aire



Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento eléctrico superficie subestaciones y grupos.

Como todos de las cuatro áreas que vimos el mantenimiento de tableros eléctricos, de subestaciones en la superficie, líneas y torres de instalaciones eléctricas y grupos electrógenos son debidamente mantenidas por la empresa Consegesa. Cada una de estas cuatro áreas es parte del corazón de la productividad de la mina, ya que al estar afectada una de ellas simplemente perjudica la producción.

Los servicios que realiza la empresa es dar solución a los problemas existentes en un tiempo óptimo con la finalidad de que la producción siga su curso y evitar que los problemas existentes lleguen a mayores.

Figura 8: Imagen de mantenimiento eléctrico



Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de cámara de bombeo de agua.

Este tipo de servicio consta mantener en buenas condiciones las cámaras de bombeo de interior mina.

Figura 9: Inspección de tableros de control de PLC



Fuente: Elaboración propia

El área comprende de 21 cámaras de bombeo automatizado y cada una enseriadas entre si desde diferentes puntos de ubicación. Los mismos que cuentan con operarios calificados y capacitados para su ejecución. Y sin embargo, en esta área se presenta fallas constantes por diferentes factores mencionadas durante la problemática de esta investigación.

Figura 10 : Imagen de tableros de arranque de motores de equipos de cámaras de bombeo



Fuente: Elaboración propia

Sistema de cámaras de bombeo de agua en mina Chungar-Animón

El sistema de bombeo de agua consta con 21 cámaras de bombeo distribuidas estratégicamente en zonas de producción. Cada cámara de bombeo cuenta con 3 o 4 trenes independientes de bombeo y por último cada tren consta de 2 a 4 motobombas.

Figura 11 : Imagen en HMI del funcionamiento de cámaras de bombeo



Fuente: Elaboración propia

Producción del sistema de bombeo de agua

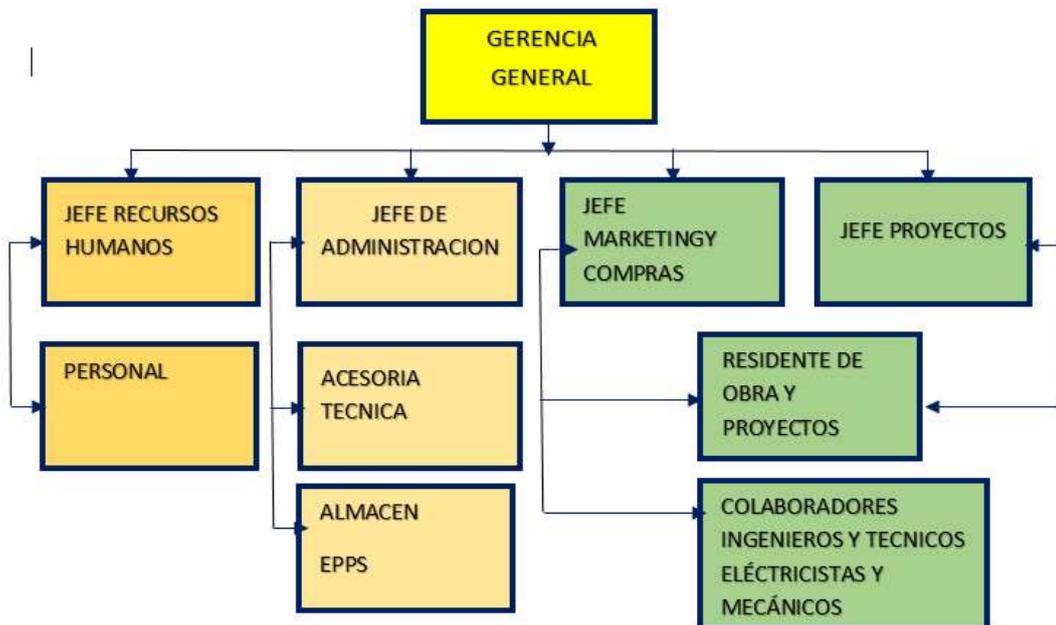
Únicamente la producción de este sistema es la cantidad del flujo de agua que saca del interior mina a la superficie. Existe una relación de 1200 a 1500 litros por segundo.

Organigrama de la gerencia de operaciones y ubicación de mantenimiento

El departamento o el área de mantenimiento sirven como soporte técnico para la evaluación de nuevas instalaciones dentro de la mina, relacionada directamente con la productividad. En esta investigación nos centramos básicamente en una de los cuatro ejes de mantenimiento que tiene responsabilidad la empresa de Consegesa S.A. Para ser más precisos nos vamos a enfocar en el mantenimiento de equipos de cámaras de bombeo. El cual, está compuesto de la siguiente orden cronológica según sus responsabilidades. Desde el más alto cargo que es la gerencia mina hasta los colaboradores tanto como técnicos y mecánicos electricistas. A continuación se muestra el organigrama de operaciones de gestión d mantenimiento.

Organigrama de la gerencia de operaciones de gestión de mantenimiento Consegesa S.A.

Figura 12 Organigrama de gerencia de operaciones



Fuente: Elaboración propia

Cámaras de bombeo

Cámara de bombeo es un microsistema de bombeo completo cuenta con operación manual y automática. Además, cada cámara de bombeo está enlazado en serie y monitoreados desde la superficie. Sin embargo, el alto nivel de humo y la presencia de humedad con acumulación de polvo en los tableros eléctricos suelen ser deficientes las partes de automatización por sus constantes fallas de sus componentes electrónicos. El sistema de cámara de bombeo consta de la siguiente manera:

- Consta de 5 a 6 trenes de bombeo
- Cada tren de bombeo consta de 2 a 4 motores de 250 hp
- Cada motor tiene su propio tablero de fuerza
- Tablero de fuerza y control por cada motor (cada tablero tiene la capacidad de arrancar y mantener en funcionamiento a motores desde 300 hp), además cada tablero tiene la posibilidad de ser arrancado manualmente o automáticamente.
- Tableros de control (tableros de circuito electrónico con plc, tablero de ups, tablero, tablero de distribución de fuerza y mando, tablero de redes de comunicación).

Figura 13: Imagen de tubería y motores de trenes de bombeo

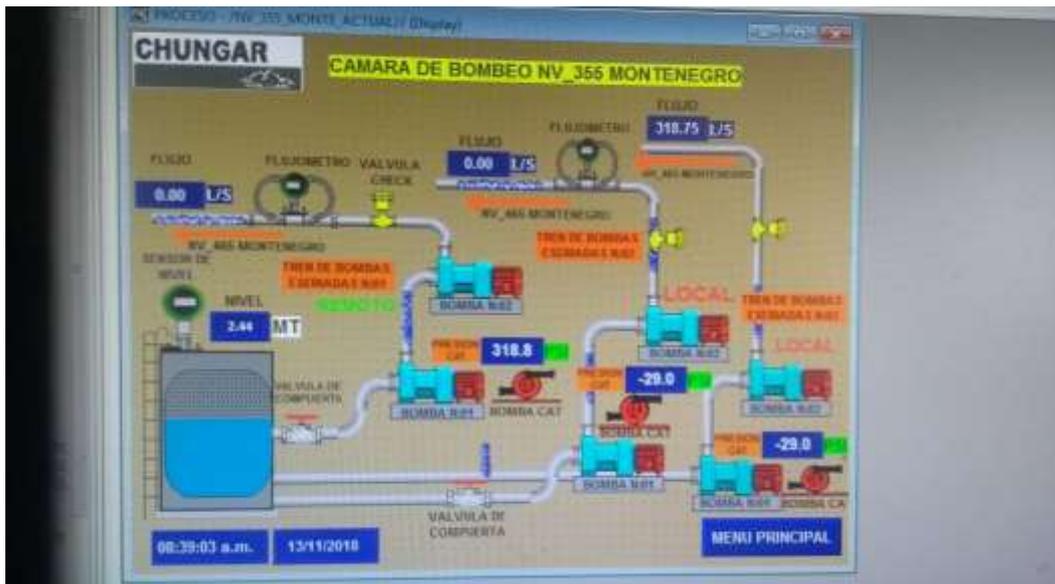


Fuente: Elaboración propia

Sistema de bombeo

Sistema de bombeo de mina Animón cuenta con 21 cámaras de bombeo desde mina interior hasta la superficie con probabilidad de que esto siga aumentando en más cámaras según avance de explotación.

Figura 14: Imagen de sistema de bombeo



Fuente: Elaboración propia

Bombas de acopio y de emergencia

Las bombas de acopio están ubicadas normalmente menos de 200 metro de la poza principal de cada cámara de bombeo, estas bombas entran en acción cuando sucede algún desperfecto en el sistema mencionado. Lo que hace es retirar el agua aislando el ambiente el área de donde se va intervenir para dar solución al problema. Es así que se puede realizar la actividad de corrección al problema sin muchos inconvenientes.

Figura 15 : Bombas de acopio de emergencia



Fuente: Elaboración propia

Bombas de agua sumergibles y pequeños cámaras de abastecimientos

Estas cámaras constan de una o dos bombas que envían constantemente aguas de diferentes niveles cercanas a las cámaras principal de bombeo. Son abastecedoras de la poza principal.

Las bombas sumergibles son usadas en caso de emergencia o en puntos donde el acceso de entra es crítica y que tiene gran cantidad de efluentes líquidos. También son abastecedoras de pequeños cámaras de bombeo.

Figura 16: Imagen bombas sumergibles



Fuente: Elaboración propia

Ductos y canales de acopio por desnivel

Son diseñadas por desnivel para recoger efluentes líquidos a puntos de apoyo, a bombas de agua sumergibles o hasta la poza principal.

Figura 17 Ductos de acopio de agua por desnivel



Fuente: Elaboración propia

Descripción de cámara de bombeo de mina Animón

En la mina Animón, se extrae los minerales debajo de la tierra mediante elaboración de túneles para su acceso. La mina está situada debajo de dos lagunas que ya tiene antecedentes de haberse inundado y cobrado varias vidas. Por estas, razones se tiene bastante cuidado en cuanto al uso adecuado del agua y el bombeo constante hacia la superficie del interior mina. Sin embargo, para que la reducción siga su curso con normalidad es necesario que el ambiente o zona de explotación esté libre de agua y para ello es necesario que las máquinas y equipos estén en buenas condiciones.

Cabe indicar que el sistema de bombeo es la más importante en la ejecución de excavaciones y la producción en la mina, ya que si hay presencia de inundación en zonas de explotación de mineral simplemente se deja de producir porque se vuelve en riesgo a la salud e integridad del trabajador. Además en un área completamente inundado es imposible realizar cualquier tipo de actividad. Por consiguiente, las cámaras de bombeo están ubicadas estratégicamente en interior de mina y cumplen una función fundamental con respecto al bienestar de los trabajadores, la continuación de las actividades de producción. Es el área más crítico en cuanto a las operaciones dadas por ello se realizó la prueba de la eficiencia global de los equipos antes de la implementación debido a las constantes paradas por mantenimiento correctivo según registro diario de mantenimiento.

A continuación cálculo de la eficiencia global (OEE).

Datos de la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo Animon-Chungar

Tabla 8 : Tabla de eficiencia global antes de la implementación de la metodología

CALCULO OEE DE CAMARA DE BOMBEO ANTES DE LA IMPLEMENTACION				
DIAS	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
1	90%	69%	100%	62%
2	88%	71%	100%	63%
3	87%	73%	100%	63%
4	90%	69%	100%	62%
5	84%	76%	100%	64%
6	82%	79%	100%	65%
7	88%	72%	100%	63%
8	87%	73%	100%	63%
9	85%	75%	100%	64%
10	77%	86%	100%	66%
11	94%	65%	100%	61%
12	87%	73%	100%	63%
13	79%	82%	100%	65%
14	87%	73%	100%	63%
15	87%	73%	100%	63%
16	91%	68%	100%	62%
17	77%	86%	100%	66%
18	89%	70%	100%	62%
19	82%	79%	100%	65%
20	87%	73%	100%	63%
21	91%	68%	100%	62%
PROMEDIO	86%	74%	100%	63%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS				
DISP.A	DISPONIBILIDAD ANTES			
REND.A	RENDIMIENTO ANTES			
CAL.A	CALIDAD ANTES			
OEE	EFICIENCIA GLOBAL			

Fuente: Elaboración propia

Haciendo un análisis de la tabla 8, los datos eficiencia global se consigue multiplicando (DISP.A X REND.A X CAL.A) que nos da un valor de 63%, Esto es el resultado de falta de un manejo adecuado de la gestión de mantenimiento de los equipos y está claramente por debajo de lo que se espera. La eficiencia Global para que sea aceptada como el trabajo ideal de una maquina debería ser mayor a 65%. Por consecuencia implementar mantenimiento preventivo permite alcanzar la mejora de la eficiencia global de los equipos con planificación, cumplimiento y capacitación de personal.

En la siguiente tabla se muestra la situación actual que se encuentra la gestión de mantenimiento de la empresa Consegesa. Con los indicadores que ellos han considerados ideales para su gestión.

Tabla 9 los indicadores de la gestión de mantenimiento preventivo antes de la implementación de la metodología

MPH	CMH	Total de horas dedicadas al mantenimiento	Tareas programadas	Tareas ejecutadas	Auditoria	% MP	IC
2	0	2,3	2	0	no se realiza auditorias mantenimiento preventivo	0%	0
2	0	2,7	2	0		0%	0
2	1	3,0	2	1		33%	0,5
2	1	2,3	2	1		44%	0,5
2	0	3,5	2	0		0%	0
2	1	4,0	2	2		25%	1
2	1	2,8	2	2		36%	1
2	0	3,0	2	0		0%	0
2	1	3,4	2	2		29%	1
2	1	5,0	2	1		20%	0,5
2	1	1,5	2	1		67%	0,5
2	0	3,0	2	0		0%	0
2	1	4,5	2	2		22%	1
2	0	3,0	2	0		0%	0
2	1	3,0	2	1		33%	0,5
2	1	2,0	2	1		50%	0,5
2	0	5,0	2	0		0%	0
2	1	2,5	2	1		40%	0,5
2	0	4,0	2	0		0%	0
2	1	3,0	2	1		33%	0,5
2	1	2,0	2	1		50%	0,5
42	13	65,4	42	17		23%	40%
MPH		Mantenimiento programado en horas					
CMH		Cumplimiento de mantenimiento en horas					

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que existe una mínima programación de 2 diarias de mantenimiento preventivo no se llega a ejecutar como debe de ser, como se muestra en la tabla el promedio del índice de cumplimiento (IC) es de 40%, eso quiere decir es deficiente la inclusión de gestión de mantenimiento.

Cámara de bombeo de agua

Considerando que el pozo de acopio de agua es alimentada por varias bombas sumergibles y micro cámaras que están ubicadas exactamente en donde hay vertientes de

efluentes líquidos, de tal forma que una vez llenada el agua en la poza esta se mantiene se llena y las cámaras de bombeo bombean el agua por niveles a otras cámaras que están enseriadas desde el nivel más profundo de mina hasta la superficie.

Zona tableros de arrancadores de fuerza: en esta parte están todos los tableros con su circuito de fuerza enlazadas al circuito de control.

Zona de banco de condensadores: esta parte de la cámara está diseñada para regularizar las corrientes activas con reactivas, para de esta forma evitar accederse en el consumo de energía eléctrica.

Tableros de UPS, TDF, PLC: Normalmente están ubicadas todos estos tipos de tableros muy cercanos entre sí, ya que en mayoría de los casos usan la misma tención de voltaje.

Zona de sensores de flujo, nivel y de presión: Zona de trabajo denominada sensores de control de automatización.

Zona de motores eléctricos de bombeo (motobomba): los motores de bomba están instaladas entre 10 y 15 metros de los tableros y muy cerca al pozo de acopio de agua. Estos motores son de 250 hp cada uno y ocupan un espacio de alrededor de 6 metros cuadrados.

Figura 18: Imagen de tablero de fuerza y control



Fuente: Elaboración propia

Propuesta de mejora

La implementación de mantenimiento preventivo significa que se modificaran las formas de trabajo de parte operativa y administrativo que se estaban desarrollando, esto con el objetivo de encontrar mejores resultados en los servicios prestados a la mina. Ya que, las continuas paradas de producción anteriormente señalados durante este estudio, generan

el problema de baja eficiencia global de los equipos de cámara de bombeo, pues de acuerdo a la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos, dependen las actividades programadas de producción en las zonas a explotarse. Es por ello que resulta imprescindible la implementación de una metodología de gestión de mantenimiento que nos permita reducir o eliminar el problema desde su fondo. Para ello se consideró 3 herramientas cuya metodología nos permite reducir el problema en sí, cada una de ellas en diferentes grados de magnitud, así tenemos:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento Productivo Total (TPM)

De las herramientas presentadas fue elegida el mantenimiento preventivo como metodología a aplicar para incrementar paulatinamente el rendimiento, la disponibilidad y calidad de los equipos de cámara de bombeo, de esta forma aumentar la productividad. El motivo de la elección se debió a que el mantenimiento preventivo, como metodología encierra ambos conceptos, es decir aplica en una primera etapa el principio de predicción o planificación dando un tiempo estimado de la vida útil de los componentes y como tal se espera conseguir un resultado positivo.

En la empresa Consegesa se consideró dos factores importantes tales como el costo de mantenimiento y las políticas de gestión de mantenimiento de la mina, del cual solo se quedó realizar la implementación de mantenimiento preventivo en el área de automatización más no en otras áreas de operación manual.

- Expone resultados tangibles y significativos: Luego invertir tiempo, recursos humanos y financieros se optimizara el funcionamiento de los equipos, minimizando las paradas de máquina y los defectos de calidad.
- Cambio radical del entorno de trabajo: Un equipo libre de suciedad, cubierto de aceite, grasa, humos, polvo, partículas y desordenado, se transforma en un entorno grato, agradable y seguro; generando un aumento de la confianza tanto en operarios como en clientes, al tener como resultado un producto de calidad.
- Transformación de los trabajadores: A medida que las actividades del mantenimiento preventivo empiezan a rendir resultados, los trabajadores se motivan y aumentan su integración en el trabajo.

Es preciso mencionar que la cantidad de personas a formar en grupo, así como las herramientas para el análisis, la estructura de los comités y los tiempos son ideas sustentadas y probadas por otras empresas.

Seguidamente pasamos a detallar el proceso de la aplicación del mantenimiento preventivo en la planta Animon-Chungar.

Implementación de la mejora

La implementación de mantenimiento preventivo en la mina de mano con la empresa Consegesa S.A, específicamente en el área gestión de mantenimiento, sobre las cámaras de bombeo de agua, comprendió las siguientes actividades:

- Incremento del ciclo de vida de los equipos eléctricos y electrónicos de cámaras de bombeo de agua.
- Establecimiento de planificación de actividades de mantenimiento preventivo.
- Establecimiento del mantenimiento programado de los equipos eléctricos y electrónicos de cámaras de bombeo de agua.
- Formación y entrenamiento del personal (operarios de los equipos y mantenimiento).

Las actividades anteriormente señaladas serán plasmadas a lo largo de 9 etapas, de las cuales está constituido el mantenimiento preventivo; la misma que deben ser cumplidas paso a paso

Para finalmente alcanzar los objetivos establecidos en el presente trabajo.

A continuación se detallan las actividades llevadas a cabo en cada una de las etapas durante el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo.

Etapa 1: Decisión de aplicar el Mantenimiento Preventivo en la empresa.

El residente de mantenimiento de Consegesa S.A. es informada directamente en una reunión donde se busca las opiniones y planes de mejora continua. Siendo luego informada detalladamente a los representantes de la mina, la necesidad de implementar el Mantenimiento Preventivo en la planta Animon, debido a las deficiencias y los problemas presentados en los equipos que operan en la planta. Es por ello que la gerencia de gestión de mantenimiento de la mina se comprometió a participar y dar los recursos necesarios para permitir la implementación de la metodología en el área en cuestión.

La gerencia general a través de una reunión realizada el día 11 de junio del 2018, da a conocer públicamente su intención de establecer un programa Mantenimiento Preventivo dentro de la organización; este acto lo realizo a través de una reunión con los jefes de planta y los representantes de la empresa Consegesa, siendo aprobado y dado luz verde al plan de mejora continua.

Figura 19: compromiso de la gerencia de mantenimiento con la implementación de la metodología



Fuente: Elaboración propia

Etapa 2: Información sobre el Mantenimiento Preventivo en la empresa

Para 01 de julio se inicia la campaña informativa a todo nivel, con la finalidad de que cada miembro de la empresa entienda el concepto Mantenimiento preventivo, que todos sepan y lo pongan en práctica.

Figura 20: difusión del plan a los encargados de mantenimiento mina y la empresa Consegesa S.A.



