



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Gestión TPM en los equipos Rodillos de Molienda de Alta
Presión para incrementar OEE en Sociedad Minera Cerro
Verde, Arequipa, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Tantalean Núñez Segundo (ORCID: 0000-0002-0356-9265)

ASESOR:

Mg. Ramos Harada Freddy Armando (ORCID: 0000-0002-3619-5140)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi Esposa mis hijos quienes son el motor y motivo para seguir adelante y lograr los objetivos trazados, además a mis padres quienes incluyeron en mí el ejemplo de valentía y perseverancia en la vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la dicha de existir en este mundo y guiarme por el camino del bien y la felicidad, en segundo lugar, agradecer a cada uno de los seres que forman parte de mi familia a mi esposa, a mis hijos y a todas las personas que desinteresadamente me dieron su apoyo en los momentos más difíciles y que siempre están ahí para darme su soporte incondicional.

A mi esposa el agradecimiento muy especial quien es el motor y el pilar principal para seguir perseverando durante toda mi carrera profesional, que con su apoyo constante y amor absoluto ha sido la esposa y compañera inseparable, fuente de sapiencia, tolerancia, calma y consejo en todo momento.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Acta de Sustentación de
Tesis**

Siendo las 20:50 horas del 06 de FEBRERO de 2021, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: GESTIÓN TPM EN LOS EQUIPOS RODILLOS DE MOLIENDA DE ALTA PRESIÓN PARA INCREMENTAR OEE EN SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE, AREQUIPA, 2021, Presentado por el autor SEGUNDO TANTALEAN NUÑEZ estudiante de la Escuela Profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL. Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
SEGUNDO TANTALEAN NUÑEZ	UNANIMIDAD (15)

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: MFLORIANR el 06 Feb 2021

Firmado digitalmente por: HALMONTEU el 06 Feb 2021



MARCO ANTONIO FLORIAN
RODRIGUEZ
PRESIDENTE

HERNAN GONZALO ALMONTE UCAÑAN
SECRETAR

Firmado digitalmente por: FRAMOS el 06 FEB 2021

FREDDY ARMANDO RAMOS HARADA
VOCAL (ASESOR)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Declaratoria de Originalidad del Autor /
Autores**

Yo, SEGUNDO TANTALEAN NUÑEZ estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "GESTIÓN TPM EN LOS EQUIPOS RODILLOS DE MOLIENDA DE ALTA PRESIÓN PARA INCREMENTAR OEE EN SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE, AREQUIPA, 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
SEGUNDO TANTALEAN NUÑEZ DNI: 27747304 ORCID 0000-0002-0356-9265	

Código documento Trilce: 107696



INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION	1
DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
Problemática Internacional	2
Problemática Nacional	3
Problemática Local.....	4
FORMULACION DEL PROBLEMA	9
Justificación	9
Hipótesis	9
Objetivos	10
II. MARCO TEORICO	11
TRABAJOS PREVIOS	12
ANTECEDENTES NACIONALES	12
ANTECEDENTES INTERNACIONALES	14
TEORIAS RELACIONADAS	16
Concepto TPM Mantenimiento Productivo Total.....	16
DIMENSION 1: Mantenimiento Preventivo	16
DIMENSION 2: Mantenimiento Autónomo.....	16
DIMENSION 3: Mantenimiento Planificado	17
Concepto Eficiencia Global de los Equipos (OEE)	17
DIMENSION 1: Disponibilidad.....	18
DIMENSION 2: Rendimiento.....	18
III. METODOLOGIA	19
3.1. Tipo y diseño de Investigación	20
3.1.1. Investigación Aplicada.....	20

3.1.2.	Nivel de Investigación.....	20
3.1.3.	Enfoque de la Investigación.....	20
3.1.4.	Diseño de la Investigación	21
3.1.5.	Alcance de la Investigación	21
3.2.	Variables, Operacionalización	22
3.2.1.	Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)	22
3.2.2.	Dependiente: Overall Equipment Effectiveness (OEE)	23
3.3.	Población (criterios de selección) muestra, unidad de análisis ...	28
3.3.1.	Población.....	28
3.3.2.	Muestra	28
3.3.3.	Unidad de Análisis.....	29
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.4.1.	Técnicas.....	29
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	30
3.4.3.	Validez.....	30
3.4.4.	Confiabilidad.....	31
3.5.	Procedimientos	31
3.6.	Método de análisis de datos.....	31
3.7.	Aspectos Éticos	32
3.7.1.	Validez del Constructo.....	32
3.7.2.	Confiabilidad de los Datos	32
3.7.2.1.	Descripción General de la Empresa.....	33
3.7.3.	Evaluación de los indicadores del mantenimiento preventivo total antes de la mejora	41
3.7.4.	Evaluación de indicadores de la eficiencia global de los equipos antes de la mejora	49

3.7.5.Propuesta de la mejora.....	55
3.7.6.Evaluación después de aplicación de la metodología del TPM ...	56
3.7.7.Evaluación de los indicadores de Eficiencia Global de los equipos después de la mejora.....	60
IV. RESULTADOS	65
Descripción y explicación de las mejoras del proyecto	66
Análisis Económico Financiero	71
• Costos para la implementación del Proyecto.....	71
• Beneficio del proyecto	73
• Análisis Costo Beneficio.....	74
Estadística descriptiva	75
Análisis de variable independiente	75
Estadística Inferencial	77
Análisis de la hipótesis general	77
Análisis de la hipótesis especifica 1.....	80
Análisis de la hipótesis especifica 2.....	82
V. DISCUSIÓN	85
VI. CONCLUSIONES.....	88
VII. RECOMENDACIONES	90
VIII.REFERENCIAS	92
IX. ANEXOS.....	96

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Análisis de causas de las detenciones de los equipos</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3. Resultado de mantenimiento preventivo, autónomo y planificado antes de la mejora</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4. Resultados de mantenimiento preventivo antes de la mejora</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5. Resultados del mantenimiento autónomo antes de la mejora</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 6. Resultados del mantenimiento planificado antes de la mejora.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 7. Resultados del TPM antes de la mejora</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 8. Resultados de disponibilidad y rendimiento antes de la mejora</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 9. Resultado del indicador de disponibilidad antes de la mejora</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 10. Resultado del indicador de rendimiento antes de la mejora</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 11. Resultado del promedio del OEE en sus indicadores de disponibilidad y rendimiento antes de la mejora.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 12. Resultados de mantenimiento preventivo, autónomo y planificado después de la mejora.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 13. Resultado promedio del TPM después de la mejora</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 14. Resultados de los indicadores de la eficiencia global de los equipos después de la mejora.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 15. Resultado del promedio del OEE después de la mejora.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 16. Promedio de la mejora del OEE.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 17. Detalle de costo de inversión en materiales</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 18. Detalle de costo de inversión en Herramientas.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 19. Detalle de costo de inversión en Recurso Humano.....</i>	<i>72</i>

<i>Tabla 20. Costo de la inversión de la implementación del TPM</i>	73
<i>Tabla 21. Resumen de horas de detenciones</i>	73
<i>Tabla 22. Beneficio de la Mejora</i>	74
<i>Tabla 23. Análisis descriptivo del TPM</i>	74
<i>Tabla 24. Análisis descriptivo antes y después de implementación del TPM</i>	74
<i>Tabla 25. Regla de Decisión</i>	74
<i>Tabla 26. Análisis prueba de normalidad OEE</i>	74
<i>Tabla 27. Resumen del procesamiento de los casos del OEE</i>	78
<i>Tabla 28. Análisis estadístico descriptivo OEE</i>	79
<i>Tabla 29. Estadísticos de contraste OEE</i>	79
<i>Tabla 30. Prueba de normalidad de disponibilidad con Shapiro Wilk</i>	79
<i>Tabla 31. Resumen de procesamiento de casos variable disponibilidad</i>	79
<i>Tabla 32. Estadísticos descriptivos disponibilidad</i>	79
<i>Tabla 33. Estadísticos de contraste disponibilidad</i>	79
<i>Tabla 34. Prueba de normalidad del rendimiento</i>	83
<i>Tabla 35. Resumen de procesamiento de casos del rendimiento</i>	83
<i>Tabla 36. Estadísticos descriptivos de índice de rendimiento</i>	84
<i>Tabla 37. Estadísticos de contraste del índice de rendimiento</i>	84

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Pilares del TPM</i>	2
<i>Figura 2. Relación de producción minera en los últimos años</i>	3
<i>Figura 3. Ingresos y utilidades de Sociedad Minera Cerro Verde</i>	4
<i>Figura 4. Diagrama Ishikawa de las detenciones de los equipos HPGR</i>	6
<i>Figura 5. Diagrama de Pareto: Causas de detenciones de los equipos</i>	8
<i>Figura 6. Organigrama del área de Chancado Terciario</i>	34
<i>Figura 7. Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo en HPGR</i>	36
<i>Figura 8. DAP de Cambio de rodillos</i>	37
<i>Figura 9. DAP de Cambio de sellos de reductor HPGR</i>	39
<i>Figura 10. Resultados comparativos del TPM antes y después de la mejora</i>	59
<i>Figura 11. Resultados comparativos del OEE antes y después de la mejora</i>	63
<i>Figura 12. Limpieza de Hopper de rodillos de molienda de alta presión</i>	67
<i>Figura 13. Lubricación de rodamientos de ME de rodillos de molienda de alta presión</i>	70
<i>Figura 14. Tendencias de temperatura de rodamiento lado libre</i>	70
<i>Figura 15. Tendencias de temperatura de rodamiento lado acople</i>	71
<i>Figura 16. Comparaciones del cumplimiento del TPM pretest y postest</i>	77

INDICE DE ABREVIATURAS

TPM:	Mantenimiento Productivo Total
OEE:	Eficiencia Global de los equipos
SMCV:	Sociedad Minera Cerro Verde
Ha:	Hipótesis alterna
Ho:	Hipótesis nula
Cu:	Cobre
HPGR:	High Pressure Grinding Rollers
DI:	Disponibilidad
RE:	Rendimiento
TCM:	Tasa de cumplimiento de mantenimiento
Hr:	Horas
IIE:	Índice de inspecciones ejecutadas
MP:	Mantenimiento Planificado
DAP:	Diagrama de Análisis del Proceso
KPI:	Indicador clave de desempeño
SAP-ERP:	Planificación de recursos empresariales
HT:	Horas trabajadas
HPD:	Horas por detenciones
PR:	Producción real
TDP:	Tiempo disponible para producir
VP:	Velocidad de producción
T/h:	Tonelaje por hora
Hi:	High (alto)
Hi Hi:	High High (Alto Alto)
EPP:	Equipo de protección personal
DCS:	Distributed control system (sistema de distribución de control)
PI	Visión: Visualizador de datos
Mgtr:	Magister
Gr:	Gramos
N°:	Numero
Un	Unidad
Kg	Kilogramo
Gl	Galón
Mt	Metro
D:	Diámetro
S.A:	Sociedad Anónima
S.A.C:	Sociedad Anónima Cerrada
Sig:	Significancia

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como propósito general determinar cómo la aplicación del TPM incrementara la eficiencia global de los equipos de rodillo de molienda de alta presión, en el área del circuito de chancado terciario de las líneas uno y dos de la concentradora 2 de Sociedad Minera Cerro Verde, Arequipa 2020. En esta investigación se utilizó como variable independiente el mantenimiento productivo total (TPM) y se seleccionó como dimensiones el mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y el planificado, y como variable dependiente la eficacia global de los equipos seleccionándose para esta variable las dimensiones de disponibilidad y rendimiento.

El diseño de la investigación es Pre-Experimental, con enfoque cuantitativo el nivel de la investigación es descriptivo y explicativo, basado en el análisis de los datos recolectados, lo cual se utilizó como técnica un registro de recolección de datos validados por la jefatura inmediata superior, la validación de los instrumentos de medición del presente proyecto de investigación fue validados por un juicio de expertos de la escuela de ingeniería industrial de la universidad Cesar Vallejo.

La población muestral estuvo comprendida por datos cuantitativos recolectados de las áreas de monitoreo de condiciones, planificación y producción de la empresa, los cuales fueron tomados de los 30 días que sirvieron para el cálculo de los indicadores.