Fuente: Elaboración propia

Su papel en la organización, y el porqué de la introducción del Mantenimiento preventivo en la empresa. Se ha dictado el curso de “Gestión de mantenimiento” a lo largo de la campaña siendo el mantenimiento preventivo como tema principal. Temas desarrolladas tales como:

- Mantenimiento preventivo – Definiciones generales e historia.
- Beneficios de la puesta en marcha de Mantenimiento preventivo.
- Importancia del mantenimiento en las organizaciones.
- El mantenimiento predictivo y el mantenimiento total, entre otras.

Es muy importante que todos los miembros de la organización conozcan los beneficios del Mantenimiento preventivo y de una correcta gestión de mantenimiento, además que se sientan involucrados y motivados para apoyar con los recursos necesarios para avanzar de manera adecuada con el proyecto.

Etapa 3: Estructura Promocional del Mantenimiento preventivo

Para el 15 de julio queda definida la estructura para la promoción del Mantenimiento preventivo. Se definió una estructura sólida y sistemática, de forma, que la comunicación fue muy fluida entre todos los niveles, con la finalidad de alcanzar el objetivo trazado. Se establecieron cargos asignados con responsabilidades y la coordinación de las actividades a desarrollar.

- El gerente de mantenimiento de mina fue nombrado líder del plan de mejora continua.
- El residente obras y mantenimiento de Consegesa fue nombrado líder del plan de ejecución y seguimiento en la planta Animon o coordinador de con los demás áreas involucradas.
- Los supervisores de turno tanto de mina como de Consegesa fueron los encargados de apoyar los trabajos de coordinación en su sección a la par con el los demás ideres de planta.

Se formaron 2 pequeños grupos locales de trabajo de Mantenimiento preventivo, cada uno con un líder cualificado.

Se realizó el entrenamiento y formación a los trabajadores (operarios y personal de mantenimiento).

Las funciones del comité directivo del Mantenimiento preventivo son: el establecimiento de metas, estrategias, políticas y coordinación del financiamiento para el desarrollo eficiente del Mantenimiento preventivo en la organización. Por su parte la función de los coordinadores del Mantenimiento preventivo, es la planificación, la capacitación del personal, medición de los avances y la coordinación de las actividades.

Los responsables para entrenar al personal son: Coordinador Mantenimiento preventivo, personal de mantenimiento para el tema programación de actividades, responsable de la gestión y supervisión. Éstos a la vez fueron los encargados de elaborar el material para el entrenamiento y solicitar los requerimientos de equipos e insumos como computadoras, proyectores, hojas, etc. al coordinador de Mantenimiento preventivo el cual se encargó de dar los requerimientos al área de logística para que los provean.

Figura 21: Haciendo reconocimiento de cámaras de bombeo



Fuente: Elaboración propia

Etapas 4: Se establecen políticas básicas y metas para el Mantenimiento preventivo

Para el 01 de agosto se da a conocer la política de Mantenimiento preventivo establecida por la alta gerencia, la cual queda definida de la siguiente manera: “Consegesa S.A. promueve el trabajo en equipo, en todos sus niveles jerárquicos con equipos conformados por personal de producción y mantenimiento, en la búsqueda de la mejora continua que nos permita alcanzar niveles óptimos de disponibilidad y fiabilidad de los equipos”.

En este nivel el Mantenimiento preventivo es incorporado a la política estratégica de la compañía estableciendo los objetivos a alcanzar, los cuales están alineados con los objetivos generales de la empresa. Por otra parte el área de mantenimiento se encargó de establecer políticas y metas propias de su área en lo relacionado a la introducción del Mantenimiento preventivo en el área.

Objetivos Empresariales

- Inicio de producción en nuevas zonas de explotación y realizar trabajos de producción en tiempo oportuno y de manera efectiva.
- Adecuación flexible a los cambios.
- Reducción de precios de mantenimiento.
- Garantía de un gran nivel de calidad.
- Conservación de recursos naturales y energéticos.
- Seguridad en la planta y respeto por el medio ambiente.

Objetivos de Gestión mantenimiento para los equipos

- Evitar la degradación de los equipos debido a las averías y a la operatividad continua con carga elevada.
- Reducir los equipos con defectos, disminuyendo el número de paralizaciones en un 10% mensual.
- Mejorar la confiabilidad global de los equipos en un 10% mensual.
- Conseguir disminuir el desperdicio de material en un 40% mensual.
- Elevar la moral y potenciar la motivación con la satisfacción en la operatividad y el control de los equipos.
- Tener máquinas e instalaciones seguras respetando el medio ambiente tanto para los operarios como para el entorno.

Metas propuestas a conseguir

Lo que se espera lograr o conseguir después de la culminación de la metodología implementada como mantenimiento preventivo en la empresa Consegesa S.A, es: Incrementar la vida útil de los dispositivos, reducir las paradas no programadas por mantenimiento correctivo, mejorar la disponibilidad de los equipos de cámara de bombeo y teniendo en cuenta que la productividad se ve reflejada directamente proporcional al correcto mantenimiento de los equipos.

Etapa 5: Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo

A comienzos de mes julio se ha estado evaluando las posibles soluciones a los problemas encontradas mediante el diagrama de Pareto. Tal es así que, para el 01 de agosto ya se tenía elaborado, siguiendo el plan establecido por Zabaleta y Avendaño (2004, p.18). Que para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo de un sistema de equipo determinado se deben considerar:

- Que debe inspeccionarse.
- La frecuencia con que son inspeccionados y evaluados.
- A qué se debe dar servicio según su prioridad.
- A cada cuanto tiempo se debe darle mantenimiento.
- A que componentes o dispositivos se le debe asignar a vida útil.
- Cuál debe ser la vida útil y económica de dichos elementos.

Todos estos factores son razones para determinar y empezar a elaborar un nuevo plan de mantenimiento. Respetando y siguiendo un orden cronológico de acuerdo a los tiempos establecidos de su instalación y ejecución de los equipos. Para lograr realizar un buen plan sincronizado a la realidad es necesario recurrir a las fichas técnicas de cada equipo, componentes y dispositivos, del mismo modo solicitar la documentación a los encargados de la gestión general de mantenimiento y por último se debe analizar de acuerdo a las experiencias propias en el campo tomando datos reales de los mismos.

➤ Mejora de la efectividad de los equipos

Se estableció 1 grupo de 4 integrantes compuesto de 2 técnicos electricistas, 1 técnico electrónico y un ingeniero mantenimiento eléctrico, con el propósito de realizar un análisis exhaustivo de los problemas encontrados según causas origen.

Se determinó un programa de capacitación y reforzamiento relacionado a temas de mantenimiento preventivo, programación de actividades e inspección correcta de equipos.

Sensibilización: Programa de 2 sesiones de 1 hora antes de comenzar la ½ guardia y terminando la ½ guardia

Guardia = 14 días (divididos en dos 7 amanecidas y días)

Mantenimiento preventivo y predictivo: Programada en 6 sesiones de 3 horas para cada domingo antes de realizar las actividades.

Trabajo en equipo: Programada en sesiones de 10 minutos diarios antes de realizar las actividades.

Después de realizar los programas de capacitación se pasa a detallar las actividades programadas para incrementar la eficiencia global de las cámaras de bombeo mediante la implementación de mantenimiento preventivo.

Etapa 6: realización de un programa de mantenimiento programado (planificado).

Sesiones programadas en 2 horas a cada 15 días, para hacerle conocimiento al personal técnico y operario de las cámaras de bombeo que deben conocer la gestión de mantenimiento.

Las capacitaciones constan de planeamiento de actividades de mantenimiento de la siguiente forma:

Para empezar se debe identificar que partes del sistema de bombeo son los más vulnerable y que necesiten mantenimiento.

Como ya se había mencionado líneas arriba es casi indispensable saber la vida útil de cada componente e incluso de los equipos.

También se debe establecer las actividades para cada caso mediante el índice de fallas que se registran en el historial de mantenimiento.

Los trabajos programados deben de tener cierta correlación y estar lo más cercano posible de acuerdo a las distancias para no perder tiempo.

En todo caso las actividades programadas deben considerarse mediante los siguientes cuestionamientos:

¿Qué trabajo o actividad se va hacer?

¿Cómo se va a desarrollar la secuencia de los trabajos?

¿Cuánto de mano de obra se necesita para dichas actividades a programar?

¿Qué tiempo hay que estimar para desarrollar las actividades?

¿Se debe considerar la seguridad de los que van a estar expuestos a dichas tareas o actividades?

¿Con respecto a la seguridad se debe gestionar con un tiempo prudente los trabajos considerados de alto riesgo (trabajo en caliente, espacios confinados, altura y entre otros)?

¿Por último se le debe hacer conocimiento de antemano las actividades a desarrollarse a los encargados de la gestión de mantenimiento para coordinar costos, planos de apoyo, etc.?

Etapa 7: Realización de un programa de mantenimiento

Responsables directos planer de mantenimiento preventivo.

Las actividades establecidas en este programa comienza desde el análisis de la situación actual de las cámaras de bombeo de la mina, para luego direccionar a un estado ideal, realización de algunas actividades y tareas de mejora, programación de las actividades de manteniendo mensual, anual tanto predictivos como preventivos. A continuación se muestra el programa de actividades elaboradas en un diagrama de Gantt.

Figura 22 Tabla de cronograma de actividades mediante el diagrama de Gant

TIEMPO						
ACTIVIDADES	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE

	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Decisión de aplicar mantenimiento preventivo	■																							
Información sobre el mantenimiento preventivo		■	■	■																				
Objetivos de mantenimiento y difusión			■	■	■	■	■																	
Planeamiento de mantenimiento preventivo							■	■	■	■	■	■												
Arranque de mantenimiento preventivo											■													
Evaluación de la mejora de efectividad de los equipos											■													
Plantear plan de acción rápida para los 6 efectos del problema													■	■	■	■	■	■	■	■				
Formación de personal y operarios mediante capacitación																			■					
Desarrollar un mantenimiento planificado final																				■	■	■		
Consolidación y resultados																							■	■

Fuente: Elaboración propia

Etapa 8: Arranque de mantenimiento preventivo

Codificación de cámaras de bombeo

Los códigos de cada cámara de bombeo están elaboradas de acuerdo al nivel con sobre el mar, con única diferencia que hay cámaras que tiene códigos según criterio de su implementación.

Tabla 10: Tabla de codificación y ubicación de los equipos de cámaras de bombeo

ITEM	CODIGOS	NOMBRE	UBICACIÓN
1	CAM010	CAMARA 10	ZONA 0
2	CAM012A	CAMARA 12A	ZONA 0

3	CAM012B	CAMARA 12B	ZONA 0
4	CAM014A	CAMARA 14A	ZONA 0
5	CAM014B	CAMARA 14B	ZONA 0
6	CAM017A	CAMARA 17A	ZONA 0
7	CAM017B	CAMARA 17B	ZONA 0
8	CAM020A	CAMARA 20A	ZONA 0
9	CAM020B	CAMARA 20B	ZONA 0
10	CAM023A	CAMARA 23A	ZONA 0
11	CAM023B	CAMARA 23B	ZONA 0
12	CAM100	CAMARA 100	ZONA 0
13	CAM115	CAMARA 115	ZONA 0
14	CAM310	CAMARA 310	ZONA 1
15	CAM315	CAMARA 315	ZONA 1
16	CAM325	CAMARA 325	ZONA 1
17	CAM355A	CAMARA 355A	ZONA 1
18	CAM355B	CAMARA 355B	ZONA 1
19	CAM410A	CAMARA 410A	ZONA 1
20	CAM455	CAMARA 455	ZONA 1
21	CAM510	CAMARA 510	ZONA 1

Fuente: Elaboración propia

Ficha técnica

La hoja de vida se estableció de acuerdo al formato realizado mediante la cooperación de los técnicos electricistas quienes se harán cargo del mantenimiento preventivo y se puede visualizar en el anexo... Siguiendo el protocolo mencionado líneas arriba, todas estas informaciones se adquirieron mediante la inspección de los mismos equipos y el historial de ingreso corroborando con la línea de vida dada por el fabricante. Además, para ser más exactos se consideró la fecha de fabricación, la marca, diseño tomadas del baucher y facturas del proveedor. Aun así, existen dificultades en identificar algunos equipos y componentes ya que carecen de información dedico al tiempo de uso y la nulidad de lectura en sus placas.

Figura 23 Imagen de ficha técnica de equipos después de la implementación de mantenimiento preventivo

		EMPRESA DE SERVICIOS CONSEGESA - REGISTRO DE HOJAS TECNICAS DE EQUIPOS Y MÁQUINAS					
		FICHA TECNICA EQUIPOS					
Nombre del Equipo:		Código:	001	Versión:	001	Fecha Vigencia:	12/06/2018
Marca:	SNEYDER	Modelo:	MPS 3000	Foto del Equipo:			
Serie:	1446	Ubicación:	CAMARA 050				
Fecha de compra (aaaa/mm/día):		01/01/2018					
Fecha de entrega OK (aaaa/mm/día):		04/03/2018					
Garantía en meses:	36,00	Placa de Inventario:	MPS1446				
Valor de compra:	NA	NA					
Valor inventario:	NA	NA					
A cargo de:				c.c :			
Datos Técnicos							
Tensión:	460	Intensidad:	1000	Potencia:	460000	Otra:	kw
Otros:	CON DISEÑO PARA COMUNICACIÓN EN REDES						
Accesorios:	CABLES, DE RED Y HMI						
Partes:	1 SOLA						
USOS O APLICACIONES							
SIRVE COMO RELE DE ENTRADA DE TENSION ANTES DE SER HABILIDAD A CUALQUIER CARGA DE DISTRIBUCION, ADEMAS MUESTRA CUANTO DE CONSUMO SE ESTA REALIZANDO PARA ASI HACER BALANCE DE CARGAS.							
PRECAUCIONES/MANTENIMIENTO/DISTRIBUIDOR/MANUALES							
PRECAUCIONES/DANGER/WARNING/CAUTION/CLASE SEGÚN DECRETO No. 4725 de 2005							
RECOMENDACIONES DE USO:							
MANTENIMIENTO OPERARIO:							
PARÁMETROS INICIALES O VALORES DE CALIBRACIÓN:							
MANTENIMIENTO PROGRAMADO (EN MESES):							
FABRICANTE Y/O DISTRIBUIDOR DEL EQUIPO:							
Celular:		Teléfono:		Dirección:			
E-mail:		Nombre de Contacto:					
ING. DE SERVICIO:				CELULAR / IP	990		
Código del Manual			Elaboró:	MANTTO ELECTRICOS MINA			
Ubicación del Manual							

Fuente: Elaboración propia

Equipos a inspeccionarse

Los equipos a inspeccionarse dependerán de la orden de trabajo que le acceda el programador de actividades de mantenimiento general de Consegesa S.A.

Cada operario tiene conocimiento e incluso muchos ellos ya tienen experiencia tomando datos de los equipos, los parámetros eléctricos y el tiempo de funcionamiento los cuales se registran en un cuaderno de reportes internos diarios por el contratista encargado de las operaciones de los equipos. Para mejorar las inspecciones se realizó una plantilla de inspección diaria de máquinas y equipos.

Tarjeta de inspección de equipos

Solicitud de trabajo

Figura 25: formato de permiso de mantenimiento preventivo

	Area de manteneiminto electricos	Permiso de Mantenimiento					
	Mantenimiento electrico						
SOLICITUD ORDEN DE TRABAJO							
A Jefe Unidad de Administración:							
Fecha:		dd/mm/aa			Anexo		
Solicitante:							
E-mail:							
Unidad:							
Descripción del trabajo:							
Prioridad del trabajo:		Tipo de Trabajo:					
Evaluación:		(Uso Mantenimiento y Unidad de Administración)					
Valor de los materiales:							
Responsable de los trabajos:							
Fecha Inicio		Fecha Término:			Nro de orden trabajo		
Trabajos Taller electricos							
Nombre y Firma del solicitante							
Nombre y Firma							
Director Departamento o Investigador							
Nombre y firma							
Jefe Unidad de Administración							
Fecha a realizarse el trabajo							

Fuente: Elaboración propia

Historial de mantenimiento por equipos

Es un registro estadístico que muestra la cantidad de mantenimiento que se realiza en un determinado tiempo, puede ser semanal o mensual, en este caso la verificación estadística se hace mensualmente. Además, este registro ayuda a tener en cuenta cuanto de inversión se está realizando en costos de repuestos, mano de obra.

Tabla 11 imagen de registro de horas no productivas de los equipos de cámaras de bombeo

Registro del historial mensual - Informe dedada por centro de control de la mina de Chungar							
Mes / paradas	Noviembre	diciembre	enero	febrero	marco	abril	promedio
Paradas por desperfecto de circuitos de PLes, Mp	1200	1100	1250	1090	962	1050	1108,7
Paradas por Equipos no operativos por inundación	1010	830	1150	700	830	920	906,7
Paradas por equipos no operativos por acumulación	926	620	950	600	700	670	744,3
Paradas por desperfectos de sensores y radares de	815	516	890	550	460	610	640,2
Paradas por alteración de información de entradas	425	416	700	400	350	515	467,7
Paradas por exceso de cargas en las líneas de sum	306	320	480	316	250	316	331,3
Paradas no productivas por falta de herramientas e	215	196	216	127	190	203	191,2
otros	950	1000	1050	1250	950	1240	1073,3
Total de horas no productivas	5847	4998	6686	5033	4692	5524	5463,3

Registro del historial mensual - Informe dedada por centro de control de la mina de Chungar							
Mes / paradas	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	promedio
Paradas por desperfecto de circuitos de PLes, Mp	180	150	220	140	140	180	168,3
Paradas por Equipos no operativos por inundación	150	120	140	80	200	250	156,7
Paradas por equipos no operativos por acumulación	100	440	450	460	400	300	358,3
Paradas por desperfectos de sensores y radares de	400	420	140	325	150	320	292,5
Paradas por alteración de información de entradas	350	340	330	350	315	200	314,2
Paradas por exceso de cargas en las líneas de sum	200	210	215	230	200	210	210,8
Paradas no productivas por falta de herramientas e	220	230	218	215	225	210	219,7
otros	180	400	340	320	200	290	288,3
Total de horas no productivas	1780	2310	2053	2120	1830	1980	2008,8

Fuente: Elaboración propia

Etapa 9: Acciones y respuestas rápidas a los 6 causas – efectos detectados

Elaboración del plan de acción de mantenimiento para PLC, MPS, UPS en tableros de E.C.B.

Si bien es cierto, la mina tiene en stock todos los componentes necesarios para un mantenimiento adecuado de los equipos. Y sin embargo no existe la programación de cuando, como, donde, quienes van a realizar el cambio de los componentes.

A los largo de esta investigación se ha repetido muchas veces la carencia de un programa de mantenimiento para darle orden y efectividad al sistema de mantenimiento. Yaqué el principal problema son el desperfecto de las placas y circuitos de PLC en los tableros; se ha elaborado un plan de mantenimiento preventivo de acuerdo a su criticidad y vulnerabilidad de los mismos ya que la mayoría de los tableros se encuentra al interior de la mina. A continuación la programación de un plan mensual.

Figura 26 Imagen de circuitos de MPS, UPS, PLC



Fuente: Elaboración propia

Programa de respuesta rápida a las fallas referentes de PLC, MPS, UPS establecido por la nueva metodología de mantenimiento preventivo.

Tabla 12 Tabla de cronograma de mantenimiento de PLC, MPS, UPS

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana 1	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM010	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM012A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM012B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
04	CAM014A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM014B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana 2	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM017A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM017B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM020A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
04	CAM020B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM023A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM023B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM100	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM115	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
04	CAM310	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM315	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM325	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM355A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM355B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
04	CAM410A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM455 CAM510	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de plan de acción de mantenimiento relacionado a paradas por acumulación de agua y calibración de E.C.B.

Las cámaras de bombeo están ubicadas en un lugar específico, estratégico y con un diseño que evite que el agua llegue a los tableros eléctricos. Sin embargo, cuando una cámara de bombeo aguas arriba deja de funcionar afecta directamente al anterior porque la gran cantidad del flujo de agua que se está bombeando rebosara la posa de acumulación de agua generando que los motores eléctricos se llenen de agua rápidamente y en estos casos el evento se vuelve en emergencia y hay que dar una solución óptima en un tiempo óptimo.

Con esta investigación y la implementación de esta herramienta (mantenimiento preventivo) tan importante en la gestión de mantenimiento se busca reducir o eliminar las paradas de máquinas por acumulación de agua en equipos eléctricos. Para ello, se desarrolló un programa de mantenimiento mensual a cada equipo de cámara de bombeo. Para este caso en particular las válvulas de apertura son el principal problema. Las válvulas de apertura constan de piezas mecánicas que son activadas electrónicamente y manualmente. Que al presentan falla electrónica se puede controlar porque está directamente programada con el PLC, pero si esto falla y se le coloca en modo manual es difícil de controlar más aún si el PLC falla ya se sale del control.

Figura 27 Imagen de las válvulas electrónicas para PLC



Fuente: Elaboración propia

Elaboración del plan de acción de mantenimiento de las válvulas electrónicas

Como todas las válvulas de apertura son iguales con una única diferencia del diámetro de salida para el acoplamiento con la tubería que viene de los trenes de bombeo. Las placas

y los mandos de la parte electrónica son los mismos, solo los componentes mecánicos varían de acuerdo a lo mencionado líneas arriba. A continuación los pasos del plan de mantenimiento de la válvulas de apertura.

Primero: Los inspectores designados que van a realizar la toma de parámetros y medición de los equipos deben considerar una ficha técnica para cada válvula de apertura y colocar su última fecha de mantenimiento o cambios realizados.

Segundo: Después de tomar la última fecha de mantenimiento o cambios realizados se debe esperar como máximo que pase 7 días para volver a hacerle mantenimiento o cambiarlo.

Tercero: Después de realizar el segundo paso las válvulas que son extraídas se debe llevar al taller y darle prioridad en su mantenimiento como máximo 2 días después que haya llegado al taller.

Cuarto: Si las válvulas ya no están en condiciones para realizar las aperturas deseadas se le debe dar de baja y comprar uno nuevo (si hubiera algo que rescatar tarjetas o componentes mecánicos solo almacenar aquellos que se encuentran en buenas condiciones).

Quinto: Hacer seguimiento de acuerdo a las fechas de mantenimiento realizados dando prioridad a los más antiguos y a los puntos críticos de las cámaras de bombeo.

Elaboración del plan de acción de mantenimiento relacionado a la acumulación de humos y polvos en los tableros.

Es inevitable que los humos y polvos estén presentes en las áreas de equipos de cámara de bombeo en la mina, ya que todo los humos que son emitidos por equipos y vehículos automotriz de no tiene a donde salir. Del mismo modo los polvos y macropartículas generadas por la excavación por explosivos se acumulan en las paredes de los túneles de la mina y en su gran mayoría se quedan alrededor de los tableros y por mas herméticos que estos sean logran ingresar a los circuitos y de esta forma perjudican su buen funcionamiento.

En este caso, al momento de hacer verificación y mantenimiento de cada cámara de bombeo programada semanalmente también se aprovecha el momento y se le hace el mantenimiento de todo tipo de suciedad aplicando alcohol etílico y limpia contacto eléctricos.

Figura 28: Circuitos electrónicos con presencia de humo y polvo

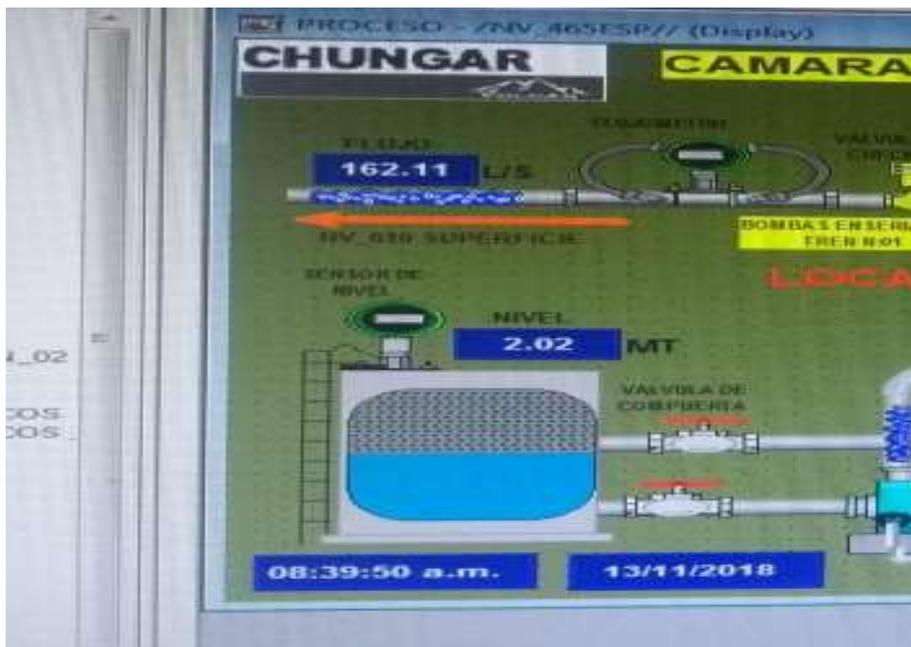


Fuente: Elaboración propia

Elaboración del plan de acción de mantenimiento de sensores de E.C.B.

Cuando se va a tomar parámetros y otras mediciones también se toman en cuenta el funcionamiento correcto de los sensores de nivel de agua, teniendo en cuenta que la mina cuenta con los repuestos del mismo se debe realizar cambios de cada sensor a cada 6 meses y llevar un registro de cambios para mantener un orden de los mismos.

Figura 29: Sensor de nivel de agua



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Cronograma de mantenimiento de sensores

SENSORES	MANTENIMIENTO	CAMBIOS
Se le debe codificar a cada sensores para tenerlo identificado.	El mantenimiento de sensores se dará 2 veces al año.	Los cambios de sensores se le deben hacer cuando esté presente alguna anomalía y evitar posteriores paradas.

Fuente: Elaboración propia

Elaboración del plan de acción de mantenimiento para los tableros TDF

Este tipo de problema sucede normalmente en las cámaras de bombeo que están más próximos a las zonas de excavación y aperturación de nuevas zonas de producción. Donde diferentes empresas contratistas realizan diferentes actividades y sacan tomas de los tableros de los equipos para lo cual no están diseñadas haciendo que estos tienden a fallar.

Tabla 14: Imagen de tableros y TDF



Fuente: Elaboración propia

A continuación acciones correctivas:

Primero: Para los tableros que no están diseñados para conexión de tomas externos se debe mantener cerrado y si es posible colocar un candado.

Segundo: Si hay que realizar cambios o ampliación de trenes en las cámaras de bombeo se debe incluir todos los estudios en compensación de cargas, si es necesario cambiar el

transformador y el tablero de distribución de cargas con dispositivos con mayor capacidad.

Clasificación de componentes

Existen dos clases de componentes:

Componentes desechables o irreversibles: Son aquellos que son reemplazados y considerados como desechos después de ser usados y cumplidos su vida útil.

Componentes reversibles o reconstruibles mediante reparación: En esta clase se encuentran todos aquellos componentes que se mandan a un taller para su reparación cuando están desgastadas por el tiempo de uso y reemplazadas por uno nuevo o mejores condiciones.

Tabla 15: Cuadro de clasificación de componentes

Componentes irreversibles	Lo que se pueden volver a reconstruir	A este tipo de componentes luego de la modificación hay que hacerle seguimiento de su correcto funcionamiento.
Componentes reversibles	Lo que no se pueden reparar.	Hay que almacenarlo en lugar seguro y posteriormente hacerle un documento que ya no cuenta con condiciones de trabajar.

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones adicionales para establecer el tiempo de intervención de los

componentes importantes mediante la fórmula de $MTBF = \frac{TT - NOT}{F}$, donde:

MTBF = Tempo Medio entre fallas (Mean time between failure)

TT= Tiempo total

NOT=Tiempo no operativo

F= Número de fallas (frecuencia)

Ejemplo, módulos PLC:

1 módulos de PLC ha sido instalados en la CAM 100, el 01 de enero del presente año. Para establecer el plan de mantenimiento se tomó los datos de fallas registradas con respecto al módulo instalado de donde se obtuvo que durante los 7 meses, trabajó un total de 5000 horas, registra tiempo inoperativo de 36 horas presentado un total de 8 fallas.

Ingresando a la formula nos da un total de $MTBF = ((720h * 7) - (36h)) / 8$

MTBF= 625 horas/fallas

2.8 Resultados

Evaluación inicial de los indicadores de gestión de mantenimiento

En realidad existe gran cantidad de indicadores que nos pueden ayudar y dar resultado idóneo en tema de gestión de mantenimiento. Pero, particularmente en esta investigación se consideró dos indicadores importantes que nos ayudaran a medir lo que se está implementando.

Eficiencia global (OEE)= (Disponibilidad X Rendimiento X Calidad)

Disponibilidad

Los resultados muestran deficiencia de cuan disponible están los equipos para su ejecución. Para nuestra unidad de investigación se ha trabajado con la cámara de bombeo del interior mina. Donde podemos demostrar que realmente hace falta la elaboración de un mantenimiento programado, ya que al transcurso de la investigación antes de la implementación de mantenimiento preventivo se realizaba presentaba fallas constantemente. De donde se ha señalado las posibles causas:

- Falta de levantamiento de un plan de mantenimiento planificado.
- Falta de capacitación en el uso adecuado de los equipos eléctricos a los operarios quienes se encargan de funcionamiento de las cámaras de bombeo,
- No cuentan con plano de instalación ninguna de los equipos de cámara de bombeo.

En la siguiente tabla se muestra claramente la deficiencia y para ser una actividad tan importante como liberación del agua de interior mina.

Tabla 16: Tabla de disponibilidad antes

Tabla de disponibilidad antes			
DIAS	TRT	TP	DISPA
1	20,6	22,9	90%
2	20,0	22,7	89%
3	19,5	22,5	88%
4	20,6	22,9	91%
5	18,8	22,3	85%
6	18,0	22,0	83%
7	19,8	22,6	88%
8	19,5	22,5	88%
9	18,9	22,3	86%
10	16,5	21,5	79%
11	21,8	23,3	94%
12	19,5	22,5	88%
13	17,3	21,8	81%
14	19,5	22,5	88%
15	19,5	22,5	88%
16	21,0	23,0	92%
17	16,5	21,5	79%
18	20,3	22,8	90%
19	18,0	22,0	83%
20	19,5	22,5	88%
21	21,0	23,0	92%
PROMEDIO			87%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS			
TRT	TIEMPO REAL TRABAJO		
TP	TIEMPO PLANEADO		
DISP.A	DISPONIBILIDAD ANTES		

Fuente: Elaboración propia

Rendimiento

Debido a que suceden constantes fallas de equipos hace que el rendimiento de los mismos se ponga en duda. Más aun, cuando se necesita que los equipos deben estar operativo al 100 % durante las 24 horas del día.

A continuación la tabla nos muestra la el rendimiento de las cámaras de bombeo.

Tabla 17 Tabla de rendimiento antes

Tabla de rendimiento antes					
DIAS	TCR	TCD	SE	RE	RENDIMIENTO
1	0,0	0,0	0,9	0,7	60%
2	0,0	0,0	0,9	0,7	62%
3	0,0	0,0	0,9	0,7	63%
4	0,0	0,0	0,9	0,7	60%
5	0,0	0,0	0,9	0,8	66%
6	0,0	0,0	0,9	0,8	68%
7	0,0	0,0	0,9	0,7	62%
8	0,0	0,0	0,9	0,7	63%
9	0,0	0,0	0,9	0,8	65%
10	0,0	0,0	0,9	0,9	75%
11	0,0	0,0	0,9	0,7	57%
12	0,0	0,0	0,9	0,7	63%
13	0,0	0,0	0,9	0,8	71%
14	0,0	0,0	0,9	0,7	63%
15	0,0	0,0	0,9	0,7	63%
16	0,0	0,0	0,9	0,7	59%
17	0,0	0,0	0,9	0,9	75%
18	0,0	0,0	0,9	0,7	61%
19	0,0	0,0	0,9	0,8	68%
20	0,0	0,0	0,9	0,7	63%
21	0,0	0,0	0,9	0,7	59%
PROMEDIO					64%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					
TCR	TIEMPO DE CICLO REAL				
TCD	TIEMPO DE CICLO DISEÑO				
SE	EFICIENCIA DE VELOCIDAD				
RE	RADIO DE EFICACIA				
REND.A	RENDIMIENTO ANTES				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se muestra al rendimiento con un valor de 64% al cual se le puede hacer una mejora e incrementar para así lograr incrementar la eficiencia global.

Calidad

La calidad está relacionada a la producción de un producto en este caso, el producto principal es la cantidad de agua que se bombea desde mina interior hasta la superficie. Sin embargo, para este caso el objetivo es bombear la cantidad posible de agua a la

superficie sin importar si es sucia o limpia, es por ello que en todo momento la calidad estará al 100% aceptando de esta forma como que sin importar la cantidad de bombeo siempre tendrá la calidad al 100%.

A continuación la tabla de calidad

Tabla 18 Tabla de calidad antes

Tabla de calidad antes			
DIAS	TPA	PT	CALIDAD
1	1,0	1,0	100%
2	1,0	1,0	100%
3	1,0	1,0	100%
4	1,0	1,0	100%
5	1,0	1,0	100%
6	1,0	1,0	100%
7	1,0	1,0	100%
8	1,0	1,0	100%
9	1,0	1,0	100%
10	1,0	1,0	100%
11	1,0	1,0	100%
12	1,0	1,0	100%
13	1,0	1,0	100%
14	1,0	1,0	100%
15	1,0	1,0	100%
16	1,0	1,0	100%
17	1,0	1,0	100%
18	1,0	1,0	100%
19	1,0	1,0	100%
20	1,0	1,0	100%
21	1,0	1,0	100%
PROMEDIO			100%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS			
PA	TOTAL PRODUCTOS ACEPTADOS		
PT	PRODUCCION TOTAL		
CAL.A	CALIDAD ANTES		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, se puede notar claramente que no existe variación ninguna de calidad ya que se acepta el total de producción sin ninguna restricción.

En los siguientes se muestra los resultados antes de la implementación, se halla multiplicando los 3 primeros indicadores, de donde obtenemos la eficiencia global (OEE)

Tabla 19: Tabla de eficiencia global antes

CALCULO OEE DE CAMARA DE BOMBEO ANTES DE LA IMPLEMENTACION				
DIAS	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
1	90%	69%	100%	62%
2	88%	71%	100%	63%
3	87%	73%	100%	63%
4	90%	69%	100%	62%
5	84%	76%	100%	64%
6	82%	79%	100%	65%
7	88%	72%	100%	63%
8	87%	73%	100%	63%
9	85%	75%	100%	64%
10	77%	86%	100%	66%
11	94%	65%	100%	61%
12	87%	73%	100%	63%
13	79%	82%	100%	65%
14	87%	73%	100%	63%
15	87%	73%	100%	63%
16	91%	68%	100%	62%
17	77%	86%	100%	66%
18	89%	70%	100%	62%
19	82%	79%	100%	65%
20	87%	73%	100%	63%
21	91%	68%	100%	62%
PROMEDIO	86%	74%	100%	63%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS				
DISP.A	DISPONIBILIDAD ANTES			
REND.A	RENDIMIENTO ANTES			
CAL.A	CALIDAD ANTES			
OEE	EFICIENCIA GLOBAL			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se evidencia el resultado de la primera evaluación de eficiencia global que nos da 63% y es menor a 65% admisible para una eficiencia global ideal.

Evaluación después de realizar la implementación de mantenimiento preventivo

Disponibilidad

Sánchez (2015), “tiempo real dedicado para que la maquina esté produciendo” (p. 390). Después de realizar la implementación de mejora y haber realizado diferentes actividades tales como programación de mantenimiento y su ejecución de los mismos durante los meses de investigación, se logró incrementar la disponibilidad y con ello se está

optimizando la gestión de mantenimiento. A continuación la nueva tabla de disponibilidad después de la implementación de mejora.

Tabla 20: Tabla de disponibilidad después de la implementación de mantenimiento preventivo

Tabla de disponibilidad después			
DIAS	TRT	TP	DISPONIBILIDAD
1	21,0	23,0	91%
2	20,0	22,7	88%
3	19,5	22,5	87%
4	22,1	23,4	94%
5	23,3	23,8	98%
6	18,8	22,3	84%
7	21,8	23,3	94%
8	19,2	22,4	86%
9	19,5	22,5	87%
10	21,0	23,0	91%
11	19,5	22,5	87%
12	21,8	23,3	94%
13	20,4	22,8	89%
14	21,0	23,0	91%
15	22,5	23,5	96%
16	20,3	22,8	89%
17	19,5	22,5	87%
18	22,2	23,4	95%
19	20,3	22,8	89%
20	21,5	23,2	93%
21	20,4	22,8	89%
PROMEDIO			90%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS			
TRT	TIEMPO REAL TRABAJO		
TP	TIEMPO PLANEADO		
DISP.D	DISPONIBILIDAD DESPUES		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se evidencia el incremento de 3% con respecto a la primera evaluación que era 87%.

Rendimiento

Sánchez (2015), “la producción que se obtiene en comparación con lo que se esperaba” (p. 390).

A continuación la nueva tabla de rendimiento después de la implementación de mejora.

Tabla 21: Tabla de rendimiento después de la implementación de mantenimiento preventivo

Tabla de rendimiento después					
DIAS	TCR	TCD	SE	RE	RENDIMEINTO
1	0,0	0,0	0,9	0,8	77%
2	0,0	0,0	0,9	0,9	81%
3	0,0	0,0	0,9	0,9	83%
4	0,0	0,0	0,9	0,8	73%
5	0,0	0,0	0,9	0,8	69%
6	0,0	0,0	0,9	0,9	86%
7	0,0	0,0	0,9	0,8	74%
8	0,0	0,0	0,9	0,9	84%
9	0,0	0,0	0,9	0,9	83%
10	0,0	0,0	0,9	0,8	77%
11	0,0	0,0	0,9	0,9	83%
12	0,0	0,0	0,9	0,8	74%
13	0,0	0,0	0,9	0,9	79%
14	0,0	0,0	0,9	0,8	77%
15	0,0	0,0	0,9	0,8	72%
16	0,0	0,0	0,9	0,9	80%
17	0,0	0,0	0,9	0,9	83%
18	0,0	0,0	0,9	0,8	73%
19	0,0	0,0	0,9	0,9	80%
20	0,0	0,0	0,9	0,8	75%
21	0,0	0,0	0,9	0,9	79%
PROMEDIO					78%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					
TCR	TIEMPO DE CICLO REAL				
TCD	TIEMPO DE CICLO DISEÑO				
SE	EFICIENCIA DE VELOCIDAD				
RE	RADIO DE EFICACIA				
REND.D	RENDIMIENTO DESPUES				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21, se evidencia el incremento de rendimiento en 14% con respecto a la primera evaluación que fue 64%.

Calidad

Sánchez (2015), “Porcentaje de cosas buenas que se obtiene en total” (p. 390).

A continuación la nueva tabla de calidad después de la implementación de mejora.

Tabla 22 : Tabla de calidad después de la implementación de mantenimiento preventivo

Tabla Calidad después			
DIAS	PA	PT	CALIDAD
1	1,0	1,0	100%
2	1,0	1,0	100%
3	1,0	1,0	100%
4	1,0	1,0	100%
5	1,0	1,0	100%
6	1,0	1,0	100%
7	1,0	1,0	100%
8	1,0	1,0	100%
9	1,0	1,0	100%
10	1,0	1,0	100%
11	1,0	1,0	100%
12	1,0	1,0	100%
13	1,0	1,0	100%
14	1,0	1,0	100%
15	1,0	1,0	100%
16	1,0	1,0	100%
17	1,0	1,0	100%
18	1,0	1,0	100%
19	1,0	1,0	100%
20	1,0	1,0	100%
21	1,0	1,0	100%
PROMEDIO			100%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS			
PA	TOTAL PRODUCTOS ACEPTADOS		
PT	PRODUCCION TOTAL		
CAL.D	CALIDAD DESPUES		

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en la primera evaluación la calidad no se modifica se mantiene y valga la redundancia para decir que se acepta el 100% de la producción que genera el sistema de bombeo.

A continuación del resultado final después de la implementación multiplicando los 3 primeros indicadores obtenemos la eficiencia global (OEE).

Tabla 23: Tabla de eficiencia global después de la implementación de mantenimiento preventivo

CALCULO OEE DE CAMARA DE BOMBEO ANTES DE LA IMPLEMENTACION				
DIAS	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
1	91%	77%	100%	70%
2	88%	81%	100%	71%
3	87%	83%	100%	72%
4	94%	73%	100%	69%
5	98%	69%	100%	68%
6	84%	86%	100%	72%
7	94%	74%	100%	69%
8	86%	84%	100%	72%
9	87%	83%	100%	72%
10	91%	77%	100%	70%
11	87%	83%	100%	72%
12	94%	74%	100%	69%
13	89%	79%	100%	71%
14	91%	77%	100%	70%
15	96%	72%	100%	69%
16	89%	80%	100%	71%
17	87%	83%	100%	72%
18	95%	73%	100%	69%
19	89%	80%	100%	71%
20	93%	75%	100%	70%
21	89%	79%	100%	71%
PROMEDIO	90%	78%	100%	70%
DESCRIPCION DE ABREVIATURAS				
DISP.D	DISPONIBILIDAD DESPUÉS			
REND.D	RENDIMIENTO DESPUÉS			
CAL.D	CALIDAD DESPUÉS			
OEE	EFICIENCIA GLOBAL			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23, se evidencia el incremento de eficiencia global en 7% con respecto a la primera evaluación que era 63%. Esto nos quiere decir que si la implementación de mantenimiento preventivo dio buenos resultados, además ya está por encima de 65% ideal de la eficiencia global.