En el presente proyecto de investigación, los resultados obtenidos fueron los esperados ya que se obtuvo un incremento significativo en los indicadores de disponibilidad y rendimiento, para concluir de forma satisfactoria que al implementar la metodología del mantenimiento productivo total (TPM), se incrementa la disponibilidad y el rendimiento de los rodillos de molienda de alta presión en SMCV, ya que antes el promedio de la eficacia global de estos equipos en sus dos indicadores eran de 75.90% lográndose un incremento después de su implementación a 84.72%, obteniendo una mejora de 8.82%.

Palabras Claves: TPM Mantenimiento Productivo Total, mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo mantenimiento planificado, OEE eficiencia Global de los equipos, disponibilidad y rendimiento.

ABSTRACT

The general purpose of this research project was to determine how the application of TPM will increase the overall efficiency of the high pressure grinding roller equipment in the area of the tertiary crushing circuit of lines one and two of Sociedad Minera Cerro Verde's concentrator 2, Arequipa 2020. In this research, total productive maintenance (TPM) was used as an independent variable and preventive maintenance, autonomous and planned maintenance were selected as dimensions, and the overall efficiency of the equipment was selected as a dependent variable, selecting for this variable the dimensions of availability and performance.

The design of the research is pre-experimental, with quantitative approach the level of the research is descriptive and explanatory, based on the analysis of the collected data, which was used as a technique a registry of data collection validated by the immediate superior headquarters, the validation of the measurement instruments of the present research project was validated by an expert judgment of the school of industrial engineering of the Cesar Vallejo University. The sample population was comprised of qualitative data collected from the areas of condition monitoring, planning and production of the company, which were taken from the 30 days that served for the calculation of the indicators.

In the present research project, the results obtained were the expected ones, since a significant increase in the availability and performance indicators was obtained, to conclude in a satisfactory way that when implementing the methodology of the total productive maintenance (TPM), the availability and performance of the high pressure grinding rollers in SMCV is increased, since before the average of the global effectiveness of these equipments in its two indicators was of 75.90%, achieving an increase after its implementation to 84.72%, obtaining an improvement of 8.82%.

Keywords: TPM Total Productive Maintenance, preventive maintenance, autonomous maintenance planned maintenance, OEE Global efficiency of the equipment, availability and performance.

I. INTRODUCCION

DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMATICA

Problemática Internacional

En la industria minera de hoy busca lo que se conoce como mantenimiento de talla mundial, para esto las empresas mineras tienen como objetivo primordial la optimización para el área de mantenimiento, para eso buscan la mejora talento humano y de constante capacitación todo esto con el fin de conseguir los mejores resultados de producción.

Esto hace que las empresas mineras en el ámbito mundial tiendan a optimizar sus procesos para obtener la mayor rentabilidad, es por eso que metodologías como la del TPM están tomando mucha relevancia debido a que esta metodología optimiza bastante el departamento de mantenimiento reduciendo costos y mejorando la productividad.

Figura 1. Pilares del TPM



Fuente: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DE EQUIPOS

Problemática Nacional

El Perú es uno de los grandes productores de cobre a nivel mundial, debido a la gran cantidad de yacimientos mineros de cobre que se encuentran en nuestro país, esto ha generado una gran competitividad entre las industrias mineras exportadoras de cobre haciendo que cada una de estas empresas intente generar la mayor producción del mineral de cobre posible.

Para esto muchas de estas empresas comenzaron a optimizar sus procesos para obtener la mayor cantidad de producción con los menores costos y menor cantidad de paradas posibles, considerando que si les falta producción de cobre algunas de estas mineras siempre va haber otra minera de cobre que va cubrir la demanda del mismo mineral, y en el mismo país productor.

Figura 2. Relación de producción minera en los últimos años

MINERA CERRO VERDE, MINERA ANTAMINA Y LAS BAMBAS ACUMULAN CASI EL 55% DEL TOTAL DE LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS DE COBRE EN EL PAÍS AL 2018

Producción Concentrados de Cobre - En Miles de TMF

Rank.	EMPRESA	Producción 2017	Producción 2018	Variación del 2018 / 2017
1	MINERA LAS BAMBAS S.A.	502	385	-23.22%
2	COMPAÑIA MINERA ANTAMINA S.A.	439	460	4.62%
3	SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.	453	494	9.13%
4	SOUTHERN PERU COPPER CORPORAT. SUCURSAL DEL PERU	306	331	8.06%
5	COMPAÑIA MINERA ANTAPACCA S.A.	195	205	5.50%
6	MINERA CHINALCO PERU S.A.	206	208	0.87%
7	HUDBAY PERU S.A.C.	122	122	0.33%
8	SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.	46	47	3.28%
9	NEXA RESOURCES PERU S.A.A.	45	40	-11.65%
10	GOLD FIELDS LA OIMA S.A.	31	33	6.43%
	Otras 233 Empresas	100.17	111	10.36%
	Total Empresas	2,446	2,437	

COBRE Cv. US\$ / Lb.	279.606	295.936
--------------------------------	---------	---------

FUENTE: Dirección General de Minería - Boletín Mensual del Ministerio de Energía y Minas

Fuente: Dirección General de Minería

Problemática Local

Sociedad Minera Cerro Verde es una de los mayores productores de cobre a nivel nacional, pero la minera Cerro Verde sufre uno de los mayores problemas y es que cuenta con una ley minera considerada de baja ley, esto hace que Sociedad Minera Cerro Verde tenga que procesar mucho más mineral para obtener la misma cantidad de concentrado de cobre que obtienen otras mineras con menor procesamiento de minerales, afectando seriamente a sus utilidades, aunque sus ingresos sean altos.

Para esta problemática Cerro Verde intenta constantemente mejorar su área de mantenimiento y producción, para poder producir la mayor cantidad de mineral de cobre sin perder la disponibilidad que tanto la caracteriza, para esto la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento como el TPM es fundamental debido a con esto Cerro Verde podrá aumentar su producción sin descuidar su disponibilidad.

Uno de los puntos a mejorar en el proceso que se ha visto es el proceso de chancado terciario compuesto por los equipos de molienda de rodillos a alta presión, donde pensamos aplicar la metodología TPM para aumentar su producción sin descuidar la disponibilidad de este equipo.

Figura 3. Ingresos y utilidades de Sociedad Minera Cerro Verde

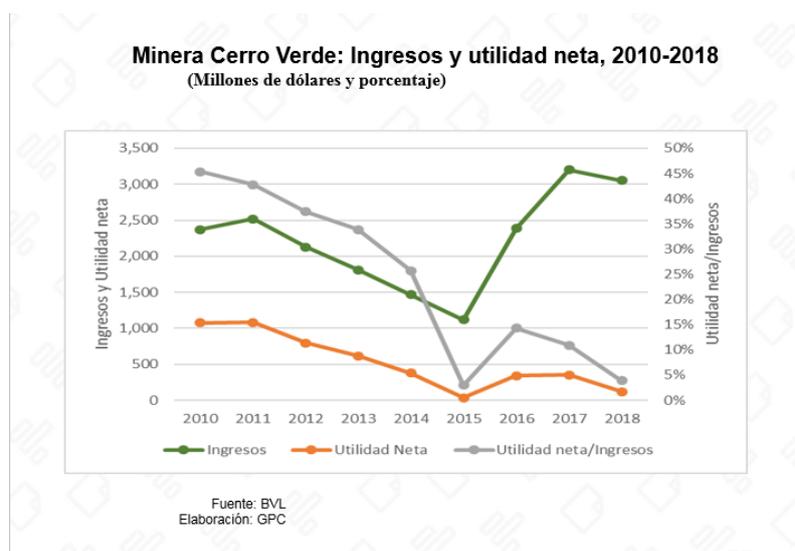
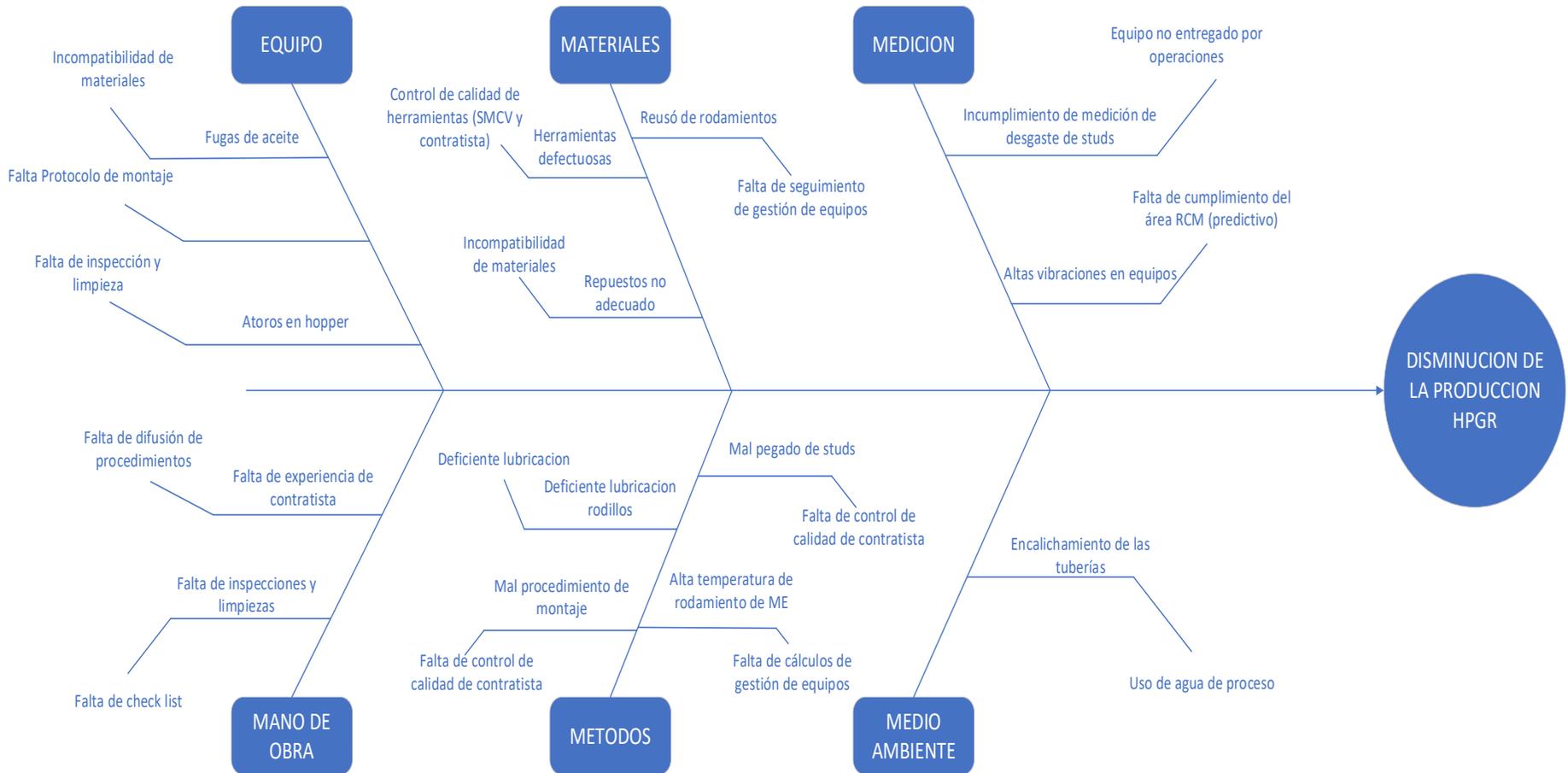


Diagrama Ishikawa. “El diagrama de causa-efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico, la naturaleza grafica del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas, finalmente aumenta la probabilidad de identificar las causas principales” (Sociedad latinoamericana para la calidad, 2010).

Con esta herramienta vamos a situar los principales problemas, por lo que se ha realizado un análisis total de causas y sub-causas de detenciones por mantenimiento en los rodillos de molienda de alta presión de la Empresa Sociedad Minera Cerro Verde S.A.

En el diagrama de Ishikawa o diagrama de causa-efecto, mostramos las razones más importantes de las detenciones por mantenimiento y detenciones imprevistas que van a repercutir en la disminución de producción de estos equipos.

Figura 4. Diagrama Ishikawa de las detenciones de los equipos HPGR



En la figura 1 se observa los efectos más relevantes que están ocasionando la disminución de la eficacia global de los equipos de rodillos de molienda de alta presión en SMCV.

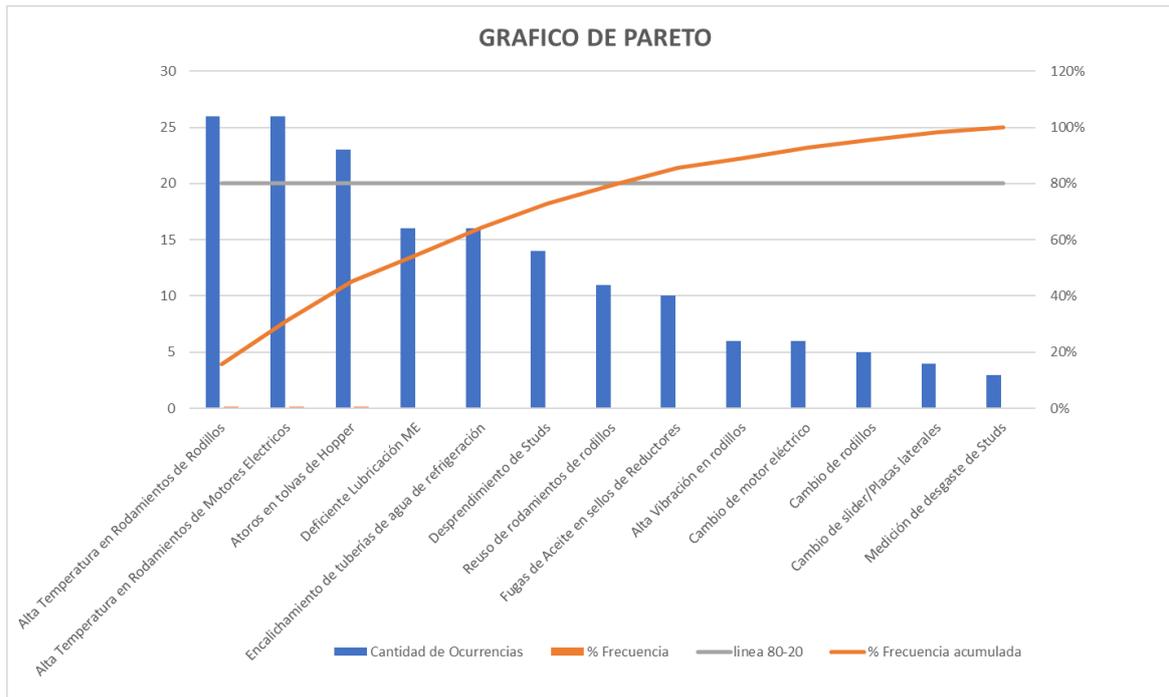
Tabla 1. Análisis de causas de las detenciones de los equipos

N°	Causas	Cantidad de Ocurrencias	% Frecuencia	línea 80-20	% Frecuencia acumulada
1	Alta Temperatura en Rodamientos de Rodillos	26	16%	80%	16%
2	Alta Temperatura en Rodamientos de Motores Electricos	26	16%	80%	31%
3	Atoros en tolvas de Hopper	23	14%	80%	45%
4	Deficiente Lubricación ME	16	10%	80%	55%
5	Encalchamiento de tuberías de agua de refrigeración	16	10%	80%	64%
6	Desprendimiento de Studs	14	8%	80%	73%
7	Reuso de rodamientos de rodillos	11	7%	80%	80%
8	Fugas de Aceite en sellos de Reductores	10	6%	80%	86%
9	Alta Vibración en rodillos	6	4%	80%	89%
10	Cambio de motor eléctrico	6	4%	80%	93%
11	Cambio de rodillos	5	3%	80%	96%
12	Cambio de slider/Placas laterales	4	2%	80%	98%
13	Medición de desgaste de Studs	3	2%	80%	100%
		166	100%		

En la Tabla 1 se especifica las causas más relevantes en la disminución de la producción, que causan las detenciones en los equipos HPGR que son los equipos vitales en la producción de concentrado de Cu., para ello ordenamos las causas gradualmente según su magnitud que tienen, la tabla se procesó con valores numéricos que se transformaron en porcentajes para representarlos en el diagrama de Pareto.

Diagrama de Pareto. “Nombra este diagrama como la ley 80/20, al abordar los pocos problemas vitales se solucionará muchos problemas triviales los cuales forman muy poco del efecto total. Es decir, eliminando 20% de las causas que originan el problema se solucionan el 80% de estos problemas, de esta manera se procura resolver o atacar las causas en su totalidad” (Gutiérrez, 2014, p. 193).

Figura 5. Diagrama de Pareto: Causas de detenciones de los equipos



Del diagrama de Pareto podemos determinar que las causas que más genera ocurrencias en las detenciones de estos equipos son las altas temperaturas en rodamientos de rodillos, rodamientos de motores eléctricos seguido de atoros en Hopper, deficiente lubricación, encalchamiento de tuberías de enfriadores, desprendimiento de studs y fallas en rodamientos de rodillos por el reuso, estas siete causas representan el 80% de las detenciones de estos equipos de rodillos de molienda de alta presión.

Por eso se llega a la conclusión que el título de la investigación a realizarse es Gestión TPM en los equipos Rodillos de Molienda de Alta Presión para incrementar el OEE en Sociedad Minera Cerro Verde, Arequipa, 2021.

FORMULACION DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL: ¿Cómo la aplicación del TPM incrementará el OEE de los equipos de rodillo de molienda de alta presión? **PROBLEMAS ESPECIFICOS:** ¿Cómo la aplicación del TPM incrementará la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión?, ¿Cómo la aplicación del TPM incrementará el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión?

Justificación

JUSTIFICACION TEORICA: El estudio de la implementación de un sistema de gestión de TPM para mejorar el OEE en dos dimensiones, es un tema de mucho interés para investigaciones posteriores sobre todo para el campo de la minería debido a que está enfocado a un equipo de molienda de mineral fino como es molino de rodillos de alta presión, **JUSTIFICACION PRACTICA:** Los trabajadores estarán constantemente en capacitaciones por la misma naturaleza del TPM que requiere que el operario conozca mejor el proceso de mantenimiento y también este más capacitado con respecto al equipo, **JUSTIFICACION ECONOMICA:** Al ser un sistema de gestión de mantenimiento que busca disminuir las paradas imprevistas, por ende, aumentara la producción y esto de por si genera utilidades mediante la mayor disponibilidad y rendimiento de los equipos y por si el aumento de la producción.

Hipótesis

HIPOTESIS GENERAL: La aplicación del TPM incrementa significativamente la eficiencia global de los equipos (OEE) de rodillo de molienda de alta presión, **HIPOTESIS ESPECIFICAS:** La aplicación del TPM incrementa significativamente la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión (HPGR), La aplicación del TPM incrementa significativamente el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión (HPGR).

Objetivos

OBJETIVO GENERAL: Determinar cómo la aplicación del TPM incrementara el OEE de los equipos de rodillo de molienda de alta presión (HPGR), **OBJETIVO**

ESPECIFICOS: Determinar cómo la aplicación del TPM incrementara la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión, Determinar cómo la aplicación del TPM incrementara el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión.

II. MARCO TEORICO

TRABAJOS PREVIOS

ANTECEDENTES NACIONALES

Christian Gabriel Reyes Oliva (2019) en su tesis “Aplicación del sistema TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019”, tiene como objetivo analizar cómo la aplicación del sistema de TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019, para ello se realizó un estudio preexperimental, longitudinal con enfoque cuantitativo basado en el análisis de datos, se llevó a cabo en un periodo de 6 meses (3 meses para la pre y 3 meses para el post) para el desarrollo de la aplicación, se contará con una población que será constituida por datos cuantitativo eso datos fueron seleccionado en el área de mantenimiento ubicada en Alicorp, la población en este proyecto de investigación estará compuesta N = 6 meses, En los resultados obtenidos de pudo determinar que las dimensiones del TPM mejorará la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima2019., teniendo como resultado un 79.54% a 91.30% logrando un incremento 11.76 %. En la disponibilidad de los equipos teniendo como resultado un 80.83% a 92.78% consiguiendo un incremento 11.95 %, en el rendimiento de los equipos teniendo como resultado un 80.83% a 92.78% consiguiendo un incremento 12.22 % y en la calidad de los equipos teniendo como resultado un 77.22% a 88.33% logrando un incremento 11.11%.

Claudio Martin Cáceres Carbajal (2018) en su tesis “Propuesta de mejora de la eficiencia global de los equipos orientado en el TPM para una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica” Cuyo propósito tuvo la mejora del proceso de productivo de la línea de envasado L05 de planta Pucusana – Arca Continental. En su caso particular se trata de mejorar eficiencia global de equipos (OEE), dicho proceso fue analizado a través de las herramientas de la calidad las cuales permitieron diagnosticar el problema y realizar análisis de las causas fundamentales. En este caso realizo la metodología TPM en todos los equipos de la planta envasadora, y según su simulación en PROMODEL, lograría estar en el rango aceptable mayor a 75% de OEE, se obtendría una mejora hasta un 8.5% y un beneficio económico mensual hasta S/ 945,896 en 12 meses.

La Jara Nores, Juan Carlos (2018) en su tesis “Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global de los Equipos, en una fábrica de alimentos, en el área de hojalatería, Cercado, 2018.” que tiene como determinar como la aplicación del TPM mejora la Eficiencia Global de los Equipos en una fábrica de alimentos en el área de hojalatería, Cercado, 2018 para lograr tal objetivo se hizo uso de la filosofía del Mantenimiento Productivo Total, del cual se desarrollaron dos de los ocho pilares como son el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado, La población está dada por 78 datos que equivalen a la producción diaria antes y después de la mejora, siendo la muestra de igual medida, Al finalizar esta investigación se llegó a la conclusión que la Aplicación del TPM mejoro la Eficiencia Global de los Equipos de una media antes de 0,65% a 0,81% después de la aplicación del TPM, dado que se redujo los paros no programados en la línea de envases, lo cual ayudo a mejorar la disponibilidad y el rendimiento.

Edwin Andrés, Yauri Alayo (2018) en su tesis “Aplicación del Mantenimiento Autónomo para mejorar los índices de la Eficiencia Global en el área de Mantenimiento de la empresa PANORAMA S.A.C. Lima, 2017” tiene como objetivo determinar en qué medida la aplicación del mantenimiento autónomo mejora los índices de la eficiencia global en el área de mantenimiento de la empresa Panorama S.A.C. Lima – 2017, La población está constituida por 12 semanas antes y 12 semanas después, cuya muestra es a su vez la misma población 12 semanas antes y 12 semanas después y se concluyó que una buena gestión del mantenimiento autónomo incrementa significativamente los indicadores de la eficiencia global conforme se puede evidenciar en la Tabla 14 de la página 60, en donde el incremento fue de un 41%.

Seminario Cerdan, Luis Alberto (2017) en su tesis “Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia de las máquinas CNC de una empresa metal mecánica lima - Perú 2017” Cuyo propósito tuvo, implementar el sistema de gestión TPM debido a la baja eficiencia de las maquinas CNC que tenía en la empresa metalmecánica, la implementación del TPM lo hizo en 02 equipos CNC durante 20 semanas y Con la implementación del TPM se logró el incremento de la Eficiencia Global de Equipos (OEE) de un 46.32% a un 66.24%. Por consiguiente, el nivel de Disponibilidad incrementó de 72,40% a

81,79%, la Efectividad incrementó de 73,26% a un 86% y la Calidad tuvo un incremento del 87.58% al 93.83%.

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Rafael Mateo Martínez (2015) en su tesis “Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Aplicación en una empresa industrial” tiene como objetivo definir por qué fallan las implantaciones de TPM y qué causas afectan al éxito de la implantación de los modelos de desarrollo, se implementa el TPM en la empresa KAMAX y se compara los datos de la implementación mediante cuestionarios comparando el antes y después de la empresa, esto da como resultados que se acerque al modelo del TPM en un 73% para la segunda implementación 2011-2014.