Actividades realizadas

Actividad 1

La cámara de bombeo 050 presentaba alrededor de 3 o 4 paradas semanales por problemas de funcionamiento correcto del PLC, tanto así que llego a malograrse constantemente hasta quedar inhabilitado porque se desconocía el problema. Razón por el cual, se tenía que realizar un estudio técnico acerca del consumo de amperaje y las conexiones de circuito de control. Después de múltiples pruebas falladas se cambió todo los componentes incluyendo los módulos y el CPU del PLC pero aun así el problema se mantenía.

Se le instalo dos culer (ventilador de baja `potencia de 12 voltios DC) porque suponíamos que todo el problema puede ser ocasionado por las altas temperaturas que existe al interior mina, siendo exactos la temperatura real en las cámaras a partir del nivel 115 con respecto al mar superan los 35 a 40 grados Celsius. El problema se solucionó en un 20% pero aun así seguía fallando el sistema y esto preocupaba al área de gestión d mantenimiento. Después de varias reuniones hechas, con opiniones diversas de técnicos expertos en el tema; se siguió realizando pruebas hasta que en un determinado momento se llegó a la conclusión que en un ambiente donde existe temperatura alta, con la presencia de humo y polvos elevados en las placas del circuito el consumo de amperaje tiende a ser un poco más que en los cálculos realizados para temperatura de ambiente. Entonces teníamos dos opciones: cambiar todo el tablero de arranque o cambiar el transformador por uno de mayor potencia.

Se cambió el trasformador de mayor potencia (transformador de 3.5 amperios a uno de 4.5 amperios), se le coloco silicona y barniz a los circuitos de las placas del CPU Y módulos del PLC. Con los nuevos cambios se consiguió eliminar en un 100% el problema y la maquina empezó a realizar su trabajo con normalidad.

Esta experiencia sirvió de base para realizar cambios a los diferentes tableros que están expuestos a altas temperaturas sin que presentaran fallas por precaución y evitar posteriores paradas por mantenimiento (Se cambió el trasformador a los tableros de las cámaras 025NV, 075NV, 0.85NV, 0.90NV, 100NV y 115NV).

Figura 30 : Imagen de cambio de transformador de UPS



Fuente: Elaboración propia

Actividad 2

En las cámaras de bombeo 23A y 23B se instaló nuevos sensores de nivel en las pozas de acumulación de agua. Esto con el único fin de mejorar los datos reales que manda el sensor al PLC, ya que existía una distorsión por el tiempo de uso que venía trabajando. Por otro lado, en estas dos cámaras se instaló dos pantallas de visualización de datos y programación. Además, en estas mismas cámaras se capacito al operario de tal modo que tome note los parámetros de consumo en pleno trabajo de los motores y otros dispositivos de control. A continuación se muestra las imagines de cambios realizados.

Figura 31: Imagen de cambio de sensores antes y después



Fuente: Elaboración propia

Actividad 3

En la cámara de bombeo 17, se presentó un problema mayor ocasionado por los derrumbes de las paredes. Tornándose en una situación peligrosa tanto para el operario y los técnicos que desarrollan el mantenimiento. Teniendo ventaja, después de haberse implementado esta nueva gestión se le sugirió a la gerencia de mantenimiento general que cambiaran de lugar con urgencia la cámara porque de lo contrario podría generarse accidentes y contratiempos en su mantenimiento programado por lo crítico que se había vuelto después del derrumbe. La iniciativa fue tomada con entusiasmo y compartida por los gerentes de mina quienes en un tiempo record hicieron los cambios y asumieron todos los costos de forma confidencial al cual no tuvimos acceso pero estamos seguros que para nuestra nueva gestión este cambio es lo que mayor impacto positivo genero para nuestra organización.

A continuación las imagines de los cambios realizados.

Establecimiento del programa de mantenimiento preventivo

Figura 32 Cambio de ubicación de cámara de bombeo N° 17



Fuente: Elaboración propia

Prácticamente esta parte de mantenimiento preventivo en la gestión es autónoma por lo tanto las programaciones de la actividades y ciertamente propio del área de mantenimiento preventivo. De acuerdo, a la información adquirida mediante los cuadernos y libros de control diario, más los reportes entregados por parte del centro de control de mina y el planer de actividades de la empresa Consegesa se pasa elaborar un nuevo plan de mantenimiento programado. Pero para ello, es necesario contar con las características de cada cámara de bombeo, de sus equipos eléctricos y electrónicos, de los motores, transformadores, cableados, etc.

A continuación se muestra un cuadro elaborado como programa para un mantenimiento anual, todos estas actividades fueron realizadas tomando en cuenta de los mantenimientos programados mensualmente y que no coincida con los mantenimientos de otras áreas.

Tabla 24 Cuadro de programa anual de mantenimiento

Mantenimiento preventivo de cámaras de bombeo para el mes de setiembre														
SEM.	DIAS	CODIGOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
REGIMAN 1	LUNES	CAM010	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	MARTES	CAM12A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	MIÉRCOLES	CAM12B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	JUEVES	CAM14A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	VIERNES	CAM14B	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ADD Y DOM	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER
REGIMAN 2	LUNES	CAM17A	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	MARTES	CAM17B	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	MIÉRCOLES	CAM20A	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	JUEVES	CAM20B	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	VIERNES	CAM23A	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	ADD Y DOM	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER
REGIMAN 3	LUNES	CAM23B	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	MARTES	CAM100	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	MIÉRCOLES	CAM115	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	JUEVES	CAM310	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	VIERNES	CAM315	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	ADD Y DOM	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER
REGIMAN 4	LUNES	CAM325	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	MARTES	CAM355A	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	MIÉRCOLES	CAM355B	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	JUEVES	CAM410A	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	VIERNES	M455/CAM	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	ADD Y DOM	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 24 los 5 primeros días de la semana están programadas para realizar inspección y mantenimiento preventivos de las cámaras de bombeo establecidos según corresponda. Por otro lado, los días 6 y 7 de la semana son días donde se le revisara los componentes sustraídos durante la semana para su reparación. Teniendo en cuenta los primeros que ingresan al taller será prioridad en las reparaciones.

A continuación pasamos a mostrar un siguiente cuadro donde se puede visualizar mejor las tareas establecidas para cada día durante el mes de setiembre. Además, los materiales y equipos de medición que se van a usar.

Tabla 25 Cuadro programa de mantenimiento para el mes setiembre

Mantenimiento preventivo de cámaras de bombeo para el mes de setiembre					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SEM.	DIAS	CODIGOS	ACTIVIDADES	MATERIALES												
SEMANA 1	LUNES	CAM010	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	MARTES	CAM12A	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	MIÉRCOLES	CAM12B	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	JUEVES	CAM14A	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	VIERNES	CAM14B	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ADO Y DOM	TALLER	TALLER	USO TABLEROS ELECTRICOS DE PRUEBA	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7
SEMANA 2	LUNES	CAM17A	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	MARTES	CAM17B	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	MIÉRCOLES	CAM20A	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	JUEVES	CAM20B	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	VIERNES	CAM23A	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	ADO Y DOM	TALLER	TALLER	USO TABLEROS ELECTRICOS DE PRUEBA	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14
SEMANA 3	LUNES	CAM23B	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	MARTES	CAM100	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	MIÉRCOLES	CAM115	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	JUEVES	CAM310	Toma de para metros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	VIERNES	CAM315	Toma de para metros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	ADO Y DOM	TALLER	TALLER	USO TABLEROS ELECTRICOS DE PRUEBA	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21	20-21
SEMANA 4	LUNES	CAM325	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	MARTES	CAM355A	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	MIÉRCOLES	CAM355B	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	JUEVES	CAM410A	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	VIERNES	M455/CAM	Toma de parámetros e inspección de equipos y componentes	multímetro y herramientas manuales	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	ADO Y DOM	TALLER	TALLER	USO TABLEROS ELECTRICOS DE PRUEBA	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30	27-30

Fuente: Elaboración propia

2.9 Relación costo beneficio

En esta parte del plan se tiene en cuenta de cuanto se está gastando al realizarse el mantenimiento preventivo, sirve como control para ver cuánto de costo se genera con respecto al mantenimiento general.

Costo por mantenimiento de equipos de mantenimiento eléctrico de mina Animón, administrada por Consegesa s.a.

Tabla 26: Sistema de automatización inoperativo (21 cámaras de bombeo)

TABLA DE COSTO POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO TABLEROS ELECTRICOS					
TIPOS DE FALLAS	Causas	prom. H. paradas x mes	%	Costo x H	costo total
CPU MALGRADOS	Por tiempo de uso, acumulación de hollín y temperatura ambiente.	120	22%	S/. 2222,2	S/. 10000,0
FUENTE DE PLC DAÑADO		80	15%	S/. 1481,5	
MODULOS DE PLC		80	15%	S/. 1481,5	
ESTABILIZADOR DAÑADO	Inestabilidad de voltaje, corriente y tiempo de uso.	60	11%	S/. 1111,1	
UPS DAÑADO		60	11%	S/. 1111,1	
TRANSFORMADOR DE CONTROL		40	7%	S/. 740,7	
CABLES DE CONTROL DAÑADO	Falta de mantenimiento predictivo.	40	7%	S/. 740,7	
CABLES DE FUERZA DAÑADO		30	6%	S/. 555,6	
MPS DAÑADO		30	6%	S/. 555,6	
total		540	100%	S/. 10000,	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Costos por gestión de petar para trabajos específicos en altura, mantenimiento eléctrico

COSTOS POR GESTIÓN DE PETAR PARA TRABAJOS ESPECÍFICOS EN ALTURA, MANTTO ELÉCTRICO				
TRABAJOS ESPECÍFICOS	PROMEDIO DE PERDIDA DE HORAS POR GESTION DE DOCUMENTOS	%	Costo x H.	Costo total
MANTTO SENSORES	70	21%	S/. 3088,235	S/. 15000,0
MANTTO MOTORES	70	21%	S/. 3088,235	
MANTTO DE CELDAS	60	18%	S/. 2647,059	
MANTTO DE SWICH	60	18%	S/. 2647,059	
MANTTO ELECTROVALCULAS	60	18%	S/. 2647,059	
MANTTO VIBRADORES	20	6%	S/. 882,353	
total	340	100%	S/. 15000,0	

Fuente: Elaboración propia

Estimación de cálculos de costos producto horas no productivas

Si sumamos el total de los costos de los cuadros anteriores tenemos como resultado un costo total aproximado de s/. 37 000.00 nuevos soles, estos cálculos datos aproximados que se tomó mediante la información de mantenimiento correctivo. Estos costos son totalmente independiente tomadas de los gastos extras realiza en mantenimiento correctivo de los equipos. La idea es eliminar estos costos innecesarios aplicando l metodología de planificación, organización y ejecución de actividades antes de que se genere un evento indeseado como son las fallas intempestivas.

Tabla 28: Resumen de análisis de costo total

SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN INOPERATIVO (21 CÁMARAS DE BOMBEO)	S/. 10000,0
TIEMPOS INOPERATIVOS POR GESTIÓN DE PETAR PARA TRABAJOS ESPECÍFICOS EN ALTURA, MANTTO ELÉCTRICO	S/. 15000,0
Otros costos	12000,00
Total de costos	S/. 37000,00

Fuente: Elaboración propia

Estimación de cálculos de costo de implementación de mantenimiento preventivo

A continuación se presenta la estimación de costos para la implementación de mantenimiento preventivo que hace un costo total en su presupuesto de s/. 37000.00 Nuevos soles al año.

A continuación las tablas de costos:

Tabla 29 : Tabla de análisis de costos

Estimación de costos antes de la implementación						
Mes/Costo	Técnico electricistas	Costo	Ingeniero eléctrico	costo	Entrenamiento	Costo
Mes	1 Técnico	S/. 3000,0	1 Ingeniero	S/. 4000,0	1 capacitor	S/. 3500,0
	3 Técnico	S/. 9000,0				
Sub total		S/. 9000,0		S/. 4000,0		S/. 3500,0
total	S/. 16500,0					
COSTO CONSTANTE MENSUAL DESPUES DE LA IMPLEMENTACION						
Mes/Costo	Técnico electricistas	Costo	Ingeniero eléctrico	Costo		
Mes	1 Técnico	S/. 3000,0	1 Ingeniero	S/. 4000,0		
	3 Técnico	S/. 9000,0				
Sub total		S/. 9000,0		S/. 4000,0		
Total	S/. 13000,0,000					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Tabla de presupuesto de implementación de mantenimiento preventivo

PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MONTO
recursos humanos	profesor investigador	
	asesor de curso	
	investigador	
Recursos de materiales	Alcohol isopropílico	100
	Limpia contactos y trapos	120
	mochilas	150
total recursos de materiales		370
Recursos de servicio	Epps	400
	alimentación	400
	habitación	150
total recursos de materiales y servicios		950
recursos para la implementación	mano de obra	9000
	gestión	300
	pinza ampirimetrica	3000
	juego herramientas	500
total recursos de implementación		12800
recursos para la presentación	impresión de trabajo	23
	anillado	2.5
	cd	2.5
	fichas de asesoramiento	2
total recurso de presentación		30
total de presupuesto		14150

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Tabla de análisis de costo beneficio

Costos	Inv. inicial	Año	Horas no productivas antes	65,4
Costo total antes de la implementación	16500	s/. 16500,0	Horas no productivas después	45,9
costo total después de la implementación	13000	s/. 156000,0	Beneficio en horas	19,5
Costo total de recursos para ña implementación	14150	s/. 169800,0		
Costo total para un año		s/. 342300,0		

Perdida de producción	Por hora	Segundos	Costo		costo x horas	beneficio en horas	Beneficio en soles
segundos	333,333333	1	100	aprox mensual	6000	19,5	117000
segundos	1000	3	300				
minuto	20000	60	6000				
				aprox año	6000	234	1404000

Fuente: Elaboración propia

Relación costo- beneficio

$$\frac{\text{Beneficio 12 meses}}{\text{Total de la inversión}} = \frac{s/. 1404000}{s/. 342300} = 4,10166521$$

El valor obtenido significa que por cada sol invertido se tendrá un retorno de s/. 4.10 por tanto la mejora resulta económicamente viable.

III.RESULTADOS

3.1 Análisis de los datos

Análisis descriptivo

Hernández, Roberto (2010), “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (p.80).

Después de haber analizado y revisado minuciosamente la literatura, realizando el adecuado planteamiento del problema pasamos a verificar con un análisis descriptivos el panorama inicia y final que puede alcanzar nuestra investigación.

a) Mantenimiento preventivo

La investigación de esta variable se caracterizó por un reconocimiento bibliográfico con el objetivo común de mejorar la gestión de mantenimiento eléctrico, con ello reducir costos innecesario para incrementar las utilidades, teniendo en cuenta otras investigaciones hechas con bases teóricos de mantenimiento preventivo, resaltando en todo aspecto las ventajas que generara al momento de ser implementada.

b) Eficiencia global de los equipos

Tener como resultado la eficiencia global permite saber en qué situación o condición se encuentra una maquina o equipos en una línea de producción, es necesario contar con los siguientes indicadores fundamentales:

- Disponibilidad.
- Eficiencia o rendimiento.
- Calidad.

Para cuantificar esta variable se consideró principalmente la producción que realiza diariamente el sistema de bombeo, de donde obtuvimos datos mediante los registros diarios de producción y mantenimiento de los equipos, dando fe a estos documentos que son confiables antes de implementar el mantenimiento preventivo y posteriormente se tomó nuevos datos después de la implementación para comparar y realizar los análisis descriptivos.

Para determinar el nivel de importancia de la mejora, se utilizó el programa estadístico IBM SPSS STATISTICS 25, donde se cargó los datos para medir la disponibilidad, rendimiento y calidad, para luego conseguir como resultado la Eficiencia global. A continuación los resultados del análisis realizado:

Tabla 32: Análisis descriptivo de disponibilidad

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
DISPONIBILIDAD ANTES	21	0,767	0,935	0,86031	0,045899
DISPONIBILIDAD DESPUÉS	21	0,843	0,979	0,90396	0,037055
N válido (por lista)	21				

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

De acuerdo a la tabla 32, se evidencia la mejora disponibilidad después de la implementación de Mantenimiento Preventivo, logrando obtener un incremento en la disponibilidad de los equipos en un 4% en un promedio de 6 meses.

Tabla 33 : Procesamiento de datos

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DISPONIBILIDAD ANTES	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%
DISPONIBILIDAD DESPUÉS	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 33, muestra un resumen estadístico de los resultados mencionados de la disponibilidad antes y después de la implementación.

Tabla 34 Análisis descriptivo antes y después de la implementación

Descriptivos				
		Estadístico	Dev. Error	
DISPONIBILIDAD ANTES	Media		0,86031	0,010016
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,83942	
		Límite superior	0,88120	
	Media recortada al 5%		0,86135	
	Mediana		0,86667	
	Varianza		0,002	
	Desv. Desviación		0,045899	
	Mínimo		0,767	
	Máximo		0,935	
	Rango		0,168	
	Rango intercuartil		0,064	
	Asimetría		-0,669	0,501
	Curtosis		-0,018	0,972
	DISPONIBILIDAD DESPUÉS	Media		0,90396
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	0,88709	
		Límite superior	0,92082	
Media recortada al 5%		0,90321		
Mediana		0,89474		
Varianza		0,001		
Desv. Desviación		0,037055		
Mínimo		0,843		
Máximo		0,979		
Rango		0,136		
Rango intercuartil		0,069		
Asimetría		0,269	0,501	
Curtosis		-0,795	0,972	

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 34, muestra un resumen estadístico detallado de la disponibilidad antes y después de la implementación donde se puede apreciar la media, mediana, varianza, máximo, mínimo entre otros.

Tabla 35: Análisis descriptivo de rendimiento

Estadísticos descriptivos						
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	
RENDIMIENTO ANTES	21	0,653	0,860	0,73847	0,057336	
RENDIMIENTO DESPUÉS	21	0,693	0,860	0,78032	0,045410	

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

De acuerdo a la tabla 35, se evidencia la mejora rendimiento después de la implementación de Mantenimiento Preventivo, logrando obtener un incremento en la disponibilidad de los equipos en un 14% en un promedio de 6 meses.

Tabla 36: Procesamiento de casos

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
RENDIMIENTO ANTES	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%
RENDIMIENTO DESPUÉS	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 36, muestra un resumen estadístico de los resultados mencionados de la disponibilidad antes y después de la implementación.

Tabla 37 Análisis descriptivo antes y después de la implementación

Descriptivos				
		Estadístico	Desv. Error	
RENDIMIENTO ANTES	Media		0,73847	0,012512
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,71237	
		Límite superior	0,76457	
	Media recortada al 5%		0,73640	
	Mediana		0,72800	
	Varianza		0,003	
	Desv. Desviación		0,057336	
	Mínimo		0,653	
	Máximo		0,860	
	Rango		0,208	
	Rango intercuartil		0,077	
	Asimetría		0,891	0,501
	Curtosis		0,269	0,972
	RENDIMIENTO DESPUÉS	Media		0,78032
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	0,75964	
		Límite superior	0,80099	
Media recortada al 5%		0,78075		
Mediana		0,79003		
Varianza		0,002		
Desv. Desviación		0,045410		
Mínimo		0,693		
Máximo		0,860		
Rango		0,166		
Rango intercuartil		0,085		
Asimetría		-0,135	0,501	
Curtosis		-0,885	0,972	

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 37, muestra un resumen estadístico detallado de la disponibilidad antes y después de la implementación donde se puede apreciar la media, mediana, varianza, máximo, mínimo entre otros.

Tabla 38 Análisis descriptivo del índice de calidad

Estadísticos descriptivos						
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv.	Desviación
CALIDAD ANTES	21	1,000	1,000	1,00000		0,000000
CALIDAD DESPUÉS	21	1,000	1,000	1,00000		0,000000

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

En la tabla 38, se puede apreciar que no existe ninguna mejora ya que la calidad de producción se mide de acuerdo a la conformidad de los mimos. De donde, interpretamos que la calidad de las cámaras de bombeo está al 100%, ya que el producto principal que genera las cámaras de bombeo son la cantidad de aguas en metros cúbicos y como se presenta el caso el agua se bombea del interior mina y todo cantidad de agua son satisfactorios para la producción. Es por ello que no hay diferencia de media ya que antes y después de implementación la calidad se mantiene en 100%.

Tabla 39: Procesamiento de casos

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CALIDAD ANTES	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%
CALIDAD DESPUÉS	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 39, muestra un resumen estadístico para corroborar de los resultados mencionados líneas arriba.