Badillo Bray Miguel Ángel y Rodríguez Perdomo Gloria Stella (1994) en su tesis “Diseño de un programa de mantenimiento productivo total para la industria de grasas y aceites” que tiene como objetivo proporcionar productos de alta calidad a través de la eliminación o reducción de las grandes pérdidas, incrementando la productividad, enriqueciendo el trabajo, mejorando el nivel de habilidades, facilitando las actividades de grupo y eliminando los paradigmas. Busca perfeccionar permanentemente la efectividad del equipo con la activa participación de los operadores para la metodología se hizo mediante el estudio de Factibilidad que comprende el Entrenamiento en Habilidades de Mantenimiento, el cálculo de la Efectivo Global, el Análisis del mantenimiento Actual, la conformación de Grupos y el Análisis de la Condición del Equipo, se llegó a la conclusión de que a partir de la medición de la efectividad se llega a revelar los diarios esfuerzos, se aísla los puntos que se debe enfocar realmente y permite planear contra medidas y a través de actividades de mejoramiento de MPT, se puede mejorar la efectividad del equipo hasta un 85% y 95%.

Álvaro Vallejo B. (1997) en su tesis “Diseño e implementación de un modelo para mantenimiento preventivo eléctrico e instrumentos bajo la filosofía T.P.M. para la maquina Will aplicado a una empresa productora de papeles” que tiene como objetivo diseñar e implementar un modelo de mantenimiento bajo la filosofía T.P.M,

para la metodología se diseñaron notas de inspección preventivas, cuidados básicos se elaboraron fichas técnicas, etc., todo este material es el que ayuda a crear un ambiente de compromiso para con la máquina, aunque el modelo fue diseñado en una maquina cortadora de papel, puede ser aplicado a cualquier tipo de maquinaria que este destinada transformar materia prima en producto terminado que tuvo como resultados la disminucion de tiempos improductivos que pasaron de 525.7 horas promedio mensuales en 1995 a 388.7 horas promedio mensuales en 1996, también se vio un aumento en la producción que paso de 1032 toneladas promedio mensuales en 1995 a 1620.3 toneladas promedio mensuales en 1996, con la mejora de ambas cantidades anteriores se le une el incremento de la eficiencia global de producción.

Xiaomeng Sun (2018) in his thesis "Implementing a total productive maintenance approach into an improvement in companys" has as purpose the study was to improve the production processes of PTFE general product line in Company S by applying TPM the study was conducted at a PTFE sealing production plant, located at Companys were able to achieve an improvement in OEE from 82.7% to 83.8%.

Liu Yong, Zhu Jiajia (2005) in his thesis "TPM orients enterprises towards production excellence: A Practical Analysis of OEE" has as purpose of this paper is to review the literatures on Total Productive Maintenance (TPM) and to present an overview of TPM implementation practices initiated in a 'connector' manufacturer in China uses a case-based approach in combination with Scientific theory and standard tools, techniques, and practices are used to discuss various

problems related to the implementation of TPM in the industry we have as a result that the OEE has increased by 22%

TEORIAS RELACIONADAS

Concepto TPM Mantenimiento Productivo Total

“El Mantenimiento Productivo Total es una metodología de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que logre y enfatice otros aspectos como son: Personal involucrado de la planta, Eficacia Total, Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde el diseño hasta la corrección, y la prevención” (Cuatrecasas, 2010, p. 33).

“El TPM es una serie de actividades estratégicamente ordenadas que una vez implantadas mejoran la competitividad de una organización industrial o de servicios” (Gómez, 2010, p. 3).

“Moderna metodología gerencial de complemento para el desarrollo industrial, para optimizar la gestión de activos, que necesita la participación total de la empresa tener equipos de producción siempre listos” (García, 2014, p. 3).

DIMENSION 1: Mantenimiento Preventivo

"Además de las ventajas de controlar los costos de reparación, se evitan los costos de garantía por fallas de recuperación, reduciendo el tiempo de inactividad no planificado y eliminando las causas entre fallos, el mantenimiento predictivo emplea técnicas de prueba no intrusivas para evaluar y calcular activos. tendencias de rendimiento. Los métodos adicionales utilizados pueden incluir termodinámica acústica, análisis de vibraciones, análisis de ultrasonidos, análisis de lubricantes y análisis termográficos, entre otros” (machinedesign 2019, p.60)

DIMENSION 2: Mantenimiento Autónomo

“El mantenimiento autónomo incluye cualquier actividad realizada por el departamento de producción relacionada con una función de mantenimiento y que pretenda mantener la planta operando eficiente y establemente con el fin de satisfacer los planes de producción” (Tokutaro Suzuki 1995, p. 87)

DIMENSION 3: Mantenimiento Planificado

“El tiempo de inactividad planificado relacionado con el mantenimiento es fundamental para las empresas que buscan maximizar sus niveles de tiempo de actividad, dado que los equipos esenciales de producción de la planta se somete regularmente a altos niveles de desgaste en entornos de tratamiento de superficies rigurosos, el mantenimiento regular permite identificar la fatiga desde el principio, es por eso que recomendamos dar servicio al equipo cada tres a seis meses, además de una parada anual planificada por mantenimiento.” (Finishing 2018, p.12).

Concepto Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

“Es la búsqueda de la máxima eficiencia de los equipos mediante la puesta en práctica de actividades de mejora continua sobre cada uno de los factores que están implicados: el coeficiente de disponibilidad, el de efectividad y el de calidad” (Cuatrecasas, 2010, p.117).

“Entendemos como efectividad la medida de la eficiencia de cada técnica y, a su vez, la eficiencia como la forma de evaluar el binomio de resultados técnicos: fiabilidad + disponibilidad asociada a un determinado coste” (González, 2012, p. 224).

“Según los objetivos que se persigan, es diferente la forma de definir la eficiencia en la asignación de los recursos. También depende de la forma en que se mida esta eficiencia a través de las diversas técnicas en que se encuentran a disposición del economista. Si se aplica la eficiencia al objetivo de la utilización técnica de los equipos industriales, se trata de eficiencia técnica, que se mide vía productividades, y, consiguientemente, la definición de los estándares y la medición de los resultados facilita el grado de eficiencia con el que se realiza la asignación de recursos” (García, 1994, p. 156)

DIMENSION 1: Disponibilidad

“La disponibilidad es el tiempo de funcionamiento expresado como porcentaje del tiempo calendario. Para calcular la disponibilidad, reste del tiempo calendario el tiempo perdido durante el apagado (para el mantenimiento planificado y los ajustes de producción) y el tiempo perdido en paradas importantes (fallas de equipos y procesos). Luego dividir el resultado por el tiempo del calendario y multiplíquelo por 100.” (Tokutaro Suzuki, 1994 p. 49)

Cuatrecasas y Torrell (2010) describen: “La disponibilidad tiene en cuenta las pérdidas por averías, las pérdidas de preparación y ajuste y otras pérdidas por paradas, estas paradas obligadas ocasionan pérdidas de tiempo y/o de producción” (p. 117).

“Resulta de dividir el tiempo que la maquina ha estado trabajando (tiempo de operación: TO) por el tiempo que la maquina podría haber estado trabajando (tiempo planificado de producción: TPO) es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir” (Cruelles Ruiz, 2010)

DIMENSION 2: Rendimiento

Cuatrecasas y Torrell (2010) mencionan: “El rendimiento tiene en cuenta las pérdidas por tiempos en vacío y paradas cortas y las pérdidas por reducción de velocidad. La mejora de este coeficiente implica, evidentemente la erradicación de estas pérdidas” (p. 117).

Rendimiento: “el rendimiento consiste en dividir la cantidad de piezas producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido durante el tiempo de disponibilidad de la máquina.” (Cruelles Ruiz, 2010)

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

3.1.1. Investigación Aplicada

“La investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, está caracterizada por buscar la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación, el uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como consecuencia una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad”, (Murillo 2008).

Este Proyecto de Investigación es aplicada porque está dirigido al cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo programados para solucionar y disminuir los problemas de detenciones por mantenimiento y otros en los equipos HPGR, que originan la disminución de mineral particulado para la producción de concentrado de Cu, con la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) referente a la productividad.

3.1.2. Nivel de Investigación

Debido al nivel de investigación es descriptivo y explicativo ya que este medirá, evaluará y recopilará los datos que se usaran en el análisis, a fin de conseguir la forma en que se expresan los problemas que afectan a la variable dependiente OEE.

“el objetivo está en explicar el fenómeno. Llegar al conocimiento de las causas es el fin último de estas investigaciones. Se pretende llegar a generalizaciones extensibles más allá de los sujetos analizados”. (Valderrama, 2014, p. 46).

3.1.3. Enfoque de la Investigación

Por su enfoque es cuantitativo por que los datos usados para esta investigación serán del resumen de las restricciones de detenciones, de

la planificación y de la producción del mes de septiembre, de los equipos HPGR de las líneas 1 y 2 de la concentradora 2, que se muestran a través de información en aspectos que serán examinados, comprobados y evaluados.

“Se usa el enfoque cuantitativo cuando la recaudación del antecedente para experimentar hipótesis con fundamento en el cálculo numérico y el estudio estadístico, con la conclusión de formar de uso y experimentar la probabilidad” (Baptista, Fernández y Hernández, 2014, p. 4).

3.1.4. Diseño de la Investigación

“Los Pre-Experimentos se llaman asimismo ya que su valor de inspección es pequeño, consiste en dirigir una incitación o método a un conjunto y detrás emplear un cálculo de una o más variables para vigilar cuál es el valor del conjunto que estas” (Baptista, Fernández y Hernández ,2014, p.141).

El diseño de la Investigación es Pre-Experimental, porque se procederá a observar las muestras en diferentes periodos de tiempo donde se evaluará en 2 tiempo diferentes de lo cual se analizará el efecto ante la metodología del uso del mantenimiento productivo Total (TPM).

3.1.5. Alcance de la Investigación

Por su alcance es longitudinal por que analizará todas las detenciones o restricciones que haya habido durante el proceso de chancado de mineral a través de los equipos HPGR, en el proceso de producción del circuito de chancado terciario de las líneas 1 y 2 de la concentradora dos de SMCV, en un periodo de tiempo, producción diaria, de esta forma se podrá analizar la gestión del mantenimiento productivo total en todos los mantenimientos y detenciones planificadas e inesperadas en los equipos.

“En aquel momento se coloca en los planes longitudinales, los cuales se recoge información en desigual de oportunidad o etapa para crear

inferencias relación a variación, sus concluyente y efecto.” (Baptista, Fernández y Hernández, 2014, p.159).

3.2. Variables, Operacionalización

3.2.1. Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)

“Moderna metodología Gerencial de complemento para el desarrollo industrial, para optimizar la gestión de activos, que necesita la participación total de la empresa para tener equipos de producción siempre listos” (García, 2014, p. 3).

La variable independiente será el TPM, este es un sistema que contribuiría a acrecentar las capacidades de los equipos HPGR para que estos siempre estén en disposición para producir a su máxima capacidad de operación y sobre su valor nominal.

En este Proyecto de Investigación las dimensiones e indicadores son los siguientes:

- **Dimensión 1: Mantenimiento Preventivo.**

Indicador a:

$$\text{T. C. M. P} = \left(\frac{\text{N. M. P. E.}}{\text{N. M. P. P.}} \right) \times 100\%$$

T.C.M.P: Taza de cumplimiento de mantenimiento preventivo:

N.M.P.E: Número de mantenimiento preventivo ejecutado.

N.M.P.P: Número de mantenimiento preventivo programado

- **Dimensión 2: Mantenimiento Autónomo**

Indicador a:

$$\text{I. I. E} = \left(\frac{\text{I. L. R}}{\text{I. L. N. R}} \right) \times 100\%$$

I.I.E: Índice de inspecciones y limpieza ejecutadas

I.R: Inspecciones y limpiezas realizadas

I.N.R: Inspecciones y limpiezas no realizadas

- **Dimensión 3:** Mantenimiento Planificado.

Indicador:

$$\mathbf{M.P.} = \left(\frac{\mathbf{M.P.R}}{\mathbf{N.T.M.P}} \right) \times 100\%$$

M.P: Mantenimiento Planificado

M.P.R: Mantenimiento planificado realizado

N.T.M.P: Número total de mantenimiento planificado

3.2.2. Dependiente: Overall Equipment Effectiveness (OEE)

La variable dependiente de este proyecto de Investigación es la Eficacia Global de los equipos de equipos Productivos, de sus siglas en Ingles (OEE), es un indicador que cuantifica la eficacia de la maquinaria y que es utilizada como un instrumento clave de mejora continua en los procesos de producción.

“La efectividad global de los equipos de una planta es un problema complejo y por lo tanto sus elementos no tienen relaciones causa-efecto univocas y por ello funcionan en una conjunción donde si uno de los elementos se hiciera cero todos los demás elementos no podrían equilibrar su falta” (Peter Velohlavek, 2006, p.23)

Para este Proyecto de Investigación se tomarán dos dimensiones e indicadores de la variable dependiente que son:

- **Dimensión 1:** Disponibilidad.

$$\mathbf{DI} = \left(\frac{\mathbf{H.T} - \mathbf{H.P.M}}{\mathbf{H.T}} \right) \times 100$$

DI: Disponibilidad

H.T: Horas totales

H.P.M: Horas parada por mantenimiento

- **Dimensión 2:** Rendimiento.

$$\mathbf{RE} = \left(\frac{P.R.}{T.P. \times V.P} \right) \times 100$$

RE: Rendimiento

P.R: Producción Real

T.P: Tiempo disponible para producir

V.P: Velocidad de producción

Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables

	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	FORMULA	ESCALA
<p>Variable independiente</p> <p>Mantenimiento Productivo Total (TPM)</p>	<p>Las técnicas utilizadas para la aplicación de la filosofía TPM generan beneficios, debido a que son capaces de generar trabajo facultado y motivado, debido a que se logra la participación de operario y el activo además logra el conocimiento y comprensión de las condiciones y rendimiento de la maquina involucrando al operario con su compromiso para el buen funcionamiento de los elementos de producción mencionan además torres (2005, p.347).</p>	<p>el TPM está constituido por 8 pilares donde el mantenimiento preventivo, autónomo y el planificado son los realizados por el área de producción y mantenimiento</p>	Mantenimiento Preventivo	Taza de cumplimiento de mantenimiento preventivo	<p>Mantenimiento Preventivo</p> $T.C.M.P = \left(\frac{N.M.P.E.}{N.M.P.P.} \right) \times 100\%$ <p>T.C.M.P: Taza de cumplimiento de mantenimiento preventivo: N.M.P.E: # de mant. preventivo ejecutado. N.M.P.P: # de mant. preventivo programado</p>	Razón
			Mantenimiento autónomo	Inspecciones/Limpieza realizadas	<p>Índice de inspecciones /Limpieza realizadas</p> $I.I.E = \left(\frac{I.L.R}{J.L.N.R.} \right) \times 100\%$ <p>I.L.R: Inspecciones y Limpieza realizadas I.L.N.R: Inspecciones y Limpieza no realizadas</p>	Razón
			Mantenimiento Planificado	Índice de mantenimiento planificado	<p>Mantenimiento Planificado</p> $M.P. = \left(\frac{M.P.R}{N.T.M.P} \right) \times 100\%$ <p>M.P.: Mantenimiento Planificado M.P.R: Numero de mantenimiento planificado realizado N.M.P: Número total de mantenimiento planificado.</p>	Razón

	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	FORMULA	ESCALA
Variable dependiente Eficacia Global de los Equipos (OEE)	<p>La medida OEE también conocida como Efectividad Global de Equipo es un indicador de rendimiento clave única que proporciona una visión global de la utilización de activos. Este indicador se maneja en las organizaciones para examinar todos los aspectos del rendimiento de activos con el fin de asegurar que se está obteniendo el máximo beneficio, también se puede decir que es un indicador en la cual se puede observar el rendimiento real de proceso, su capacidad efectiva y la disponibilidad de los activos. OEE es sencillo y práctico. Toma las fuentes más comunes e importantes de la pérdida de productividad de fabricación, los coloca en tres categorías principales y los separa en métricas que proporcionan un excelente medidor para calcular dónde se encuentra. Kasim (2015, p761)</p>	<p>La relación que existe entre la disponibilidad probabilidad de asegurar un servicio requerido, Rendimiento que es la relación entre unidades producidas y tiempo disponible.</p>	Disponibilidad	Coeficiente de disponibilidad	$DI = \left(\frac{H.T - H.P.D}{H.T} \right) \times 100\%$ <p>Disponibilidad DI = $\left(\frac{H.T - H.P.D}{H.T} \right) \times 100\%$ H.T: Horas totales H.P.D: Horas parada por Detenciones</p>	Razón
			Rendimiento	Coeficiente de Rendimiento	$RE = \left(\frac{P.R.}{T.P. \times V.P.} \right) \times 100\%$ <p>Rendimiento RE = $\left(\frac{P.R.}{T.P. \times V.P.} \right) \times 100\%$ RE: Rendimiento P.R.: Producción Real T.P.: Tiempo disponible para producir V.P.: Velocidad de producción</p>	Razón

PROBLEMAS	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS
¿Cómo la aplicación del TPM va incrementar el OEE de los equipos de rodillo de molienda de alta presión?	Determinar cómo la aplicación del TPM incrementara el OEE de los equipos de rodillo de molienda de alta presión	La aplicación del TPM incrementa significativamente el OEE de los equipos de rodillo de molienda de alta presión
ESPECIFICOS		
¿Cómo la aplicación del TPM va incrementar la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión?	Determinar cómo la aplicación del TPM incrementara la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión	La aplicación del TPM incrementa significativamente la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión
¿Cómo la aplicación del TPM va incrementar el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión?	Determinar cómo la aplicación del TPM incrementara el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión	La aplicación del TPM incrementa significativamente el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión

3.3. Población (criterios de selección) muestra, unidad de análisis

3.3.1. Población

“Pertenece la unidad de muestreo/análisis, ejecutar la marcar los ciudadanos que será analizado y referente se desea ampliar los resultados, así mismo, una población del grupo que conforma una cadena de especificaciones” (Baptista, Fernández y Hernández, 2014, p.174).

En este proyecto de investigación titulado “Gestión TPM en los equipos Rodillos de Molienda de Alta Presión para incrementar la eficacia global de los equipos (OEE) en Sociedad Minera Cerro Verde, Lima, 2020”, se contará con una población que será constituida por datos cuantitativos y está presentada por 30 mediciones evaluadas diariamente, que servirán para el cálculo de mis indicadores de las variables independiente y dependiente

Se analizarán los datos en base al resumen de las horas de detenciones, el cumplimiento de los mantenimientos planificados, y la producción diaria de los equipos 8 equipos HPGR de las líneas 1 y 2 (Ver ANEXO N° 09,10 y 11)

3.3.2. Muestra

“Es la relación de subgrupos pequeños de la población estudiada al expresar que es un subconjunto de componente que corresponde al grupo determinado es sus propiedades al que se denomina población” (Baptista, Fernández y Hernández, 2014, p.176).

Para el proyecto desarrollado se toma de los documentos registrados del resumen de detenciones, producción de cada equipo otorgados por el departamento de monitoreo de la empresa y programa de planificación durante los dos meses, un mes antes y un mes después de la mejora.

3.3.3. Unidad de Análisis

“Se afirma que la unidad de análisis trata sobre quién y a quien se realiza la medición, además del tiempo en el cual se desarrolla la investigación” (Hernández Sampiere, 2010, p.117)

Por tal motivo, el presente proyecto de investigación será analizada durante 30 días de pre test y 30 días de post test en los 08 equipos HPGR de las líneas 1 y 2 en la empresa SMCV, localizada en Arequipa.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

“Las técnicas de recolección de datos en la investigación cuantitativa incluyen: cuestionarios cerrados, observaciones, registro de datos estadísticos, pruebas estandarizadas, sistemas de medición fisiológica, etc. En investigación cualitativa: entrevistas en profundidad, pruebas de proyectos, cuestionarios públicos, reuniones grupales, biografía, revisión de archivos, observación directa, etc.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 16).

Técnica

Observación: Se observó las múltiples detenciones que había en los equipos HPGR, y la toma de tiempos de estos para determinar el índice de disponibilidad y rendimiento.

Formato de recolección de datos

- **Registro de detenciones y restricciones:** Solicitados al área de monitoreo de condiciones, para hacer el estudio del motivo de las detenciones y restricciones, con la finalidad de analizar y determinar los índices del mantenimiento preventivo.
- **Cálculo de referencial de tonelajes de Producción:** Se realizará el cálculo de producción a través del valor nominal del equipo en tn/hr,

con la finalidad de determinar el rendimiento del equipo y con esto demostrar lo que se podría mejorar con la metodología del TPM.

- **Base de datos de los planes de mantenimiento:** Solicitados al área de planificación todo el registro del programa de mantenimiento de los meses de septiembre y noviembre con la finalidad de analizar el cumplimiento de las órdenes de mantenimiento dentro del plazo programado

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

“Un instrumento de medición es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 199).

En virtud de esto, este proyecto de investigación utilizará las técnicas de recolección de datos proporcionados por el área de mantenimiento procesos, planificación y monitoreo de condiciones como son: resumen de detenciones, programa de planificación y cálculo referencial de producción del equipo (Ver ANEXO N°09,10 y 11)

3.4.3. Validez

“En términos generales, la efectividad se refiere al grado en que la herramienta realmente mide, es decir la variable que pretende medir. Por ejemplo, una herramienta efectiva para medir la inteligencia debe medir la inteligencia en lugar de la memoria, y el método para medir el rendimiento de las acciones debe medir esto con precisión, no la imagen de la empresa” (Sampieri, 2014, p. 200).

La herramienta de validez de este proyecto de investigación se completará mediante la ayuda de tres ingenieros expertos de la facultad de ingeniería industrial de la Universidad Cesar Vallejo, expertos en el tema de investigación, esta validación se dará mediante un certificado que acredite la validación del juicio de expertos aplicable a nuestro estudio (Ver ANEXO N°02).

3.4.4. Confiabilidad

"Es una herramienta de cálculo se sugiere al nivel que su uso rehacer al igual a la persona u objeto elabora soluciones idénticas" (Baptista, Fernández y Hernández, 2014, p.200)

La información recopilada es de fuente primaria de la compañía, obtenida a través de las áreas de mantenimiento procesos, monitoreo de condiciones y planificación, los datos e información que se emiten es completamente veraz y autentica, que será revisada y validada por la jefatura del área de SMCV.

3.5. Procedimientos

La información que se recolectó fue a través del área de producción y del monitoreo que esta área hace constantemente a los equipos, el objetivo de esta recolección de datos era conseguir información para poder calcular los indicadores, para determinar esos indicadores primero se hizo un diagrama Ishikawa para hallar la raíz del problema y se tomaron datos antes de la implementación del TPM y posterior para verificar el incremento de la OEE.

3.6. Método de análisis de datos

"Al realizar el estudio cuantitativo usamos un software específico en lugar de hacerse en forma manual" (Hernández, 2014).

En este estudio los datos serán examinados con el software estadístico SPSS para validar las hipótesis planteadas primero para la variable independiente se realizó la estadística descriptiva, para los datos de la variable dependiente servirán para validar las hipótesis primero haciendo una prueba de normalidad usando Shapiro-Wilk o Kolmogorov, y luego si los datos salen paramétricos o no paramétricos usaremos Wilcoxon o la prueba de T-Student, según lo fijado por la correlación de normalidad de referencia.

Para determinar los tiempos de trabajo se implementó un diagrama de Gantt en software MS Project, para planificar y programar las tareas

dentro del tiempo determinado, para llevar el control y seguimiento de las actividades y que estas se cumplan dentro del tiempo establecido (Ver ANEXO N°07 y 08).

Restricciones a la Aplicación en la Investigación

No se tomarán datos reales de producción, ya que estos datos son de estricta confidencialidad de la compañía SMCV S.A., por lo que en este proyecto de investigación se tomarán como referencia los datos nominales de producción del equipo y solo se tendrá en cuenta para la variable dependiente los indicadores de disponibilidad y de rendimiento.

3.7. Aspectos Éticos

En este proyecto de investigación, es de total responsabilidad respetar la veracidad de los formatos, resultado y de la información usados para este fin, se afirma la integridad y confiabilidad de la data proporcionada, ya que la selección de información ha sido de autoría del indagador y validados la jefatura del área de la empresa donde laboró, el investigador tiene el deber y compromiso de respetar la confidencialidad de la información y todos los datos suministrado por la compañía y que estos sean aplicados sin fines de lucro.