Tabla 40 Análisis descriptivo antes y después de la implementación

Descriptivos				
		Estadístico		Desv. Error
CALIDAD ANTES	Media	1,00000		0,000000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,00000	
		Límite superior	1,00000	
	Media recortada al 5%	1,00000		
	Mediana	1,00000		
	Varianza	0,000		
	Desv. Desviación	0,000000		
	Mínimo	1,000		
	Máximo	1,000		
	Rango	0,000		
	Rango intercuartil	0,000		
	Asimetría			
	Curtosis			
	CALIDAD DESPUÉS	Media	1,00000	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1,00000	
		Límite superior	1,00000	
Media recortada al 5%		1,00000		
Mediana		1,00000		
Varianza		0,000		
Desv. Desviación		0,000000		
Mínimo		1,000		
Máximo		1,000		
Rango		0,000		
Rango intercuartil		0,000		
Asimetría				
Curtosis				

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 39, muestra un resumen estadístico detallado de la disponibilidad antes y después de la implementación donde se puede apreciar la media, mediana, varianza, máximo, mínimo entre otros.

Tabla 41 Análisis descriptivo de eficiencia global (OEE)

Estadísticos descriptivos						
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	
EFICIENCIA GLOBAL ANTES	21	0,611	0,660	0,63281	0,013574	
EFICIENCIA GLOBAL DESPUÉS	21	0,679	0,724	0,70377	0,012442	

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Se observa en la tabla 41 en incremento de eficiencia global, de donde se puede determinar que la eficiencia global de las cámaras de bombeo al cual se implementó la mejora, aumento significativamente en un 7% después de la implementación de Mantenimiento Preventivo, a simple vista parece que no hubiese tenido un impacto positivo por el rango muy bajo mejora. Sin embargo, si lo trasladamos a los costos que se ahorra, a los tiempos recuperados para para la producción tiene un efecto positivo y beneficia a la empresa minera

Tabla 42 Procesamiento de datos

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
EFICIENCIA GLOBAL ANTES	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%
EFICIENCIA GLOBAL DESPUÉS	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 42, muestra un resumen estadístico para corroborar de los resultados mencionados sobre la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo.

Tabla 43 Análisis descriptivo antes y después de la implementación

Descriptivos				
			Estadístico	Desv. Error
EFICIENCIA GLOBAL ANTES	Media		0,63281	0,002962
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,62663	
		Límite superior	0,63899	
	Media recortada al 5%		0,63250	
	Mediana		0,63093	
	Varianza		0,000	
	Desv. Desviación		0,013574	
	Mínimo		0,611	
	Máximo		0,660	
	Rango		0,050	
	Rango intercuartil		0,019	
	Asimetría		0,669	0,501
	Curtosis		-0,018	0,972
EFICIENCIA GLOBAL DESPUÉS	Media		0,70377	0,002715
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,69811	
		Límite superior	0,70943	
	Media recortada al 5%		0,70402	
	Mediana		0,70687	
	Varianza		0,000	
	Desv. Desviación		0,012442	
	Mínimo		0,679	
	Máximo		0,724	
	Rango		0,046	
	Rango intercuartil		0,023	
	Asimetría		-0,269	0,501
	Curtosis		-0,795	0,972

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

La tabla 43 muestra un resumen estadístico detallado de la disponibilidad antes y después de la implementación donde se puede apreciar la media, mediana, varianza, máximo, mínimo entre otros.

Análisis inferencial

Pruebas de normalidad

Para HERNÁNDEZ, Roberto. (2010), “la normalidad no debe confundirse con probabilidad. Mientras lo primero es necesario para efectuar pruebas estadísticas, lo segundo es requisito indispensable para hacer inferencias correctas sobre una población”. (p. 191)

Se determinó el comportamiento de serie de datos, para verificar si es un distribución paramétrica (distribución normal) o). Y por ser una muestra menor < 30 se realizó la prueba estadística de se Shapiro-Wilk.

Tabla 44 Análisis de prueba de normalidad de la disponibilidad con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DISPONIBILIDAD ANTES	0,222	21	0,008	0,934	21	0,163
DISPONIBILIDAD DESPUÉS	0,129	21	,200 [*]	0,966	21	0,636

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Cuadro de criterios de evaluación de normalidad mediante la prueba estadista de Shapiro-Wilk, donde existe las condiciones si:

Nivel de significancia $> \alpha=0.05$ en ambas muestras antes y después, la distribución es paramétrica y si Nivel de significancia es $\alpha \leq 0.05$ en una de las muestras o en ambas la distribución no es paramétrica.

Tabla 45: Criterio de evaluación de normalidad

	ANTES	DESPUES	CONCLUSION
SIG6>0,05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG6>0,05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia a los valores de nivel de significancia mostrados de disponibilidad antes(0.163) y disponibilidad después (0.636) e la tabla 44, dan evidencia que en ambos casos son mayores que $\alpha=0.05$ decimos que la distribución es paramétrica.

Tabla 46 Análisis de prueba de normalidad de rendimiento con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RENDIMIENTO ANTES	0,239	21	0,003	0,910	21	0,055
RENDIMIENTO DESPUÉS	0,131	21	,200 [*]	0,969	21	0,702

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Cuadro de criterios de evaluación de normalidad mediante la prueba estadista de Shapiro-Wilk, donde existe las condiciones si:

Nivel de significancia $\alpha > 0.05$ en ambas muestras antes y después, la distribución es paramétrica y si Nivel de significancia es $\alpha \leq 0.05$ en una de las muestras o en ambas la distribución no es paramétrica.

Tabla 47: Criterio de análisis de normalidad

	ANTES	DESPUES	CONCLUSION
SIG6>0,05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG6>0,05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia a los valores de nivel de significancia mostrados de disponibilidad antes(0.055) y disponibilidad después (0.702) e la tabla 46, dan evidencia que en ambos casos son mayores que $\alpha=0.05$ decimos que la distribución es paramétrica

Tabla 48: Análisis de prueba de normalidad de calidad con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CALIDAD ANTES			21			21	
CALIDAD DESPUÉS			21			21	

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Cuadro de criterios de evaluación de normalidad mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk, donde existe las condiciones si:

Nivel de significancia $> \alpha=0.05$ en ambas muestras antes y después, la distribución es paramétrica y si Nivel de significancia es $\alpha \leq 0.05$ en una de las muestras o en ambas la distribución no es paramétrica.

Tabla 49: Criterio de evaluación de normalidad

	ANTES	DESPUES	CONCLUSION
SIG6>0,05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG6>0,05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48, no existen datos en nivel de significancia de calidad antes y calidad después, ya que no existe la mínima variación con respecto a los datos de calidad por considerar que la producción es el 100% de calidad. Pero como no existen datos, asumimos que la distribución de las muestras no son paramétricas, por lo tanto no es una distribución paramétrica.

Tabla 50 : Análisis de prueba de normalidad de OEE (Eficiencia Global) con Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIA GLOBAL ANTES		0,222	21	0,008	0,934	21	0,163
EFICIENCIA GLOBAL DESPUÉS		0,129	21	,200*	0,966	21	0,636

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Cuadro de criterios de evaluación de normalidad mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk, donde existe las condiciones si:

Nivel de significancia $> \alpha=0.05$ en ambas muestras antes y después, la distribución es paramétrica y si Nivel de significancia es $\alpha \leq 0.05$ en una de las muestras o en ambas la distribución no es paramétrica.

Tabla 51: Criterio de evaluación de normalidad

	ANTES	DESPUES	CONCLUSION
SIG6>0,05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG6>0,05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG6>0,05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia a los valores de nivel de significancia mostrados de disponibilidad antes(0.163) y disponibilidad después (0.636) en la tabla 50, dan evidencia que en ambos casos son mayores que $> \alpha=0.05$ decimos que la distribución es paramétrica.

Análisis e interpretación:

Luego de haber ingresado los datos de antes y después de la implementación vemos que las pruebas de disponibilidad, rendimiento y eficiencia global tienen una distribución normal debido a que el valor del “P-values” nivel de significancia es $> \alpha= 0.05$ en la prueba de Shapiro-Wilk, con excepción de calidad que no varía sus datos. Al respecto, se concluye que hay una evidencia estadística de que el mantenimiento preventivo incrementa y mejora la eficiencia global de los equipos, así también de los indicadores más importantes de la gestión de mantenimiento (disponibilidad, rendimiento, calidad enfocados a la producción de los equipos de cámaras de bombeo).

Contrastación, prueba de hipótesis

Como son muestras paramétricas, para la validación de hipótesis ha sido utilizada la prueba de “T de student” para muestras relacionadas, que es una muestra netamente de comparaciones, donde las variables deben de cumplir ciertos requisitos:

- Distribución normal de la variable dependiente.
- Nivel de intervalo de razón de la variable dependiente.

- La medición de dos puntuaciones aritméticas y la determinación de la diferencia, el cual debe ser estadísticamente significativa.

Para las muestra no paramétricas como lo hemos asumido para el indicador de calidad se hará una prueba de hipótesis con Wilcoxon.

Ha

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa eficiencia global en equipos de cámara de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia global en equipos de cámara de bombeo de una mina..

Tabla 52: Análisis estadístico de muestras relacionadas (repetidas) de la hipótesis general

Estadísticas de muestras emparejadas						
Par		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error	promedio
Par 1	EFICIENCIA GLOBAL ANTES	0,63281	21	0,013574		0,002962
	EFICIENCIA GLOBAL DESPUÉS	0,70377	21	0,012442		0,002715

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Criterios de interpretación de las medias de relacionadas antes y después de la implementación de la metodología.

Ha: μ Eficiencia global (OEEa) \leq μ Eficiencia global (OEEd)

H0: μ Eficiencia global (OEEa) $>$ μ Eficiencia global (OEEd)

Ha

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia global de cámara de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia global de cámara de bombeo de una mina

En la tabla 52, es evidente que μ Eficiencia global (OEEa) \leq μ Eficiencia global (OEEd), por lo tanto acepto la Ha y rechazo la H0 resaltando que la implementación

mantenimiento preventivo incrementa el eficiencia global de cámara de bombeo de una mina.

Tabla 53 Análisis estadístico de muestras relacionadas de la hipótesis general

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	EFICIENCIA GLOBAL ANTES - EFICIENCIA GLOBAL DESPUÉS	-0,070961	0,016991	0,003708	-0,078695	-0,063227	-19,139	20	0,000

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Análisis e interpretación:

Ha

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia global de cámara de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia global de cámara de bombeo de una mina

En la tabla 53, se puede verificar que existe una diferencia de medias del indicador de eficiencia global ante y después de la implementación donde nos permite determinar que tiene efectos significativos en los mismos, de igual modo su nivel de significancia en la tabla 45 nos indica que es $< \alpha=0.05$, el cual no indica que la hipótesis nula debe ser rechazada (H0) por lo tanto se acepta la hipótesis alterna (Ha), donde se hace evidencia que el mantenimiento preventivo optimizará la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo.

Tabla 54 Análisis de muestras relacionadas de la hipótesis específica H1

Estadísticas de muestras emparejadas						
Par 1	DISPONIBILIDAD ANTES	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error	promedio
		0,86031	21	0,045899		0,010016
	DISPONIBILIDAD DESPUÉS	0,90396	21	0,037055		0,008086

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Criterios de interpretación de las medias de relacionadas antes y después de la implementación de la metodología.

Ha: $\mu \text{ DISP.a} \leq \mu \text{ DISP.d}$

H0: $\mu \text{ DISP.a} \geq \mu \text{ DISP.d}$

Ha

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de cámara de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa la disponibilidad de cámara de bombeo de una mina.

En la tabla 54, es evidente que $\mu \text{ DISP.a} \leq \mu \text{ DISP.d}$, por lo tanto acepto la Ha y rechazo la H0 resaltando que la implementación mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de cámara de bombeo de una mina.

Tabla 55 Análisis de correlación de muestras emparejadas de la hipótesis específica H1

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	DISPONIBILIDAD ANTES - DISPONIBILIDAD DESPUÉS	-0,043648	0,054521	0,011897	-0,068466	-0,018831	-3,669	20	0,002

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Análisis e interpretación:

Ha

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de cámara de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa la disponibilidad de cámara de bombeo de una mina.

En la tabla 55, mostrada se puede verificar que existe una diferencia de medias del indicador de disponibilidad antes y después de la implementación donde nos permite determinar que tiene efectos significativos en los mismos, de igual modo su nivel de significancia nos indica que es $\alpha=0.05$, el cual no indica que la hipótesis nula debe ser rechazada (H0) y por lo tanto se acepta la hipótesis alterna (Ha), a su vez, decimos que la implementación de mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad de cámaras de bombeo.

Tabla 56 Análisis de muestras relacionadas de la hipótesis específica H2

Estadísticas de muestras emparejadas					
Par 1		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
	RENDIMIENTO ANTES	0,73847	21	0,057336	0,012512
	RENDIMIENTO DESPUÉS	0,78032	21	0,045410	0,009909

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Criterios de interpretación de las medias de relacionadas antes y después de la implementación de la metodología.

Ha: $\mu \text{ REND.a} = < \mu \text{ REND.d}$

H0: $\mu \text{ REND.a} >= \mu \text{ REND.d}$

Ha

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa el rendimiento de cámara de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa el rendimiento de cámara de bombeo de una mina.

En la tabla 56, es evidente que $\mu \text{ REND.a} = < \mu \text{ REND.d}$, por lo tanto acepto la H_a y rechazo la H_0 resaltando que la implementación mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de cámara de bombeo de una mina.

Tabla 57: Análisis de correlación de muestras emparejadas de la hipótesis específica H_2

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	RENDIMIENTO ANTES - RENDIMIENTO DESPUÉS	-0,041846	0,066978	0,014616	-0,072334	-0,011358	-2,863	20	0,010

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Análisis e interpretación:

Esta segunda tabla 57 de hipótesis de muestras emparejadas mediante la prueba de T de student, el nivel de significancia = 0.01 es < 0.05 , el cual nos permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna para corroborar que la implementación de la nueva metodología mejorará el rendimiento de cámaras de bombeo.

Tabla 58 Análisis estadístico y de correlación de muestras emparejadas de la hipótesis específica H_3

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
CALIDAD ANTES	21	1,00000	,000000	1,000	1,000
CALIDAD DESPUÉS	21	1,00000	,000000	1,000	1,000

Criterios de interpretación de las medias de relacionadas antes y después de la implementación de la metodología.

$H_a: \mu \text{ CAL.a} = < \mu \text{ CAL.d}$

$H_0: \mu \text{ CAL.a} \geq \mu \text{ CAL.d}$

H_a

La implementación de mantenimiento preventivo incrementa la calidad equipos de cámaras de bombeo de una mina.

H0

La implementación de mantenimiento preventivo no incrementa la calidad equipos de cámaras de bombeo de una mina

Estadísticos de prueba^a	
	CALIDAD DESPUÉS - CALIDAD ANTES
Z	,000 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	1,000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. La suma de rangos negativos es igual a la suma de rangos positivos.	

Fuente: Elaboración propia con SPSS STATISTICS 25

Análisis e interpretación:

En la tercera tabla 58 de análisis de hipótesis para muestras no paramétricas mediante la prueba estadística de Wilcoxon, se observa que no existe ningún cambio respecto a media antes y media despues por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, ademas la prueba de nivel de significancia es de P valor= 1.000 es > 0.05 , el cual nos permite rechazar la hipótesis alterna y aceptar la hipótesis nula, para decir que la implementación de la nueva metodología no incrementara la calidad de producción de cámaras de bombeo.

IV.DISCUSIÓN

Discusión de resultado general

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación, donde la mejora de eficiencia global en los equipos alcanza un incremento significativo de 7% después de la implementación de Mantenimiento Preventivo, guarda una relación similar con los resultados obtenidos por Rojas, Raúl (2014) “Gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de san Fernando” donde, llegó a la conclusión que mejoró eficiencia global de los equipos productivos de un 65% a un 70%, alcanzando un incremento de un 5% luego de la aplicación de la nueva Gestión de mantenimiento.

Discusión de los resultados específicos

Respecto a la hipótesis específica (H1), la aplicación de mantenimiento preventivo Mejoró la disponibilidad en un 3% de los equipos de cámara de bombeo, que en su primera evaluación se obtuvo un 87% y luego de la aplicación aumento en 90%, el cual muestra una relación similar a la investigación realizada por Casachahua, Cesar (2017) “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A” donde concluyó que la disponibilidad se incrementó en un 9%, que en su primera medición obtuvo de 81% de las excavadoras CAT 336, llegando a 90% de la disponibilidad mecánica.

Respecto a la hipótesis específica (H2), la aplicación de mantenimiento preventivo Mejoró el rendimiento en un 14% de los equipos de cámara de bombeo, que en la primera evaluación se obtuvo un 64% y luego de la aplicación aumento en 78%, el cual muestra una relación similar a la investigación realizada por Rojas, Raúl (2014) en su tesis “Gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de san Fernando” donde concluyó que el rendimiento se incrementó en un 4%, que en su primera medición obtuvo de 67% y luego se obtuvo 71% de las excavadoras CAT 336.

Respecto a la hipótesis específica (H3), la aplicación de mantenimiento preventivo no

Mejóro la calidad y no guarda relación con ninguna de nuestros antecedentes ya que para nuestra investigación la calidad de producción es el 100%, porque se considera que todo líquido bombeado a la superficie no tiene control de calidad.

V. CONCLUSIÓN

Conclusión General

Se concluye que la aplicación de cada una de las etapas como la programación de tareas, evaluación y codificación de los equipos, planificación de las actividades a corto y largo plazo son pilares básicos de la gestión de mantenimiento preventivo, los mismos que permiten incrementar significativamente la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo de una mina, en un 7%, cuyo resultado ha sido calculado en un promedio de 6 meses después de la implementación, donde se consiguió el objetivo establecido incrementar la eficiencia global y reducir las paradas no planificadas, las horas no productivas registradas en el primer análisis realizado.

Conclusiones específicas

Se concluye que la implementación de mantenimiento preventivo incremento la disponibilidad en 4% de los equipos de cámaras de bombeo de una mina, esto debido a las planificaciones de respuestas inmediatas de solución hechas en la gestión de mantenimiento para los 6 causas raíces según diagrama Pareto mostrado en la realidad problemática, los mismos que han sido ejecutados según lo planificado y han contribuido en la disminución de fallas constantes por acumulación de humo, por sobrecarga a los tableros de distribución, y otros fallos comunes que se dan respecto a los circuitos eléctricos.

Se concluye que la implementación de mantenimiento preventivo incremento el rendimiento en 14% de los equipos de cámaras de bombeo de una mina, esto debido a las planificaciones de respuestas inmediatas de solución hechas en la gestión de mantenimiento para los 6 causas raíces según diagrama Pareto mostrado en la realidad problemática, los mismos que han sido ejecutados según lo planificado y han contribuido en la disminución de fallas constantes por acumulación de humo, por sobrecarga a los tableros de distribución, y otros fallos comunes que se dan respecto a los circuitos eléctricos.

Se concluye que la implementación de mantenimiento preventivo no incremento la calidad de los equipos de cámaras de bombeo de una mina.

Para finalizar cabe destacar que con la implementación de mantenimiento preventivo queda demostrado que se puede incrementar aún más la eficiencia global de los equipos de cámaras de bombeo.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. A la alta dirección de la mina, contribuir con la habilitación de mantenimiento preventivo en el software de gestión de mantenimiento para continuar con la mejora continua de los equipos productivos, de tal forma que guarde una relación entre el mantenimiento preventivo y la gestión de mantenimiento general, basándonos en los resultados obtenidos después de la implementación que si tiene efectos positivos para organización.
2. A los representantes de la empresa (Consegesa S.A.) administradora del mantenimiento eléctrico, incorporar entre sus planes de gestión de mantenimiento a la nueva metodología implementada, analizada y que tiene impacto positivo en la producción.
3. Que cada una de las etapas realizadas quede documentada, así como los resultados obtenidos, para una adecuada retroalimentación, con ello se generarán datos históricos de los indicadores establecidos para el OEE y se podrán establecer nuevos objetivos de acuerdo al panorama en el que se encuentre inmerso la organización.
4. La continuación del ciclo de mejora continua y por ende la aplicación de la metodología del mantenimiento preventivo no debe quedar a un lado, más aun sabiendo que es unas herramientas fundamentales para optimizar la gestión de mantenimiento.

VII. BIBIOGRAFIA

IV. BIBLIOGRAFÍA

APAZA, Ronald. El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L.. Ananea- 2015. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero industrial). Juliaca: Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”. 2015. 158 pp.

BECERRA, Gilberto Y PAULINO, Melchor. Análisis de confiabilidad como herramienta para optimizar la gestión del mantenimiento preventivo de los equipos de la línea de flotación de un centro minero. Tesis (para optar grado académico de maestro en ingeniería con mención en gerencia e ingeniería de mantenimiento). Lima. Universidad nacional de ingeniería. 2012. 288 pp.

BERNAL, Cesar. Metodología de la Investigación. Tercera edición. Colombia: Pearson Educación, 2010. ISBN: 978-958-699-128-5.

CARCEL, Carrasco. La gestión de conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial. España-Valencia. Omnia Science (omnia publisher) 2014. [Fecha de consulta 12 de mayo del 2018]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=Xn5AgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gestion+de+mantenimiento+industrial+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiH7JPv3fLaAhUJxVkKHV8vDwUQ6AEILDAB#v=onepage&q&f=false> ISBN: 978-84-941872-7-8

Casachahua, Cesar. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A. Tesis (ingeniero mecánico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de ingeniería mecánica. 2017, 106 pp.