3.7.1. Validez del Constructo

Este Proyecto de investigación basado en la Gestión del mantenimiento con sus variables independiente, dependiente y con sus respectivos indicadores bajo la escala de razón, para alcanzar la eficacia global de los equipos HPGR, fueron validados por un Juicio de expertos (Ver ANEXO N°02).

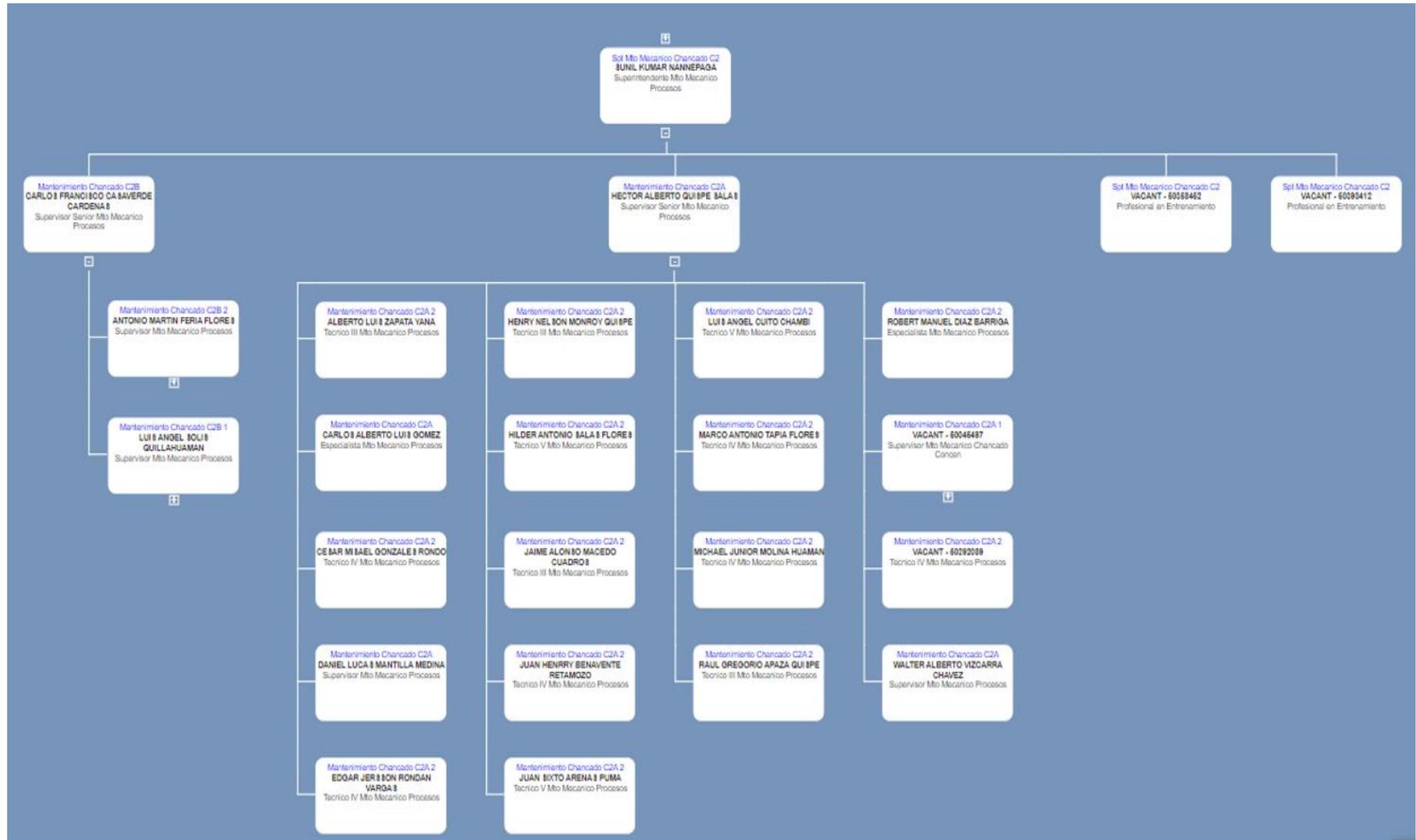
3.7.2. Confiabilidad de los Datos

Para este proyecto de investigación basado en la Gestión del mantenimiento se toma información fidedigna de fuente confiable que serán procesados bajo los formatos de recolección de datos para cada una de las variables y que serán validados por la jefatura inmediata superior (Ver ANEXO N°04).

3.7.2.1. Descripción General de la Empresa

Sociedad Minera Cerro Verde es un complejo minero de tajo abierto de donde se extrae cobre y molibdeno, actualmente es el yacimiento minero que tiene la concentradora más grande del mundo, está localizada a 34 km de la ciudad de Arequipa y consta de yacimientos de sulfuros de cobre primarios y secundarios los cuales son procesados por medio de lixiviación y concentrado de minerales respectivamente, la empresa consta con las áreas de Operaciones Mina, Lixiviación, Planta Industrial, Concentradora 1 y 2 y Gestión Estratégica.

Figura 6. Organigrama del área de Chancado Terciario



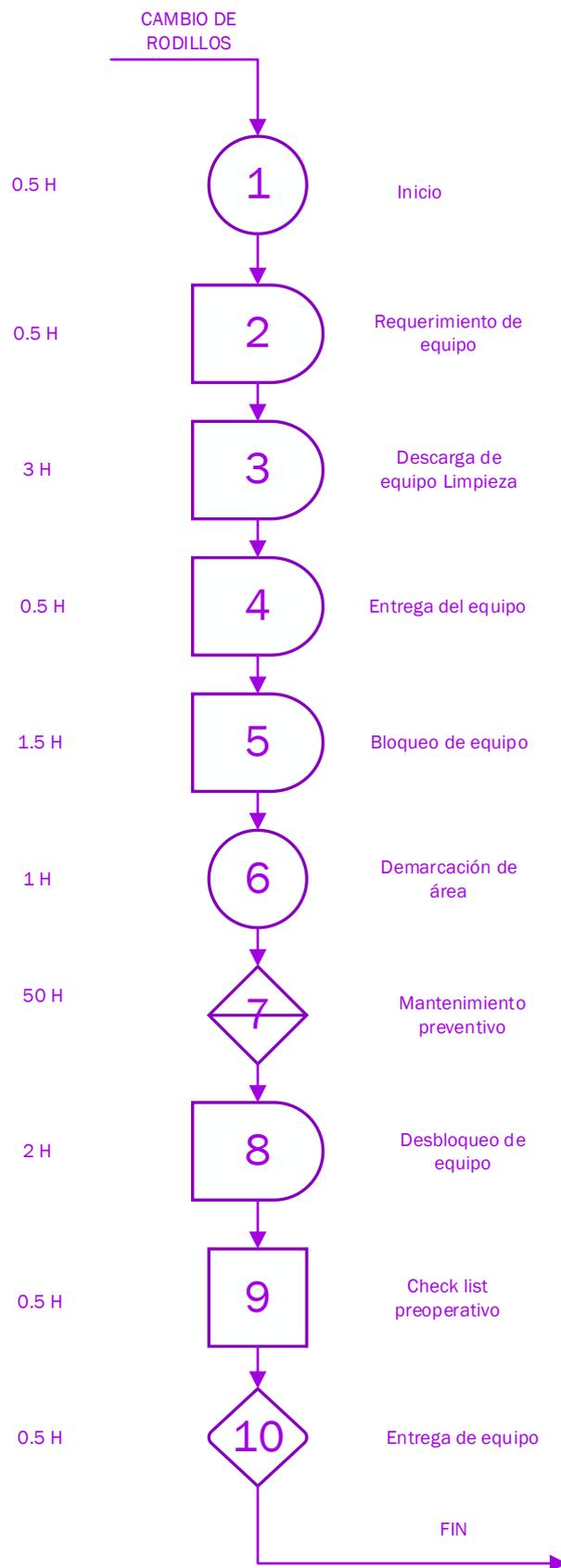
3.7.2.2. Problemas encontrados en el circuito de chancado terciario en SMCV

En el circuito de chancado terciario donde se encuentran ubicados las chancadoras de rodillos de molienda de alta presión, equipos de muy alta relevancia en la producción de material particulado para el procesamiento de concentrado de cobre, se encontró deficiencias en los cumplimientos de los mantenimientos preventivos, autónomos y planificados, debido al no cumplimiento en las entregas a tiempo de estos equipos para su mantenimiento, el motivo principal eran las detenciones inesperadas por altas temperaturas en rodamientos de motores eléctricos y en rodamientos de rodillos, seguido de las detenciones por atoros por falta de inspecciones y limpiezas en las tolvas de alimentación a estos equipos y por otros motivos de relevancia menor, que fueron encontrados según las herramientas del Ishikawa y el Pareto, lo que hacía que el área operativa al no tener el resto de equipos en condiciones de operatividad y para cumplir con los KPIs de producción acordados diariamente, no se entreguen los equipos en el día y hora planificada por el área de mantenimiento, lo que ocasionaba demoras, perdidas de horas hombre y en el peor de los casos la reprogramación de los mantenimientos planificados.

A raíz de estos problemas que son los que originan una baja en disponibilidad y por ende el rendimiento de los equipos de rodillos de molienda de alta presión que son equipos sumamente importantes en la conminución de mineral para el procesamiento de Concentrado de Cu., generando pérdidas por cada hora de detención de máquina.

Por lo antes mencionado aplicando la metodología del TPM y utilizando para esto tres dimensiones de la metodología como son: Mantenimiento preventivo, autónomo y planificado se desea mejorar la disponibilidad y por ende el rendimiento de estos equipos, ubicados en el circuito de chancado terciario de la concentradora 2 de SMCV, realizando como primer paso el diagrama de flujo del mantenimiento de los equipos HPGR, donde están mencionados los dos trabajos primarios que

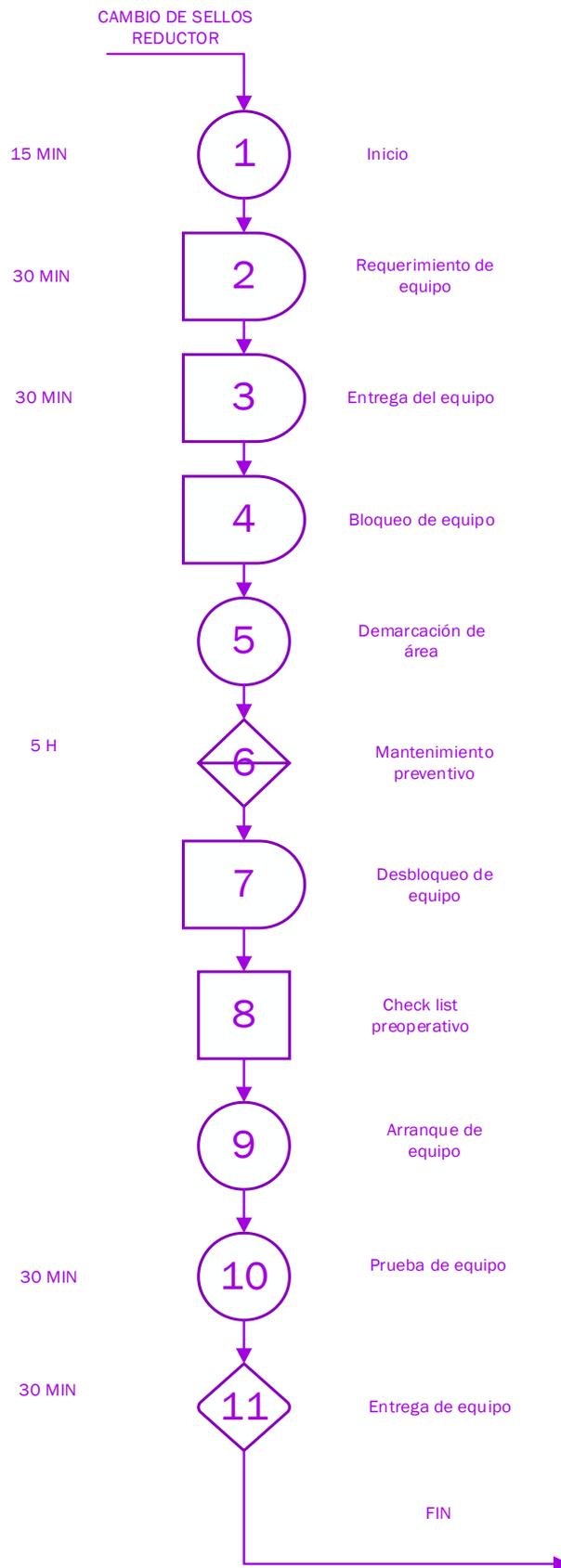
Figura 8. DAP de Cambio de rodillos



LEYENDA			
OPERACIONES	SOMBOLO	NUMERO	TIEMPO
ESPERA		5	7.5 H
OPERACIÓN		2	1.5 H
INSPECCION		1	0.5H
ORDEN		1	50 H
SALIDA		1	0.5 H

Se observó el diagrama de mantenimiento del cambio de rodillos HPGR DAP de Cambio de rodillos, se inicia con el requerimiento del equipo posterior a esto con la descarga del material para luego proceder con la entrega y bloqueo del equipo, luego se procede con las demarcaciones de área y comienzo del mantenimiento preventivo que incluyen toda secuencia de los trabajos hasta la culminación del mismo, para estos trabajos anteriormente se tenía planificado 70 horas haciendo el análisis respectivo y secuencia de trabajos en paralelo se ha disminuido a 60 horas, después de culminado la operación del mantenimiento se procede al desbloqueo del equipo, posterior a esto se realizar el Check List de pre operativo para luego ser entregado el equipo al área operativa, quien se encargara de arrancar el equipo para entrar en funcionamiento y producción.