CERVANTES, Gustavo. Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo s. a. de c. v. Tesis (para optar el título de ingeniero de mantenimiento industrial). Tula de Allende – México: Universidad Tecnológica Tula – Tepeji. 2011. 70 pp.

CRUZADO, Antonio. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la gestión por procesos para la mejora de productividad y la competitividad de una asociatividad de mypes del sector textil. Tesis (grado de ingeniero industrial). Lima: universidad privada de ciencias aplicadas. 2014. 99 pp.

CUATRECASAS, Lluís y FRANCESCA, Torrell. TPM en un entorno Lean Magnament: Estrategia competitiva. México: Profit Editorial S.L, 2010. ISBN: 978-84- 92956-12-8.

DONAYRE, Enso. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de lima. Tesis (para optar título de ingeniero industrial). Lima. Universidad privada de ciencias aplicadas. 2014. 154 pp.

EL ECONOMISTA. Expomin Chile.Schwager y optima gestión de mantenimiento [en línea] 14 de abril del 2018, nro. 3. [fecha de consulta 01 de mayo de 2018].disponible en <http://www.economistaamerica.cl/empresas-eAm-chile/noticias/9084215/04/18/Expomin-2018-Schwager-y-una-optima-gestion-de-mantenimiento.html> ISSN: 4.090.54 - 1666-2830

EL COMERCIO. ¿Cómo lograr la eficiencia de una maquinaria? [En línea] 13 de febrero del 2018. [Fecha de consulta 05 de mayo de 2018] disponible en <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/lograr-eficiencia-maquinaria-noticia-496747> ISSN: 1605-4806

GARCIA, Cesar. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento de una clínica particular en la ciudad de lima. Tesis (para optar el título de ingeniero industrial). Lima. Pontifica universidad católica del Perú. 2014. 115 pp.

GARCIA, David. Modelo de gestión para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de STC metro de ciudad de México. Tesis (grado de maestro en ingeniería industrial). México: instituto politécnico nacional. 2015. 157 pp.

GARCIA, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. España-Madrid: ediciones días santos S.A. 2010. [Fecha de consulta 01 de mayo del 2018]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=PUovBdLi-oMC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Santiago+Garc%C3%ADa+Garrido%22&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwi6lKDs3_LaAhWCslkKHRO_AycQ6AEIPDAE#v=onepage&q&f=false

GONZALES, Raisirys Y SALAZAR, Franciris. Aspectos básicos de estudio de muestra y población para la elaboración de los proyectos de investigación. Trabajo de grado (para optar al título de licenciatura en administración). Cumana: Universidad de Oriente Núcleo de Sucre. 2008, 82pp.

HERNANDEZ, Juan y VIZAN, Antonio. Lean manufacturing. [en línea]. Madrid:Forest Stewardship Council, 2013. 178 pp. ISBN: 978-84-15061-40-3.

HERNANDEZ, Roberto. Metodología de investigación. [en línea]. 5.^a ed. México: Interamericana Editores, S.A. de C.V. 2010. 656 PP. ISBN: 978-607-15-0291-9

MENDOZA, Mónica. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento industrial. Tesis (para optar maestría en ingeniería industrial). México: instituto politécnico nacional. 2016. 126 pp.

Organización y planificación del mantenimiento preventivo de equipos de plantas de tratamiento de agua y plantas depuradoras por Zanchez José [*et al*]. 5ta edición. Editorial Elerarning S.L. 2015. 391 pp. ISBN: 978-84-16360-13-0

RIVERA, Miguel. Sistema de gestión de mantenimiento industrial. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero industrial). Lima: universidad mayor de San Marcos. 2011.232 pp.

RODRIGUEZ, Miguel. Propuesta de la mejora de gestión de mantenimiento basado en ala mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca. Tesis (para optar título profesional de ingeniero industrial). Cajamarca: universidad privada del norte 2012. 107 pp.

Rojas, Raúl. Gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de san Fernando. Tesis (ingeniero industrial). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de ingeniería industrial. 2014, 207 pp.

SAN MARTIN, Javier y QUESADA, Patricio. Propuesta de un sistema de gestión para el mantenimiento de la empresa cerámica andina c. a. Tesis (obtención de titilo ingeniería industrial). Ecuador-Cuenca: universidad politécnica salesiana sede cuenca.2014. 228 pp.

VALDES, Jorge y SAN MARTIN, Erick. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remplast. Tesis (para optar título de administrador de industrias). Cartagena: universidad de Cartagena. 2009. 242 pp.

TUAREZ, Cesar. Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercialización de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (mantenimiento productivo total). Tesis (magister en gestión de la productividad y calidad). Guayaquil –Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ciencias naturales y departamento de matemáticas. 2013, 167 pp.

Tuesta, Miguel. Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa. Tesis (ingeniero mecánico). Callao: Universidad Nacional del Callao. Facultad de ingeniería mecánica energía. 2014, 221 pp.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación Científica. Primera edición. Perú: San Marcos, 2010. ISBN: 9786123028787

VILLEGAS, Juan Carlos. Propuesta d mejora en la gestión de área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa “manfers s.r.l. contratistas generales”, Arequipa 2016. Tesis (para optar título profesional de ingeniería industrial). Arequipa. Universidad católica de san pablo. 2016. 330 pp.

ANEXOS

Anexo 01
Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
VI: mantenimiento preventivo	Según Valdés y San Martín (2009, p. 55), mantenimiento preventivo que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, y mantener en un nivel determinado los equipos, se conoce como mantenimiento directo o periódico, por cuanto sus actividades están controlados por el tiempo; se basa en la confiabilidad del equipo.	El mantenimiento preventivo se implementará en todos los equipos de las cámaras de bombeo, para aumentar la vida útil de los equipos, el cual se desarrolla de manera sistemática programada por el planificador del mantenimiento.	Indice de Mantenimiento programado	% de mantenimiento programado $IMP = \frac{\text{Horas totales mantto programada}}{\text{Horas totales dedicadas a mantto}} \times 100$	Porcentual
			Indice de Cumplimiento	% de cumplimiento de Mantenimiento preventivo al mes $IC = \frac{\text{(total actividades ejecutadas)}}{\text{(total de actividades programadas)}} \times 100$	Porcentual
			Indice de tiempo medio entre fallas	$MTBF = \frac{TT - NOT}{F}$ DONDE: TT= Tiempo total NOT= Tiempo no operacional F= Número de fallas	Razón

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
VD: Eficiencia global de gestión de mantenimiento de equipos de cámaras de bombeo.	Para Sánchez (2015), "La eficiencia global es un concepto que está asociado al trabajo realizado por maquinas [...] si se tiene un buen rendimiento se obtiene buenos resultados con poco trabajo" (p. 390).	La Eficiencia Global se realiza de la siguiente manera: cálculo de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Con estos tres datos podemos mostrar en qué situación se encuentra realmente los equipos y tomar una decisión.	Indice de calidad en ECB	Calidad en equipos de cámara de bombeo $CAL = \frac{\text{(Produccion Aprobada)}}{\text{(Produccion Total)}} \times 100$	PORCENTUAL
			indice de disponibilidad en ECB	Disponibilidad de equipos de cámara de bombeo $DISP = \frac{\text{Tiempo efectivo de trabajo}}{\text{Tiempo planeado}}$	PORCENTUAL
			indice de rendimiento en ECB	Rendimiento de equipos de cámara de bombeo $RE = \frac{\text{Val. de prod. actual} \times \text{de ciclo actual}}{\text{Tiempo de trabajo actual}} \times 100$ $SE = \frac{\text{Tiempo de ciclo programado}}{\text{Tiempo de ciclo real}}$ REND = Ratio de velocidad (RE) X eficiencia de velocidad (SE)	PORCENTUAL

Cuadro: Elaboración propia

Anexo 02

CUESTIONARIO ACERCA DE JUICIO DE EXPERTOS

1. Con respecto a su punto de vista del entrevistado:

- ¿Qué tan crítico considera las paradas de máquinas y equipos en el área de mantenimiento eléctrico, enfocado a la producción? responda la pregunta de acuerdo a su criticidad desde 1 al 5 y de acuerdo a su impacto del 0 al 100%. Marca con una x.

(1=bajo, 2=bajo, 3=moderado, 4=moderado, 5=alto) y (0-20 %=no crítico, 20-40%=no crítico, 40-60%=ligeramente crítico, 60-70%=critico, 70-100%=demasiado critico)

Ítems	Valoración												
	Grupos de mantenimiento eléctrico	criticidad					impacto			Observaciones			
1	mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de equipos de cámara de bombeo												
2	mantenimiento eléctrico de mina-zona												
3	mantenimiento eléctrico de ventiladores												
4	mantenimiento eléctrico superficie subestaciones y grupos												

Recomendaciones:

2. Con respecto a su punto de vista ¿Qué tan crítico considera las paradas de máquinas y equipos en el área de mantenimiento eléctrico, enfocado a costo de mantenimiento? responda la pregunta de acuerdo a su criticidad desde 1 al 5 y de acuerdo a su impacto del 0 al 100%. Marca con una x.

(1=bajo, 2=bajo, 3=moderado, 4=moderado, 5=alto) y (0-20 %=no crítico, 20-40%=no crítico, 40-60%=ligeramente crítico, 60-70%=critico, 70-100%=demasiado critico)

Ítems	Valoración												
	Grupos de mantenimiento eléctrico	criticidad					impacto			Observaciones			
1	mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de equipos de cámara de bombeo												

2	mantenimiento eléctrico de mina-zona																			
3	mantenimiento eléctrico de ventiladores																			
4	mantenimiento eléctrico superficie subestaciones y grupos																			

Recomendaciones:

3. Con respecto a su punto de vista ¿Qué tan crítico considera las paradas de máquinas y equipos en el área de mantenimiento eléctrico, enfocado a la eficiencia de los equipos? responda la pregunta de acuerdo a su criticidad desde 1 al 5 y de acuerdo a su impacto del 0 al 100%. Marca con una x.
 (1=bajo, 2=bajo, 3=moderado, 4=moderado, 5=alto) y (0-20 %=no crítico, 20-40%=no crítico, 40-60%=ligeramente crítico, 60-70%=critico, 70-100%=demasiado critico)

ítems	Valoración																			
	Grupos de mantenimiento eléctrico	criticidad					impacto					Observaciones								
1	mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de equipos de cámara de bombeo																			
2	mantenimiento eléctrico de mina-zona																			
3	mantenimiento eléctrico de ventiladores																			
4	mantenimiento eléctrico superficie subestaciones y grupos																			

Recomendaciones:

4. Con respecto a su punto de vista ¿Qué tan crítico considera las paradas de máquinas y equipos en el área de mantenimiento eléctrico, enfocado a la gestión de mantenimiento? responda la pregunta de acuerdo a su criticidad desde 1 al 5 y de acuerdo a su impacto del 0 al 100%. Marca con una x.

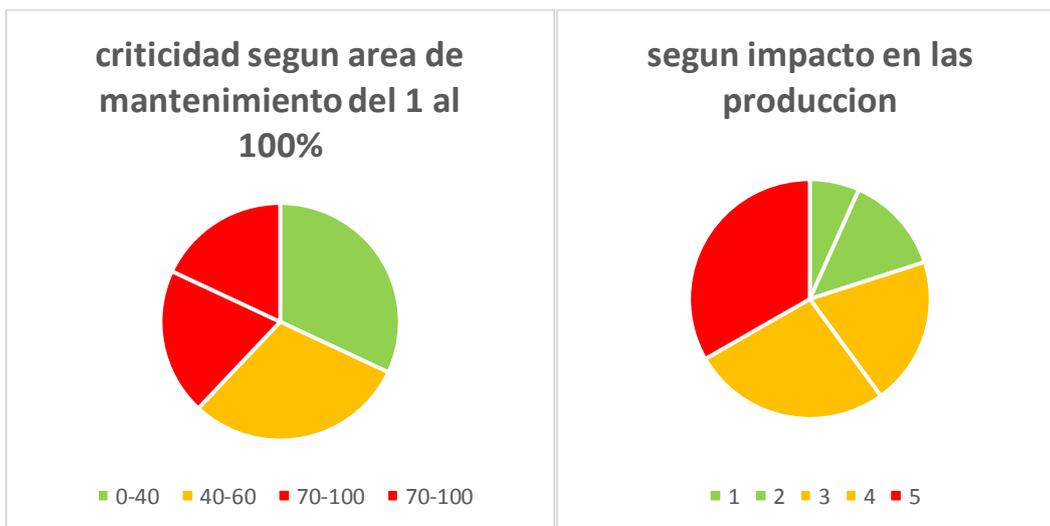
(1=bajo, 2=bajo, 3=moderado, 4=moderado, 5=alto) y (0-20 %=no crítico, 20-40%=no crítico, 40-60%=ligeramente crítico, 60-70%=critico, 70-100%=demasiado critico)

ítems	Valoración												
	Grupos de mantenimiento eléctrico	criticidad				impacto				observaciones			
1	mantenimiento eléctrico de sistema de automatización de equipos de cámara de bombeo												
2	mantenimiento eléctrico de mina-zona												
3	mantenimiento eléctrico de ventiladores												
4	mantenimiento eléctrico superficie subestaciones y grupos												

Recomendaciones:

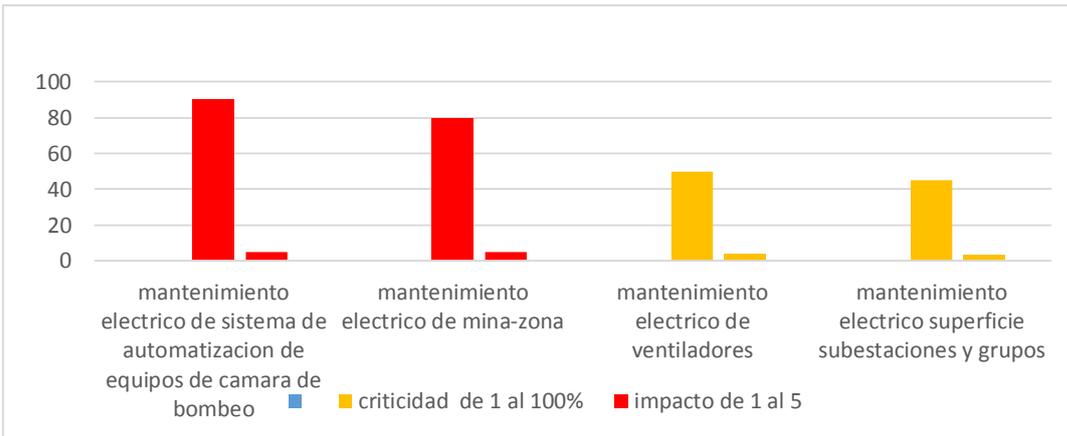
Anexo 03

Análisis de criticidad según impacto a la producción



FUENTE: Elaboración Propi

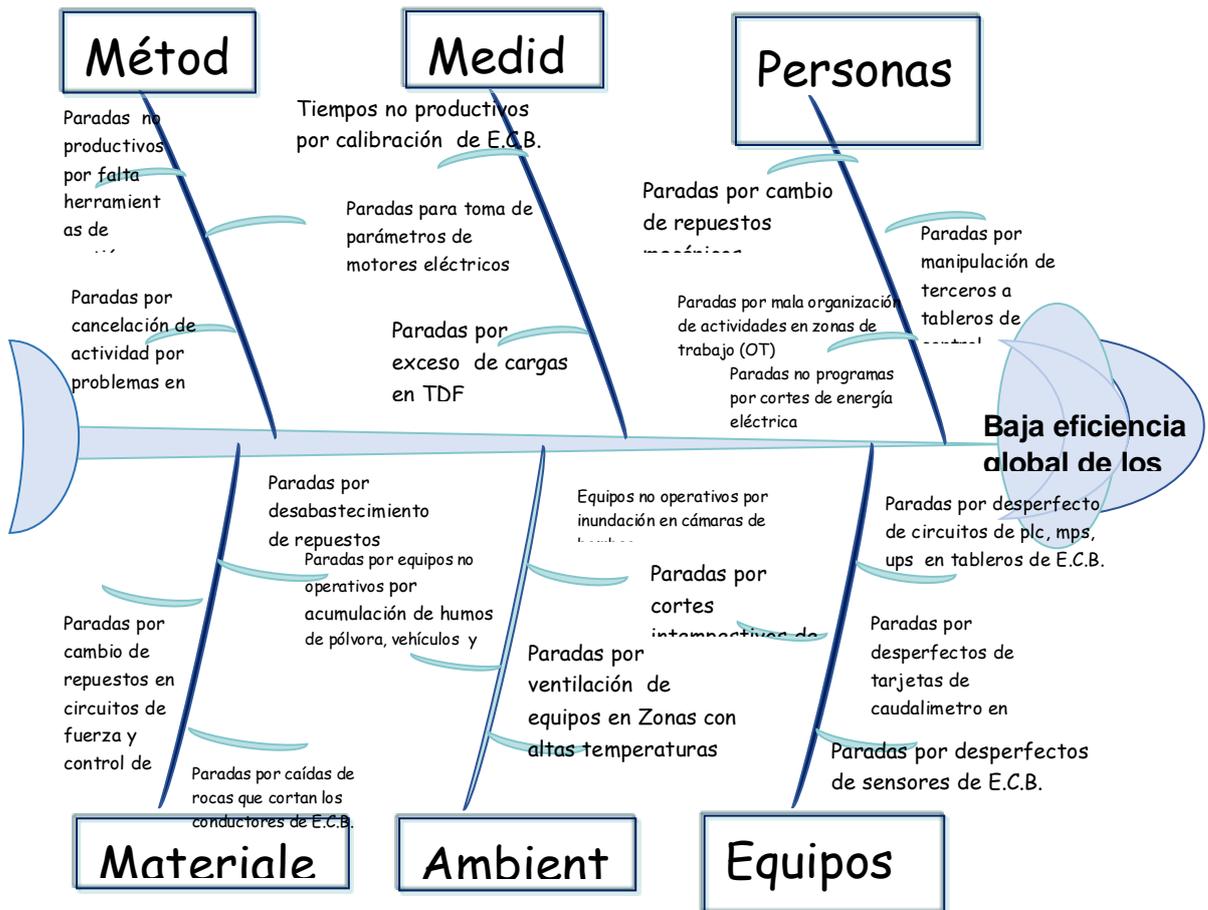
Análisis de criticidad de mantenimiento eléctrico



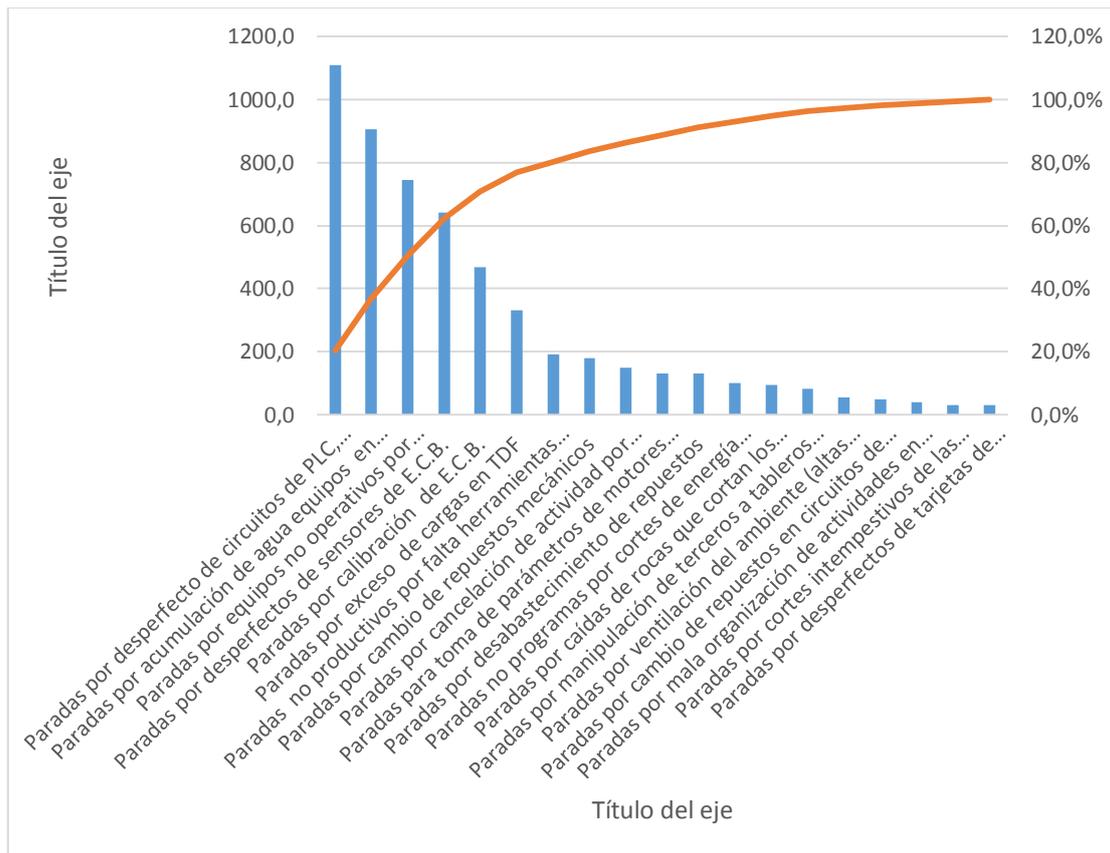
FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 04

Diagrama de Ishikawa y Pareto de para detectar causas de paradas por desperfecto de E.C.B. en mantenimiento eléctrico de una mina



FUENTE: Elaboración Propia



FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 05 Producto bruto interno en Perú de la minería



Fuente: Revista el comercio

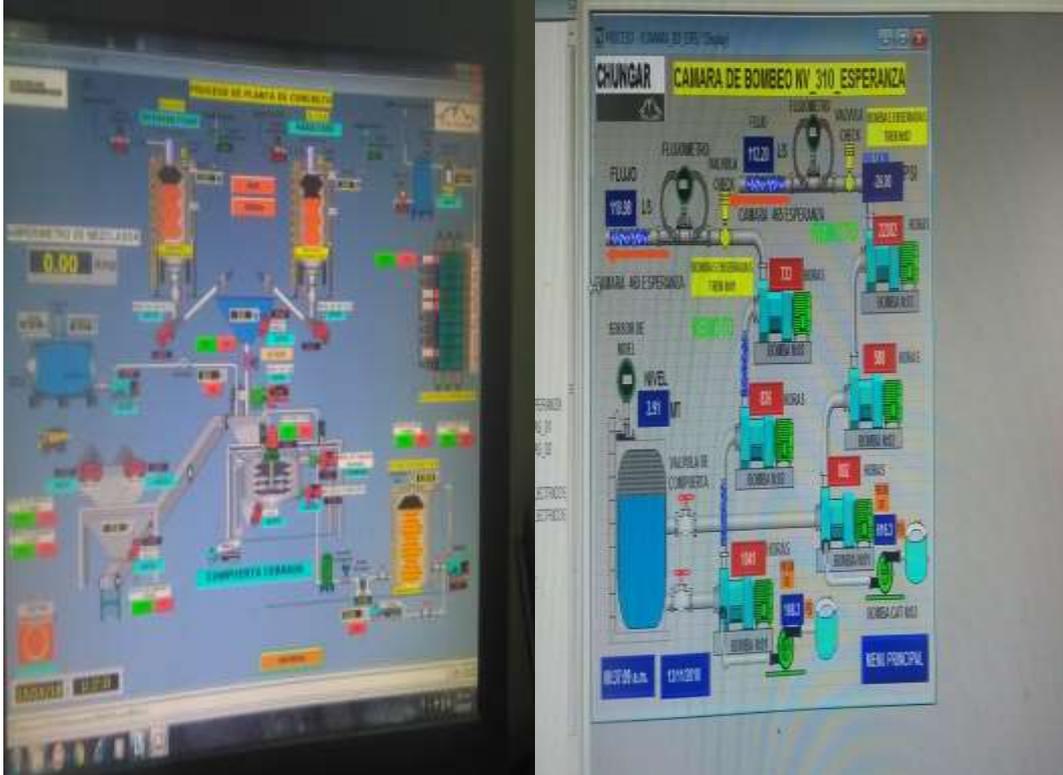
Anexo 06
Historial de registro de fallas

Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
Registro del historial mensual - Informe dedada por centro de control de la mina de Chungar												
Mes / paradas	Noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Paradas por desperfecto de circuitos de P.Lcs. M	1200	1100	1250	1090	962	1050	180	150	220	140	140	18
Paradas por Equipos no operativos por inundación	1010	830	1150	700	830	920	150	120	140	80	200	25
Paradas por equipos no operativos por acumulación de humedad	926	620	950	600	700	670	100	440	450	460	400	30
Paradas por desperfectos de sensores y radares de nivel de agua	815	516	890	550	460	610	400	420	140	325	150	32
Paradas por alteración de información de entradas al PLC (errores de programación)	425	416	700	400	350	515	350	340	330	350	315	20
Paradas por exceso de cargas en las líneas de suministros de energía	306	320	480	316	250	316	200	210	215	230	200	21
Paradas no productivas por falta de herramientas de gestión	215	196	216	127	190	203	220	230	218	215	225	21
otros	950	1000	1050	1250	950	1240	180	400	340	320	200	29
Total de horas no productivas	5847	4938	6686	5033	4692	5524	1780	2310	2053	2120	1830	196

Paradas no productivas por mantenimiento) según su origen, dada por centro de control de la mina de Chungar						
	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril
Paradas por desperfecto de circuitos de P.Lcs, Mps, Ups, en		1118	1100	1080	1090	1120
Paradas por Equipos no operativos por inundación de E.C.B		1008	1004	1040	1088	1022
Paradas por equipos no operativos por acumulación de humedad		950	850	958	953	930
Paradas por desperfectos de sensores y radares de nivel de agua		810	750	810	815	910
Paradas por alteración de información de entradas al PLC (errores de programación)		500	502	504	520	515
Paradas por exceso de cargas en las líneas de suministros de energía		306	306	306	316	306
Paradas no productivas por falta de herramientas de gestión		208	196	208	214	203

FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 07
Inspección pozo de acopio



Inspección de cámaras de bombeo de agua eléctrico y mecánico



FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 08

Cuadro de programación de mantenimiento implementado

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana 1	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM010	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM012A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM012B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
04	CAM014A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM014B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana 2	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM017A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM017B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM020A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
04	CAM020B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM023A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana 3	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM023B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM100	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM115	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
04	CAM310	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM315	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

Día	Equipos de cámara de bombeo por código / semana 4	Descripciones de falas comunes	Descripción de mantenimiento preventivo
01	CAM325	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
02	CAM355A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
03	CAM355B	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

04	CAM410A	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.
05	CAM455 CAM510	Falso contacto, cables resecos, borneras sulfatados, contactores y relés dañados.	Ajustar los bornes con precaución, cambio de borneras nuevas, cambio de contactores y relés, y limpieza en general.

FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 09

Herramientas de gestión implementadas (ficha técnica, permisos de trabajo, etc.)

	Area de manteneimto electricos	Permiso de Mantenimiento				
	Mantenimiento electrico					
SOLICITUD ORDEN DE TRABAJO						
A Jefe Unidad de Administración:						
Fecha:		dd/mm/aa			Anexo	
Solicitante:						
E-mail:						
Unidad:						
Descripción del trabajo:						
Prioridad del trabajo:		Tipo de Trabajo:				
Evaluación:		(Uso Mantenimiento y Unidad de Administración)				
Valor de los materiales:						
Responsable de los trabajos:						
Fecha Inicio		Fecha Término:			Nro de orden trabajo	
Trabajos Taller electricios						
Nombre y Firma del solicitante						
Nombre y Firma						
Director Departamento o Investigador						
Nombre y frima						
Jefe Unidad de Administración						
Fecha a realizarse el trabajo						

Fuente: Elaboración propia

Cuadro de programación anual de mantenimiento implementado

Mantenimiento preventivo de cámaras de bombeo para el mes de setiembre														
SEM.	DIAS	CODIGOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SEMANA 1	LUNES	CAM010	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	MARTES	CAM12A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	MIÉRCOLES	CAM12B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	JUEVES	CAM14A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	VIERNES	CAM14B	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	ADOYDOM	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER	TALER
SEMANA 2	LUNES	CAM17A	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	MARTES	CAM17B	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	MIÉRCOLES	CAM20A	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	JUEVES	CAM20B	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	VIERNES	CAM23A	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	ADOYDOM	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER
SEMANA 3	LUNES	CAM23B	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	MARTES	CAM100	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	MIÉRCOLES	CAM115	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	JUEVES	CAM310	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	VIERNES	CAM315	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	ADOYDOM	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER
SEMANA 4	LUNES	CAM325	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	MARTES	CAM355A	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	MIÉRCOLES	CAM355B	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	JUEVES	CAM410A	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	VIERNES	M455/CAM	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	ADOYDOM	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER	TALLER

Fuente: Elaboración propia

Formato de datos técnicos de los equipos

	EMPRESA DE SERVICIOS CONSEGESA - REGISTRO DE HOJAS TECNICAS DE EQUIPOS Y MÁQUINAS						
FICHA TECNICA EQUIPOS							
Código:	001	Versión:	001	Fecha Vigencia:	12/06/2018		
Nombre del Equipo:				Foto del Equipo:			
Marca:	SNEYDER	Modelo:	MPS 3000				
Serie:	1446	Ubicación:	CAMARA 050				
Fecha de compra (aaaa/mm/día):			01/01/2018				
Fecha de entrega OK (aaaa/mm/día):			04/03/2018				
Garantía en meses:	36,00	Placa de Inventario:	MPS1446				
Valor de compra:	NA	NA					
Valor inventario:	NA	NA					
A cargo de:				c.c.:			
Datos Técnicos							
Tensión:	460	Intensidad:	1000	Potencia:	460000	Otra:	kw
Otros:	CON DISEÑO PARA COMUNICACIÓN EN REDES						
Accesorios:	CABLES, DE RED Y HMI						
Partes:	1 SOLA						
USOS O APLICACIONES							
SIRVE COMO RELE DE ENTRADA DE TENSION ANTES DE SER HABILIDAD A CUALQUIER CARGA DE DISTRIBUCION, ADEMAS MUESTRA CUANTO DE CONSUMO SE ESTA REALIZANDO PARA ASI HACER BALANCE DE CARGAS.							
PRECAUCIONES/MANTENIMIENTO/DISTRIBUIDOR/MANUALES							
PRECAUCIONES/DANGER/WARNING/CAUTION/CLASE SEGÚN DECRETO No. 4725 de 2005							
RECOMENDACIONES DE USO:							
MANTENIMIENTO OPERARIO:							
PARÁMETROS INICIALES O VALORES DE CALIBRACIÓN:							
MANTENIMIENTO PROGRAMADO (EN MESES):							
FABRICANTE Y/O DISTRIBUIDOR DEL EQUIPO:							
Celular:		Teléfono:		Dirección:			
E-mail:				Nombre de Contacto:			
ING. DE SERVICIO:				CELULAR / IP	990		
Código del Manual				Elaboró:	MANTTO ELECTRICOS MINA		
Ubicación del Manual							

Fuente: Elaboración propia

Formato permiso de trabajo

	PERMISO DE TRABAJO	Código	FO-SIG-SEG-011
		Versión	02
Nombre del Responsable del Trabajo:			
Trabajos a Realizarse:			
No. De Personas en el Trabajo:			
Lugar:		Fecha:	
Verificaciones Requeridas para este permiso		NORMAS DE SEGURIDAD	
1. Trabajos en Caliente		PERSONALES	SI NO
2. Trabajo en Espacios Confinados		Casco de Seguridad	
3. Trabajos en Altura		Lentes de Seguridad Identificadas	
4. Transporte en Vías Públicas de Materiales y Químicos Peligrosos		Mascarilla	
		Protector de Oídos	
TRABAJOS EN CALIENTES		Guantes	
Ausencia de Material Combustible	SI NO	Botas con Puntas de Acero	
Cuenta con Extintores		Arnés de Seguridad	
Analizó la Dirección del Viento		Herramientas Adecuadas	
Conexiones a Tierra correctamente instaladas		Herramientas en buen estado	
Eléctricamente bloqueados y rotulados		Enchufes y cables en buen estado	
Buen estado de los Manómetros		LUGAR DE TRABAJO	SI NO
TRABAJOS ESPACIOS CONFINADOS	SI NO	Delimitación perimetral	
Cuenta con extintores		Señales de Advertencia	
Accesos Seguros		Iluminación adecuada	
Equipos de Comunicación		Pasadores y seguros colocados todos y en buenas condiciones	
Buena Iluminación y Ventilación		El último cuerpo del andamio cuenta con baranda de protección	
Nombre del Personal Vigilante: _____		Otras Precauciones: _____	
TRABAJOS EN ALTURAS		SI NO	
Se usará andamios y escaleras			
Tiene Tablones Completos			
Frenos de llantas funcionan			
Posee Cruceas anterior y posterior			
Superficie de desplazamiento del andamio ofrece riesgo			
USO VEHICULAR	SI NO		
Licencia del Conductor Vigente		AUTORIZACIÓN PERMISO DE TRABAJO	
Mercancías Correctamente Identificadas		RESPONSABLE DEL TRABAJO	
Botellas de Oxígeno y Acetileno con Capuchas de Seguridad		He leído, entendido y mantendré las precauciones detalladas anteriormente. Aseguraré que todas las personas bajo mi mando sean conscientes de los requisitos de seguridad y sus responsabilidades.	
Unidad Vehicular con Botiquín de Primeros Auxilios y Sistema de		Nombre	Firma
TRABAJO DE ESMERILADO Y CORTE	SI NO	SUPERVISOR DE OBRA O JEFE DE AREA	
Esméril se encuentra Identificado y Señalizado			
Tomacorrientes en Buenas Condiciones		Nombre	Firma
Ausencia de Material Combustible			
SUSPENSIÓN PERMISO DE TRABAJO			
Se suspende el Permiso de Trabajo por: _____			
RESPONSABLE DEL TRABAJO		SUSPENDIDO POR	
Nombre	Firma	Nombre	Firma
TRABAJO TERMINADO			
Yo certifico que el trabajo se ha completado y el lugar queda en una condición segura.			
Firma Responsable del Trabajo		Firma Supervisor de Obra o Jefe de Area	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10
Formato de codificación de los equipos de cámaras de bombeo

ITEM	CODIGOS	NOMBRE	UBICACION
1	CAM010	CAMARA 10	ZONA 0
2	CAM012A	CAMARA 12A	ZONA 0
3	CAM012B	CAMARA 12B	ZONA 0
4	CAM014A	CAMARA 14A	ZONA 0
5	CAM014B	CAMARA 14B	ZONA 0
6	CAM017A	CAMARA 17A	ZONA 0
7	CAM017B	CAMARA 17B	ZONA 0
8	CAM020A	CAMARA 20A	ZONA 0
9	CAM020B	CAMARA 20B	ZONA 0
10	CAM023A	CAMARA 23A	ZONA 0
11	CAM023B	CAMARA 23B	ZONA 0
12	CAM100	CAMARA 100	ZONA 0
13	CAM115	CAMARA 115	ZONA 0
14	CAM310	CAMARA 310	ZONA 1
15	CAM315	CAMARA 315	ZONA 1
16	CAM325	CAMARA 325	ZONA 1
17	CAM355A	CAMARA 355A	ZONA 1
18	CAM355B	CAMARA 355B	ZONA 1
19	CAM410A	CAMARA 410A	ZONA 1
20	CAM455	CAMARA 455	ZONA 1
21	CAM510	CAMARA 510	ZONA 1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11

Formato de confiabilidad de los datos registrados para la investigación



CE N°014-2018

CERTA CONFIABILIDAD DE DATOS

El que suscribe EL RESIDENTE DE OBRAS DE LA EMPRESA
CONSEGESA S.A.

Señores representantes de la facultad de ingeniería, de la escuela de ingeniería industrial, Universidad Cesar Vallejo nos es grato dirigirnos a ustedes y hacerles saber:

Que, El Señor: FALCON SOBRADO, JUAN CARLOS; Identificado con DNI N° 47855606, labora en nuestra empresa en calidad de PRACTICANTE DE INGENIERIA INDUSTRIAL, en el área de gestión de mantenimiento en las diferentes obras realizadas de Interior Mina y Superficie, servicios prestados a la Compañía Minera Chungar S.A.C. A quien se le a facultado y entregado los datos necesarios para llevar a cabo la investigación que viene realizando que lleva como título "implementación de gestión de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de las cámaras de bombeo de una mina, Huayllay, 2018".

El Señor demostró en todo momento eficiencia y responsabilidad en las tareas encomendadas, por lo tanto consideramos que para contribuir a su desarrollo profesional habilitando los recursos necesarios para la implementación de su metodología en mención de donde la empresa minera y nuestra empresa serán los principales beneficiados.

Atte:

Huayllay, 15 de Julio de 2018.

Amilcar, Rivera Ingaroca

RESIDENTE DE MINA

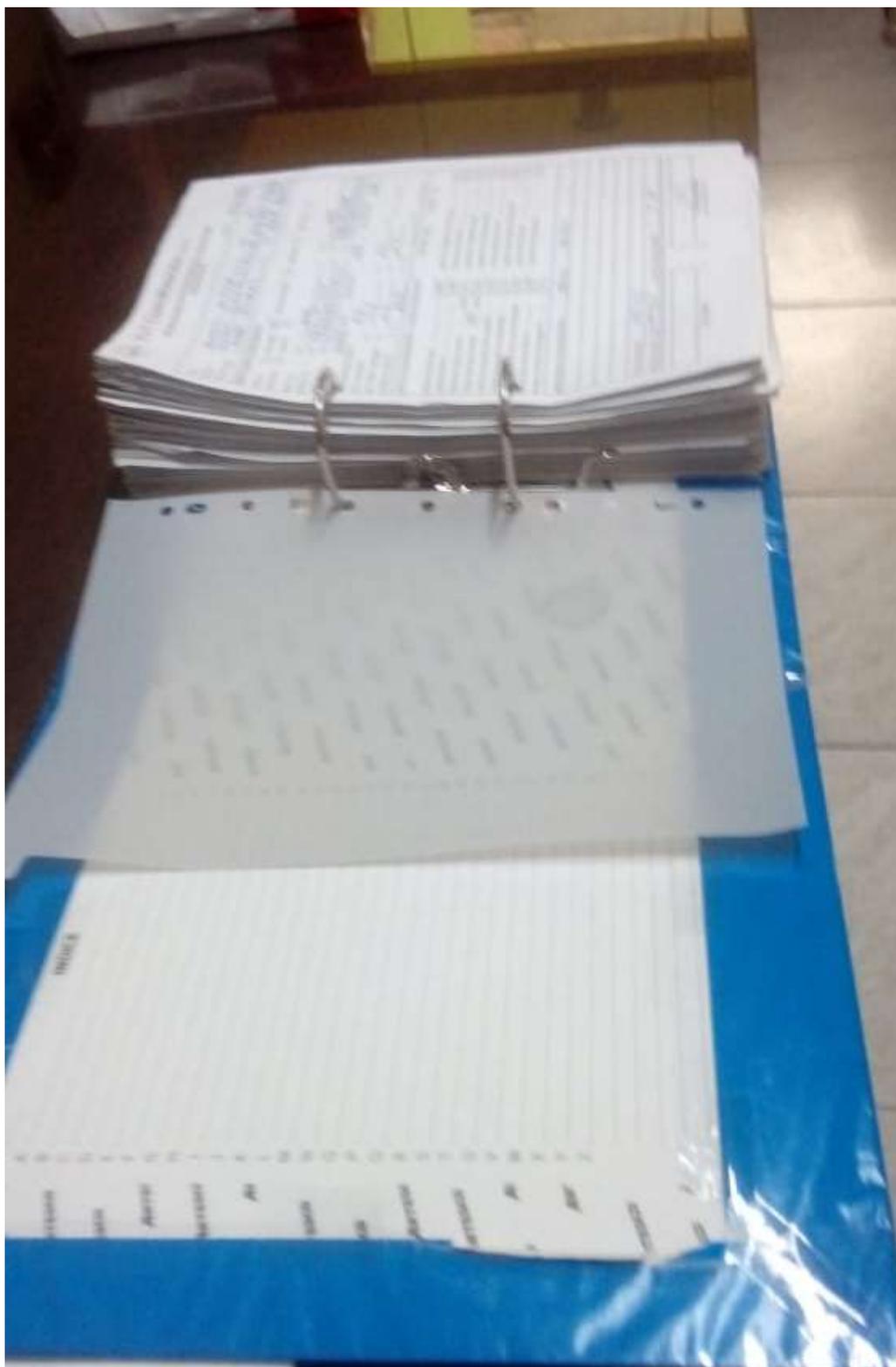
RUC: 20121797314

Nombre Comercial: Consegesa S.A.

Razón Social: CONSEGESA S.A.