Figura 9. DAP de Cambio de sellos de reductor HPGR



LEYENDA			
OPERACIONES	SOMBOLO	NUMERO	TIEMPO
ESPERA		4	2 H
OPERACIÓN		4	1.5 H
INSPECCION		1	0.5 H
ORDEN		1	5 H
SALIDA		1	0.5 H

Se observó el diagrama de mantenimiento del cambio de sellos del reductor HPGR DAP, se inicia con el requerimiento del equipo posterior a esto la entrega y bloqueo del equipo para luego proceder con la demarcación del área y comienzo del mantenimiento preventivo que incluyen toda secuencia de los trabajos hasta la culminación del mismo, después de culminado el cambio de sellos del reductor se procede a la instalación de las guardas de protección, realización del Check List pre operacional y posterior desbloqueo del equipo, para luego ser entregado al área operativa para su posterior arranque y prueba de equipo, para luego entrar en funcionamiento y producción.

3.7.2.3. Situación actual de la Empresa

La compañía cuenta con un plan de mantenimiento estructurado ya implementado basado en la producción segura, que es uno de sus pilares fundamentales dentro de su operaciones desde ya hace 5 años en que se puso en operaciones la concentradora 2 en SMCV, después de iniciada la operación en el área del circuito de chancado terciario donde están ubicados los equipos de rodillos de molienda de alta presión, se tienen deficiencia en el cumplimiento de los mantenimientos preventivos, autónomo y planificado, los motivos principales para no cumplirse con

esto eran las detenciones inesperadas por atoros en Hoppers por falta de inspecciones y limpiezas, detenciones por altas temperaturas en rodamientos en motores eléctricos y en rodamientos de rodillos, lo que hacía que en oportunidades los equipo designados a mantenimiento preventivos o planificados no sean entregados por el área de operaciones en el tiempo establecido dado a la falta de disponibilidad de equipos en operación para el cumplimiento de los KPIs del área de producción, por intermedio de las herramientas de Ishikawa y Pareto se determinaron siete causas que son el 80% que originan detenciones en estos equipos, pero de las cuales se encontraron tres mayores causas que tiene mayor relevancia en estas detenciones que fueron evaluados dentro del mes de septiembres entre los 30 días que se realizó el seguimiento de las detenciones, los trabajos programados- ejecutados, las horas disponibles de trabajo y el cumplimiento de las ordenes planificadas para el mantenimiento.

Por estas causas se desea mejorar la disponibilidad y el rendimiento de estos equipos en el área del circuito de chancado terciario de SMCV, aplicando la metodología del TPM en las siguientes dimensiones:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Autónomo
- Mantenimiento planificado

Esta investigación traerá beneficios para la compañía, en el aumento del OEE en las dos dimensiones:

- Disponibilidad
- Rendimiento.

Realizándose los cálculos según la recolección de datos tanto para la variable dependiente como la independiente, se obtuvieron los siguientes resultados antes de la mejora.

3.7.3. Evaluación de los indicadores del mantenimiento preventivo total antes de la mejora

Tabla 3. Resultado de mantenimiento preventivo, autónomo y planificado antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE				INDICADORES: DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO HPGR LINEA 1 Y 2 C2 PREVENTIVO, AUTONOMO Y PLANIFICADO							RUBRO MINERIA
MES	Día	N° Manto. Preventivo ejecutado	N° Manto. Preventivo Programado	Índice de Manto. Preventivo	Inspecciones/Limpieza realizadas	Inspecciones/Limpiezas programadas	Mantenimiento Autónomo	Mantenimiento planificado ejecutado	Mantenimiento planificado Programado	Mantenimiento Planificado	
SEPTIEMBRE	1/09/2020	7	10	70%	7	8	88%	10	16	63%	
	2/09/2020	8	10	80%	6	8	75%	11	14	79%	
	3/09/2020	3	4	75%	5	8	63%	3	4	75%	
	4/09/2020	5	6	83%	7	8	88%	5	6	83%	
	5/09/2020	8	12	67%	4	8	50%	4	5	80%	
	6/09/2020	8	10	80%	5	8	63%	8	12	67%	
	7/09/2020	3	5	60%	4	8	50%	3	5	60%	
	8/09/2020	8	12	67%	4	8	50%	8	15	53%	
	9/09/2020	6	8	75%	6	8	75%	6	8	75%	
	10/09/2020	2	4	50%	6	8	75%	3	5	60%	
	11/09/2020	16	18	89%	7	8	88%	17	20	85%	
	12/09/2020	1	1	100%	6	8	75%	2	2	100%	
	13/09/2020	1	1	100%	7	8	88%	1	2	50%	
	14/09/2020	5	6	83%	6	8	75%	5	6	83%	
	15/09/2020	6	8	75%	4	8	50%	6	8	75%	
	16/09/2020	5	7	71%	6	8	75%	5	7	71%	
	17/09/2020	3	4	75%	8	8	100%	3	4	75%	
	18/09/2020	4	5	80%	7	8	88%	4	5	80%	
	19/09/2020	2	2	100%	6	8	75%	2	3	67%	
	20/09/2020	1	1	100%	4	8	50%	1	1	100%	
	21/09/2020	6	8	75%	5	8	63%	8	10	80%	
	22/09/2020	4	4	100%	8	8	100%	4	5	80%	
	23/09/2020	1	1	100%	7	8	88%	1	1	100%	
	24/09/2020	1	1	100%	8	8	100%	1	2	50%	
	25/09/2020	4	5	80%	4	8	50%	4	6	67%	
	26/09/2020	4	5	80%	4	8	50%	4	5	80%	
	27/09/2020	2	2	100%	4	8	50%	2	2	100%	
	28/09/2020	7	10	70%	6	8	75%	7	12	58%	
	29/09/2020	5	5	100%	4	8	50%	5	6	83%	
	30/09/2020	32	40	80%	6	8	75%	32	45	71%	
PROMEDIO				82%			71%			75%	

Se obtuvo los resultados de las dimensiones del TPM y se obtienen los siguientes promedios de los indicadores para este estudio en una tasa de cumplimiento en el mantenimiento preventivo de 82%, el mantenimiento autónomo en un 71% y el mantenimiento planificado en una tasa de cumplimiento del 75%, antes de utilizar la metodología del mantenimiento productivo total (TPM) promedios y porcentajes bajos respecto a lo deseado que es lo que se requiere mejorar con la metodología.

VARIABLE INDEPENDIENTE: TPM

PRIMERA DIMENSIÓN: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los datos obtenidos para el muestreo y procesamiento de dicho indicador se han obtenido a partir del software SAP ERP que se maneja en la Empresa, de donde después de haberse hecho un análisis del indicador en el periodo del mes 01mes periodo de análisis se ha obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4. Resultados de mantenimiento preventivo antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE				RUBRO MINERIA
INDICADOR: MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
FORMULA: $T.C.M.P=(N.M.P.E.)/(N.M.P.P.)x100\%$				
MES	Día	N° Manto. Preventivo ejecutado	N° Manto. Preventivo Programado	Índice de Manto. Preventivo
SEPTIEMBRE	1/09/2020	7	10	70%
	2/09/2020	8	10	80%
	3/09/2020	3	4	75%
	4/09/2020	5	6	83%
	5/09/2020	8	12	67%
	6/09/2020	8	10	80%
	7/09/2020	3	5	60%
	8/09/2020	8	12	67%
	9/09/2020	6	8	75%
	10/09/2020	2	4	50%
	11/09/2020	16	18	89%
	12/09/2020	1	1	100%
	13/09/2020	1	1	100%
	14/09/2020	5	6	83%
	15/09/2020	6	8	75%
	16/09/2020	5	7	71%
	17/09/2020	3	4	75%
	18/09/2020	4	5	80%
	19/09/2020	2	2	100%
	20/09/2020	1	1	100%
	21/09/2020	6	8	75%
	22/09/2020	4	4	100%
	23/09/2020	1	1	100%
	24/09/2020	1	1	100%
	25/09/2020	4	5	80%
	26/09/2020	4	5	80%
	27/09/2020	2	2	100%
	28/09/2020	7	10	70%
	29/09/2020	5	5	100%
	30/09/2020	32	40	80%
			PROMEDIO	82%

De acuerdo al análisis de este indicador en el mes de septiembre periodo de análisis se observa que se tuvo una tasa de cumplimiento del 82% en promedio en lo que respecta al mantenimiento preventivo que significa que el cumplimiento de lo programado está por debajo de lo esperado en la ejecución de las actividades de carácter preventivo, que se tiene que mejorar con la metodología del TPM, se analizó que las entregas de los equipos por la parte del área operativa no se daban en el tiempo planificado, por restricciones en otros equipos por temperaturas altas en rodamientos tantos en rodillos como en motores eléctricos, lo que hacía que se posterguen las entregas de equipos para su mantenimiento preventivo.

SEGUNDA DIMENSIÓN: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Los datos de este indicador se han obtenido del área de planificación de SMCV, en el periodo del mes de septiembre periodo de análisis, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 5. Resultados del mantenimiento autónomo antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MIENRA CERRO VERDE				RUBRO MINERIA
INDICADOR: MANTENIMIENTO AUTONOMO				
FORMULA: $I.I.E = (I.M.R) / (I.M.N.R) \times 100\%$				
MES	Día	Inspecciones/Limpieza realizadas	Inspecciones/Limpiezas programadas	Mantenimiento Autónomo
SEPTIEMBRE	1/09/2020	7	8	88%
	2/09/2020	6	8	75%
	3/09/2020	5	8	63%
	4/09/2020	7	8	88%
	5/09/2020	4	8	50%
	6/09/2020	5	8	63%
	7/09/2020	4	8	50%
	8/09/2020	4	8	50%
	9/09/2020	6	8	75%
	10/09/2020	6	8	75%
	11/09/2020	7	8	88%
	12/09/2020	6	8	75%
	13/09/2020	7	8	88%
	14/09/2020	6	8	75%
	15/09/2020	4	8	50%
	16/09/2020	6	8	75%
	17/09/2020	8	8	100%
	18/09/2020	7	8	88%
	19/09/2020	6	8	75%
	20/09/2020	4	8	50%
	21/09/2020	5	8	63%
	22/09/2020	8	8	100%
	23/09/2020	7	8	88%
	24/09/2020	8	8	100%
	25/09/2020	4	8	50%
	26/09/2020	4	8	50%
	27/09/2020	4	8	50%
	28/09/2020	6	8	75%
	29/09/2020	4	8	50%
	30/09/2020	6	8	75%
			PROMEDIO	71%

De acuerdo al análisis realizado para este indicador se tiene en promedio un 71% lo que quiere decir que no se está cumpliendo con lo deseado en lo que respecta a inspecciones y limpiezas, que es muy importante el cumplimiento para disminuir las detenciones imprevistas dentro de las operaciones de estos equipos él no cumplir significa que en cualquier momento se podría tener detenciones inesperadas por atoros, lo que involucraría que trabajos programados para mantenimientos no sean ejecutados en el tiempo y en la hora prevista, que es lo que se desea mejorar con la metodología de la gestión del TPM.