Tipo Empresa: Sociedad Anonima

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12 Cuadros de cálculos de indicadores

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	DIAS	TRT	TP	DISPA		DIAS	TPA	PT	CALIDAD		DIAS	TCR	TCD	SE	RE	ENDIMEINTO	
2	1	20,6	22,3	90%		1	1,0	1,0	100%		1	0,0	0,0	0,3	0,7	60%	
3	2	20,0	22,7	89%		2	1,0	1,0	100%		2	0,0	0,0	0,3	0,7	62%	
4	3	19,5	22,5	88%		3	1,0	1,0	100%		3	0,0	0,0	0,3	0,7	63%	
5	4	20,6	22,9	91%		4	1,0	1,0	100%		4	0,0	0,0	0,3	0,7	60%	
6	5	18,8	22,3	85%		5	1,0	1,0	100%		5	0,0	0,0	0,3	0,8	66%	
7	6	18,0	22,0	83%		6	1,0	1,0	100%		6	0,0	0,0	0,3	0,8	68%	
8	7	19,8	22,6	88%		7	1,0	1,0	100%		7	0,0	0,0	0,3	0,7	62%	
9	8	19,5	22,5	88%		8	1,0	1,0	100%		8	0,0	0,0	0,3	0,7	63%	
10	9	18,9	22,3	86%		9	1,0	1,0	100%		9	0,0	0,0	0,3	0,8	65%	
11	10	16,5	21,5	79%		10	1,0	1,0	100%		10	0,0	0,0	0,3	0,9	75%	
12	11	21,8	23,3	94%		11	1,0	1,0	100%		11	0,0	0,0	0,3	0,7	57%	
13	12	19,5	22,5	88%		12	1,0	1,0	100%		12	0,0	0,0	0,3	0,7	63%	
14	13	17,3	21,8	81%		13	1,0	1,0	100%		13	0,0	0,0	0,3	0,8	71%	
15	14	19,5	22,5	88%		14	1,0	1,0	100%		14	0,0	0,0	0,3	0,7	63%	
16	15	19,5	22,5	88%		15	1,0	1,0	100%		15	0,0	0,0	0,3	0,7	63%	
17	16	21,0	23,0	92%		16	1,0	1,0	100%		16	0,0	0,0	0,3	0,7	53%	
18	17	16,5	21,5	79%		17	1,0	1,0	100%		17	0,0	0,0	0,3	0,9	75%	
19	18	20,3	22,8	90%		18	1,0	1,0	100%		18	0,0	0,0	0,3	0,7	61%	
20	19	18,0	22,0	83%		19	1,0	1,0	100%		19	0,0	0,0	0,3	0,8	68%	
21	20	19,5	22,5	88%		20	1,0	1,0	100%		20	0,0	0,0	0,3	0,7	63%	
22	21	21,0	23,0	92%		21	1,0	1,0	100%		21	0,0	0,0	0,3	0,7	59%	
23	PROMEDIO			87%		PROMEDIO			100%		PROMEDIO						64%
24	DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					DESCRIPCION DE ABREVIATURAS						
25	TRT	TIEMPO REAL TRABAJO				PA	TOTAL PRODUCTOS ACEPTADOS				TCR	TIEMPO DE CICLO REAL					
26	TP	TIEMPO PLANEADO				PT	PRODUCCION TOTAL				TCD	TIEMPO DE CICLO DISEÑO					
27	DISP.A	DISPONIBILIDAD ANTES				CALA	CALIDAD ANTES				SE	EFICIENCIA DE VELOCIDAD					
28											RE	RADIO DE EFICACIA					
29											REND.A	RENDIMIENTO DESPUES					
30																	
31																	
32	DIAS	TRT	TP	DISPONIBILIDAD		DIAS	PA	PT	CALIDAD		DIAS	TCR	TCD	SE	RE	ENDIMEINTO	
33	1	21,0	23,0	91%		1	1,0	1,0	100%		1	0,0	0,0	0,3	0,8	77%	
34	2	20,0	22,7	88%		2	1,0	1,0	100%		2	0,0	0,0	0,3	0,9	81%	
35	3	19,5	22,5	87%		3	1,0	1,0	100%		3	0,0	0,0	0,3	0,9	83%	
36	4	22,1	23,4	94%		4	1,0	1,0	100%		4	0,0	0,0	0,3	0,8	73%	
37	5	23,3	23,8	98%		5	1,0	1,0	100%		5	0,0	0,0	0,3	0,8	69%	
38	6	18,8	22,3	84%		6	1,0	1,0	100%		6	0,0	0,0	0,3	0,9	86%	
39	7	21,8	23,3	94%		7	1,0	1,0	100%		7	0,0	0,0	0,3	0,8	74%	
40	8	19,2	22,4	86%		8	1,0	1,0	100%		8	0,0	0,0	0,3	0,9	84%	
41	9	19,5	22,5	87%		9	1,0	1,0	100%		9	0,0	0,0	0,3	0,9	83%	
42	10	21,0	23,0	91%		10	1,0	1,0	100%		10	0,0	0,0	0,3	0,8	77%	
43	11	19,5	22,5	87%		11	1,0	1,0	100%		11	0,0	0,0	0,3	0,9	83%	
44	12	21,8	23,3	94%		12	1,0	1,0	100%		12	0,0	0,0	0,3	0,8	74%	
45	13	20,4	22,8	89%		13	1,0	1,0	100%		13	0,0	0,0	0,3	0,9	79%	
46	14	21,0	23,0	91%		14	1,0	1,0	100%		14	0,0	0,0	0,3	0,8	77%	
47	15	22,5	23,5	96%		15	1,0	1,0	100%		15	0,0	0,0	0,3	0,8	72%	
48	16	20,3	22,8	89%		16	1,0	1,0	100%		16	0,0	0,0	0,3	0,9	80%	
49	17	19,5	22,5	87%		17	1,0	1,0	100%		17	0,0	0,0	0,3	0,9	83%	
50	18	22,2	23,4	95%		18	1,0	1,0	100%		18	0,0	0,0	0,3	0,8	73%	
51	19	20,3	22,8	89%		19	1,0	1,0	100%		19	0,0	0,0	0,3	0,9	80%	
52	20	21,5	23,2	93%		20	1,0	1,0	100%		20	0,0	0,0	0,3	0,8	75%	
53	21	20,4	22,8	89%		21	1,0	1,0	100%		21	0,0	0,0	0,3	0,9	79%	
54	PROMEDIO			90%		PROMEDIO			100%		PROMEDIO						78%
55	DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					DESCRIPCION DE ABREVIATURAS						
56	TRT	TIEMPO REAL TRABAJO				PA	TOTAL PRODUCTOS ACEPTADOS				TCR	TIEMPO DE CICLO REAL					
57	TP	TIEMPO PLANEADO				PT	PRODUCCION TOTAL				TCD	TIEMPO DE CICLO DISEÑO					
58	DISP.D	DISPONIBILIDAD DESPUES				CALD	CALIDAD DESPUES				SE	EFICIENCIA DE VELOCIDAD					
59											RE	RADIO DE EFICACIA					
60											REND.D	RENDIMIENTO DESPUES					
61																	
62																	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
	DIAS	DISPONIBILIDAD	ENDIMIEN	CALIDAD	OEE				DIAS	DISPONIBILIDAD	ENDIMIEN	CALIDAD	OEE				
	1	0,899344	0,690798	1	0,621265				1	0,913043	0,767455	1	0,700719				
	2	0,883131	0,708909	1	0,62606				2	0,880795	0,807847	1	0,711547				
	3	0,866667	0,727995	1	0,630929				3	0,866667	0,82649	1	0,716291				
	4	0,901639	0,688286	1	0,620586				4	0,944325	0,730909	1	0,630216				
	5	0,842697	0,757115	1	0,638018				5	0,978947	0,693185	1	0,678591				
	6	0,818182	0,788661	1	0,645268				6	0,842697	0,859449	1	0,724339				
	7	0,876106	0,716985	1	0,628137				7	0,935484	0,740991	1	0,693185				
	8	0,866667	0,727995	1	0,630929				8	0,857143	0,839403	1	0,718489				
	9	0,847534	0,751106	1	0,636588				9	0,866667	0,82649	1	0,716291				
	10	0,767442	0,860358	1	0,660275				10	0,913043	0,767455	1	0,700719				
	11	0,935484	0,652685	1	0,610577				11	0,866667	0,82649	1	0,716291				
	12	0,866667	0,727995	1	0,630929				12	0,935484	0,740991	1	0,693185				
	13	0,793103	0,822951	1	0,652685				13	0,894737	0,790027	1	0,706866				
	14	0,866667	0,727995	1	0,630929				14	0,913043	0,767455	1	0,700719				
	15	0,866667	0,727995	1	0,630929				15	0,957447	0,716291	1	0,68581				
	16	0,913043	0,675996	1	0,617213				16	0,89011	0,795879	1	0,70842				
	17	0,767442	0,860358	1	0,660275				17	0,866667	0,82649	1	0,716291				
	18	0,89011	0,701032	1	0,623996				18	0,948718	0,725971	1	0,688741				
	19	0,818182	0,788661	1	0,645268				19	0,89011	0,795879	1	0,70842				
	20	0,866667	0,727995	1	0,630929				20	0,926566	0,751354	1	0,696179				
	21	0,913043	0,675996	1	0,617213				21	0,894737	0,790027	1	0,706866				
	PROMEDIO		86%	74%	100%	63%			PROMEDIO		90%	78%	100%	70%			
	DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					DESCRIPCION DE ABREVIATURAS					DESCRIPCION DE ABREVIATURAS						
	DISP.A	DISPONIBILIDAD ANTES				DISP.D	DISPONIBILIDAD DESPUES				REND.D	RENDIMIENTO DESPUES					
	REND.A	RENDIMIENTO ANTES				CAL.D	CALIDAD DESPUES				OEE	EFICIENCIA GLOBAL					
	CAL.A	CALIDAD ANTES															
	OEE	EFICIENCIA GLOBAL															

Fuente: Elaboración propia

Ingreso de datos en Excel antes de la implementación antes y después

Mes	Paradas							Porcentaje	PAKOS POR FALLAS Y REPARACIONES(PPR)	PAKOS NO PROGRAMADOS POR MANTENIMIENTO (PNM)	TEMPO REAL DE TRABAJO (TRT)	TEMPO PLANEADO (TP)	2 TURNOS DE 12 HORAS
	Paradas por desperfecto de circuitos de P.L.s, Mps, Ups, en tableros de E.C.B.	Paradas por Equipos no operativos por inundación de E.C.B	Paradas por equipos no operativos por acumulación de humos de pólvora, vehicul motores y equipos eléctricos.	Paradas por desperfectos de sensores y mallas de nivel de agua en E.C.B.	Paradas por alteración de información de entradas al PLC (des calibración de sensores) de E.C.B.	Paradas por exceso de cargas en las líneas de suministros de energía eléctrica (TDF).	Paradas no productivas por falta de herramientas de gestión						
1	x		1					4%	2,3	1,15	20,6	22,9	24
2			2	x				4%	2,7	1,325	20,0	22,7	24
3			3					5%	3,0	1,5	19,5	22,5	24
4	x		4	x				3%	2,3	1,125	20,6	22,9	24
5			5	x				5%	3,5	1,75	18,8	22,3	24
6			6					6%	4,0	2	18,0	22,0	24
7	x		7					4%	2,8	1,4	19,8	22,6	24
8	x		8					5%	3,0	1,5	19,5	22,5	24
9	x		9					5%	3,4	1,7	18,9	22,3	24
10			10					8%	5,0	2,5	16,5	21,5	24
11			11	x				2%	1,5	0,75	21,8	23,3	24
12	x		12					5%	3,0	1,5	19,5	22,5	24
13	x		13					7%	4,5	2,25	17,3	21,8	24
14	x		14					5%	3,0	1,5	19,5	22,5	24
15			15					5%	3,0	1,5	19,5	22,5	24
16			16		x			3%	2,0	1	21,0	23,0	24
17			17					8%	5,0	2,5	16,5	21,5	24
18			18	x				4%	2,5	1,25	20,3	22,8	24
19	x		19					6%	4,0	2	18,0	22,0	24
20			20			x		5%	3,0	1,5	19,5	22,5	24
21			21			x		3%	2,0	1	21,0	23,0	24
22								100%	65,4	32,7	405,9	471,3	504
23	x												
24	x												
25						desviación estandar	0,5						
26						varianz	0,22625893						
27													
28	x												
29		segundos	litros	metros cubicos	litros	produccion e	840			segundos	litros	metros cubic	
30		1	1050	1,05	segundo	segundo	1			1	840	0,84	
31		60	63000	63	minuto	minuto	1			1	50400	50,4	
32		3600	3780000	3780	hora	hora	1			1	3024000	3024	
		86400	90720000	90720	hora	hora	1			1	72576000	72576	
		2592000	2721600000	2721600	mes	mes	1			1	2177280000	2177280	

Tempo de ciclo (TC)	PRODUCCION REAL (PRM3)	TPM	PROMEDIO DE PRODUCCION M3 (PPM3)	TEMPO TEORICO (TT)	RADIO DE EFICIENCIA (RE)	CALIDAD DE PRODUCCION 100%	MANTENIMIENTO PROGRAMADO EN HORAS	CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO EN HC	INDICE DE DISPONIBILIDAD (IDSP)	INDICE DE RENDIMIENTO (IREND.)	INDICE DE CALIDAD (ICAL)	EFICIENCIA GLOBAL (OEE)	cumplimiento	indice de disponibilidad
0,02206195	62143,2	1371	49449,6	1090,95447	0,7957363	100%	1	0	0,89934354	0,69079838	100%	0,62126507		0
0,02246696	60555,6	1360,5	49449,6	1110,98199	0,8165983	100%	1	0	0,8831312	0,7089092	100%	0,62605984		0
0,02289377	58968	1350	49449,6	1132,08791	0,83858364	100%	2	1	0,86666667	0,72799522	100%	0,63092919		0,5
0,02200577	62370	1372,5	49449,6	1088,17662	0,79284271	100%	1	1	0,90163934	0,68828639	100%	0,62058609		1
0,02354497	56700	1335	49449,6	1164,28952	0,87212698	100%	1	0	0,84269663	0,75711503	100%	0,63801828		0
0,02425044	54432	1320	49449,6	1199,1746	0,90846561	100%	1	1	0,81818182	0,78866149	100%	0,64526849		1
0,02264711	59875,2	1356	49449,6	1119,89033	0,82587783	100%	1	1	0,87610619	0,71696499	100%	0,62813747		1
0,02289377	58968	1350	49449,6	1132,08791	0,83858364	100%	1	0	0,86666667	0,72799522	100%	0,63092919		0
0,0234106	57153,6	1338	49449,6	1157,64475	0,86520534	100%	1	1	0,84753363	0,75110618	100%	0,63658775		1
0,02585378	49896	1290	49449,6	1278,45887	0,99105339	100%	2	1	0,76744186	0,86035799	100%	0,66027474		0,5
0,02120963	65772	1395	49449,6	1048,80788	0,75183361	100%	1	1	0,93548387	0,65268537	100%	0,61057664		1
0,02289377	58968	1350	49449,6	1132,08791	0,83858364	100%	1	0	0,86666667	0,72799522	100%	0,63092919		0
0,02501725	52164	1305	49449,6	1237,09317	0,94796411	100%	1	1	0,79310345	0,82295112	100%	0,65268537		1
0,02289377	58968	1350	49449,6	1132,08791	0,83858364	100%	1	0	0,86666667	0,72799522	100%	0,63092919		0
0,02289377	58968	1350	49449,6	1132,08791	0,83858364	100%	1	1	0,86666667	0,72799522	100%	0,63092919		1
0,02173091	63504	1380	49449,6	1074,58503	0,77868481	100%	1	1	0,91304348	0,67599556	100%	0,61721334		1
0,02585378	49896	1290	49449,6	1278,45887	0,99105339	100%	1	0	0,76744186	0,86035799	100%	0,66027474		0
0,02229081	61236	1365	49449,6	1102,2716	0,80752499	100%	1	1	0,89010989	0,70103244	100%	0,6239959		1
0,02425044	54432	1320	49449,6	1199,1746	0,90846561	100%	1	0	0,81818182	0,78866149	100%	0,64526849		0
0,02289377	58968	1350	49449,6	1132,08791	0,83858364	100%	1	1	0,86666667	0,72799522	100%	0,63092919		1
0,02173091	63504	1380	49449,6	1074,58503	0,77868481	100%	2	1	0,91304348	0,67599556	100%	0,61721334		0,5
0,48568795	58449,6	1346,6		0,85064855		21	24	13	0,73846907			0,63280956		0,54761905

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13 Formato de validación de indicadores

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		DIMENSIONES / Ítems		Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias	
Nº	VARIABLE INDEPENDIENTE	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO		
1	Índice de Mantenimiento programado $\left(\frac{\text{Horas totales manito programado}}{\text{Horas totales dedicadas a manito}} \right) * 100$	X									
2	Índice de Cumplimiento $\frac{(\text{total actividades ejecutadas})}{(\text{total de actividades programadas})} * 100$	X									
3	Tiempo medio entre fallas MTBF = $\frac{\text{Tiempo Total}}{\text{Número de fallas}}$	X									
4	DIMENSION 2 VARIABLE DEPENDIENTE Índice de calidad en ECB $CAL = \frac{(\text{Producción Aprobada})}{(\text{Producción Total})}$	X									
5	Índice de disponibilidad en ECB $DISP = \frac{\text{Tiempo efectivo de trabajo}}{\text{Tiempo planeado}}$	X									
6	Índice de rendimiento en ECB $RE = \frac{\text{Vol. de prod. actual} \times t \text{ de ciclo actual}}{\text{Tiempo de trabajo actual}} \times 100$ $SE = \frac{\text{Tiempo de ciclo programado}}{\text{Tiempo de ciclo real}}$ REND = Ratio de velocidad (RE) X eficiencia de velocidad (SE)	X									

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: Acuña Barreto, R.I. Sosa DNI: 40608122

Especialidad del validador: ING. EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado. ²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



 Firma del Experto Informante.

26 de ... del 2018

N°	DIMENSIONES / ítems DIMENSIONABLE INDEPENDIENTE		Pertinencia ¹	Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
	DIMENSION 1	VARIABLE		Si	No	Si	No	
1	Índice de Mantenimiento programado	$\left(\frac{\text{Horas totales mantto programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantto}} \right) * 100$	X					
2	Índice de Cumplimiento	$\left(\frac{\text{total actividades ejecutadas}}{\text{total de actividades programadas}} \right) * 100$	X					
3	Tiempo medio entre fallas	MTBF = (Tiempo Total - Tiempo no operativo / Número de fallas)	X					
DIMENSION 2 VARIABLE DEPENDIENTE								
4	Índice de calidad en ECB	$CAL = \frac{\text{Produccion Aprobada}}{\text{Produccion Total}}$	X					
5	Índice de disponibilidad en ECB	$DISP = \frac{\text{Tiempo efectivo de trabajo}}{\text{Tiempo planeado}}$	X					
6	Índice de rendimiento en ECB	$RE = \frac{\text{Vol. de prod. actual} * t \text{ de ciclo actual}}{\text{Tiempo de trabajo actual}} * 100$ $SE = \frac{\text{Tiempo de ciclo programado}}{\text{Tiempo de ciclo real}}$	X					

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] No aplicable []
 Apellidos y nombres del juez validador: MANUEL ALBERTO FERRER DNI: 0742325
 Especialidad del validador: INGENIERO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado. ²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante: [Firma] 2 de 6 de 11 del 2018

Anexo 14

Acta de aprobación de originalidad de tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	----------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Yo, **Albornoz Jiménez Carlos Francisco**, docente de la Facultad **Ingeniería** y Escuela Profesional **Ingeniería Industrial** de la Universidad César Vallejo Ate (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"Implementación de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia global de equipos de cámara de bombeo de una mina, Pasco, 2018", del (de la) estudiante **Juan Carlos Falcón Sobrado**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 26% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha *03/11/2018*

 
Firma

Albornoz Jiménez Carlos Francisco

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------

Anexo 15
Turnitin

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Implementación de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia global de equipos de cámaras de fríos de una mina, Pisco, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:
FALLÓN SORIANO FRANCISCA

ASESOR:
DE CARLOS FRANCISCO G. BERNAL ZUÑIGA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Sistemas de Gestión, Calidad y Procesos

LÍNEA - FERO
2018

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
UCV
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ATE

Resumen de coincidencias

26 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

26	1	Entregado a Universidad...	11 %
	2	repositorio.ucv.edu.pe	3 %
	3	Entregado a Universidad...	2 %
	4	repositorio.uncp.edu.pe	1 %
	5	tesis.pucp.edu.pe	1 %
	6	docplayer.es	1 %
	7	consegesa.com	1 %
		cip.org.pe	<1 %

Anexo 16
Autorización de la versión final del trabajo de investigación

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Yo **Falcón Sobrado Juan Carlos**, identificado con DNI N° **47855606**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, autorizo () , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **"Implementación de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia global de equipos de cámaras de bombeo de una mina, Pasco, 2018"**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI: 47855606

FECHA: 09 de mayo del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------

Anexo 17

Autorización de publicación de Tesis en Repositorio institucional UCV



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE:

Programa de estudios de ingeniería industrial

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Falcón Sobrado, Juan Carlos

TÍTULO DE LA TESIS:

IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS DE CÁMARAS DE BOMBEO DE UNA MINA, PASCO, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Industrial

SUSTENTADO EN FECHA: 04 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: 14



Carlos Francisco Albornoza Jimenez