TERCERA DIMENSIÓN: MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Los datos obtenidos para el muestreo y procesamiento de dicho indicador se han obtenido a partir del software SAP ERP del mes de septiembre periodo de análisis y se obtuvieron los siguientes resultados (Ver ANEXO N°09).

Tabla 6. Resultados del mantenimiento planificado antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE				RUBRO MINERIA
INDICADOR: MANTENIMIENTO PLANIFICADO				
FORMULA: $M.P. = (M.P.R) / (N.T.M.P) \times 100\%$				
MES	Día	Mantenimiento planificado ejecutado	Mantenimiento planificado Programado	Mantenimiento Planificado
SEPTIEMBRE	1/09/2020	10	16	63%
	2/09/2020	11	14	79%
	3/09/2020	3	4	75%
	4/09/2020	5	6	83%
	5/09/2020	4	5	80%
	6/09/2020	8	12	67%
	7/09/2020	3	5	60%
	8/09/2020	8	15	53%
	9/09/2020	6	8	75%
	10/09/2020	3	5	60%
	11/09/2020	17	20	85%
	12/09/2020	2	2	100%
	13/09/2020	1	2	50%
	14/09/2020	5	6	83%
	15/09/2020	6	8	75%
	16/09/2020	5	7	71%
	17/09/2020	3	4	75%
	18/09/2020	4	5	80%
	19/09/2020	2	3	67%
	20/09/2020	1	1	100%
	21/09/2020	8	10	80%
	22/09/2020	4	5	80%
	23/09/2020	1	1	100%
	24/09/2020	1	2	50%
	25/09/2020	4	6	67%
	26/09/2020	4	5	80%
	27/09/2020	2	2	100%
	28/09/2020	7	12	58%
	29/09/2020	5	6	83%
	30/09/2020	32	45	71%
			PROMEDIO	75%

De acuerdo al análisis realizado se obtuvo en el mantenimiento planificado un promedio de 75% de cumplimiento, que quiere decir que se está por lo debajo de los estándares de cumplimiento, que es lo que se desea mejorar con la implementación de la metodología del TPM.

Tabla 7. Resultados del TPM antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE						
		RESULTADOS DEL TPM			RUBRO MINERIA	
MES	Día	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Autónomo	Mantenimiento Planificado	Índice Diario	TPM del mes SEPTIEMBRE
SEPTIEMBRE	1/09/2020	70%	88%	63%	73%	76.15%
	2/09/2020	80%	75%	79%	78%	
	3/09/2020	75%	63%	75%	71%	
	4/09/2020	83%	88%	83%	85%	
	5/09/2020	67%	50%	80%	66%	
	6/09/2020	80%	63%	67%	70%	
	7/09/2020	60%	50%	60%	57%	
	8/09/2020	67%	50%	53%	57%	
	9/09/2020	75%	75%	75%	75%	
	10/09/2020	50%	75%	60%	62%	
	11/09/2020	89%	88%	85%	87%	
	12/09/2020	100%	75%	100%	92%	
	13/09/2020	100%	88%	50%	79%	
	14/09/2020	83%	75%	83%	81%	
	15/09/2020	75%	50%	75%	67%	
	16/09/2020	71%	75%	71%	73%	
	17/09/2020	75%	100%	75%	83%	
	18/09/2020	80%	88%	80%	83%	
	19/09/2020	100%	75%	67%	81%	
	20/09/2020	100%	50%	100%	83%	
	21/09/2020	75%	63%	80%	73%	
	22/09/2020	100%	100%	80%	93%	
	23/09/2020	100%	88%	100%	96%	
	24/09/2020	100%	100%	50%	83%	
	25/09/2020	80%	50%	67%	66%	
	26/09/2020	80%	50%	80%	70%	
	27/09/2020	100%	50%	100%	83%	
	28/09/2020	70%	75%	58%	68%	
	29/09/2020	100%	50%	83%	78%	
	30/09/2020	80%	75%	71%	75%	
PROMEDIO		82%	71%	75%		

Según el análisis realizado en el mes de septiembre antes de la mejora se obtuvo un promedio de 76.15%, muy por debajo de los intereses de los estándares de cumplimiento de la compañía, antes del uso de la metodología del TPM que es que se desea mejorar.

3.7.4. Evaluación de indicadores de la eficiencia global de los equipos antes de la mejora

VARIABLE DEPENDIENTE: OEE

Para este estudio en particular en la variable dependiente se consideró dos dimensiones:

- Disponibilidad
- Rendimiento

Evaluación de los indicadores del OEE antes de la aplicación de la mejora.

Tabla 8. Resultados de disponibilidad y rendimiento antes de la mejora

				INDICADORES: OEE MES SEPTIEMBRE			RUBRO MINERIA	
MES	Día	Horas totales	Detenciones	Disponibilidad	Producción Real (tn/día)	Tiempo disponible para producir (Hr)	Velocidad de producción	Rendimiento
		H.T	H.P.D		P.R	T.D.P	V.P (t/h)	
		SEPTIEMBRE	1/11/2020		24	6.40	73%	
2/11/2020	24		12.00	50%	469445.64	192	2500	98%
3/11/2020	24		6.00	75%	459958.057	192	2500	96%
4/11/2020	24		5.60	77%	401771.05	192	2500	84%
5/11/2020	24		12	50%	386181.366	192	2500	80%
6/11/2020	24		12	50%	413363.633	192	2500	86%
7/11/2020	24		16	33%	411279.698	192	2500	86%
8/11/2020	24		4	83%	465579.95	192	2500	97%
9/11/2020	24		1.5	94%	478994.428	192	2500	100%
10/11/2020	24		4	83%	474500.374	192	2500	99%
11/11/2020	24		12	50%	402799.703	192	2500	84%
12/11/2020	24		14.43	40%	461133.826	192	2500	96%
13/11/2020	24		1.8	93%	428227.495	192	2500	89%
14/11/2020	24		18	25%	471108.052	192	2500	98%
15/11/2020	24		16	33%	422112.502	192	2500	88%
16/11/2020	24		4	83%	409192.387	192	2500	85%
17/11/2020	24		6	75%	452628.593	192	2500	94%
18/11/2020	24		1.5	94%	425478.236	192	2500	89%
19/11/2020	24		9.6	60%	442336.723	192	2500	92%
20/11/2020	24		2	92%	413486.867	192	2500	86%
21/11/2020	24		6	75%	275486.654	192	2500	57%
22/11/2020	24		1.5	94%	258999.218	192	2500	54%
23/11/2020	24		1	96%	230094.061	192	2500	48%
24/11/2020	24		1.5	94%	376795.496	192	2500	78%
25/11/2020	24		9.6	60%	426636.844	192	2500	89%
26/11/2020	24		2	92%	454200.994	192	2500	95%
27/11/2020	24		2.75	89%	346531.545	192	2500	72%
28/11/2020	24		3.5	85%	276024.221	192	2500	58%
29/11/2020	24		22	8%	300442.255	192	2500	63%
30/11/2020	24		16	33%	413573.094	192	2500	86%
PROMEDIO				68%				83.8%

Se obtienen los resultados del OEE en sus indicadores de disponibilidad y rendimiento antes de la mejora, teniendo como resultado una disponibilidad en un promedio de 68% y el rendimiento en un 83.8%, según los datos e información recolectados en los 30 días del mes de septiembre, donde se notan porcentajes de estos indicadores muy bajos más que todo en el indicador de disponibilidad que es lo que se desea mejorar con la implementación de la metodología del TPM.

PRIMERA DIMENSIÓN: DISPONIBILIDAD

Para poder obtener los datos de este indicador estos fueron solicitados al área de monitoreo de condiciones de SMCV, que constan de las horas de detenciones durante del mes de septiembre mes de análisis, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9. Resultado del indicador de disponibilidad antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE				RUBRO MINERIA
INDICADOR: DISPONIBILIDAD				
FORMULA: $DI = ((H.T - H.P.D) / (H.T)) \times 100\%$				
MES	Día	Horas totales	Detenciones	Disponibilidad
		H.T	H.P.D	
SEPTIEMBRE	1/09/2020	24	6.40	73%
	2/09/2020	24	12.00	50%
	3/09/2020	24	6.00	75%
	4/09/2020	24	5.60	77%
	5/09/2020	24	12.00	50%
	6/09/2020	24	12.00	50%
	7/09/2020	24	16.00	33%
	8/09/2020	24	4.00	83%
	9/09/2020	24	1.50	94%
	10/09/2020	24	4.00	83%
	11/09/2020	24	12.00	50%
	12/09/2020	24	14.43	40%
	13/09/2020	24	1.80	93%
	14/09/2020	24	18.00	25%
	15/09/2020	24	16.00	33%
	16/09/2020	24	4.00	83%
	17/09/2020	24	6.00	75%
	18/09/2020	24	1.50	94%
	19/09/2020	24	9.60	60%
	20/09/2020	24	2.00	92%
	21/09/2020	24	6.00	75%
	22/09/2020	24	1.50	94%
	23/09/2020	24	1.00	96%
	24/09/2020	24	1.50	94%
	25/09/2020	24	9.60	60%
	26/09/2020	24	2.00	92%
	27/09/2020	24	2.75	89%
	28/09/2020	24	3.50	85%
	29/09/2020	24	22.00	8%
	30/09/2020	24	16.00	33%
			PROMEDIO	68%

Según lo analizado en la Tabla 9 se obtuvo un resultado en promedio de 68% para el indicador de disponibilidad promedio muy por debajo para los intereses de la compañía, que fueron analizados en el mes de septiembre antes de la aplicación de la metodología del TPM.

SEGUNDA DIMENSIÓN: RENDIMIENTO

Para poder contar con los datos de este indicador, estos han sido obtenidos del área de monitoreo de condiciones y realizando los cálculos

de producción con los valores nominales del equipo, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 10. Resultado del indicador de rendimiento antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE					RUBRO MINERIA
INDICADOR: RENDIMIENTO					
FORMULA: $RE = ((P.R.) / (T.P. \times V.P.)) \times 100\%$					
MES	Día	Producción Real (tn/día)	Tiempo disponible para producir (Hr)	Velocidad de producción	Rendimiento
		P.R	T:P	V.P (t/h)	
SEPTIEMBRE	1/09/2020	423175.518	192	2500	88.2%
	2/09/2020	469445.64	192	2500	97.8%
	3/09/2020	459958.057	192	2500	95.8%
	4/09/2020	401771.05	192	2500	83.7%
	5/09/2020	386181.366	192	2500	80.5%
	6/09/2020	413363.633	192	2500	86.1%
	7/09/2020	411279.698	192	2500	85.7%
	8/09/2020	465579.95	192	2500	97.0%
	9/09/2020	478994.428	192	2500	99.8%
	10/09/2020	474500.374	192	2500	98.9%
	11/09/2020	402799.703	192	2500	83.9%
	12/09/2020	461133.826	192	2500	96.1%
	13/09/2020	428227.495	192	2500	89.2%
	14/09/2020	471108.052	192	2500	98.1%
	15/09/2020	422112.502	192	2500	87.9%
	16/09/2020	409192.387	192	2500	85.2%
	17/09/2020	452628.593	192	2500	94.3%
	18/09/2020	425478.236	192	2500	88.6%
	19/09/2020	442336.723	192	2500	92.2%
	20/09/2020	413486.867	192	2500	86.1%
	21/09/2020	275486.654	192	2500	57.4%
	22/09/2020	258999.218	192	2500	54.0%
	23/09/2020	230094.061	192	2500	47.9%
	24/09/2020	376795.496	192	2500	78.5%
	25/09/2020	426636.844	192	2500	88.9%
	26/09/2020	454200.994	192	2500	94.6%
	27/09/2020	346531.545	192	2500	72.2%
	28/09/2020	276024.221	192	2500	57.5%
	29/09/2020	300442.255	192	2500	62.6%
	30/09/2020	413573.094	192	2500	86.2%
				PROMEDIO	83.8%

De acuerdo al análisis en la Tabla 10 hecho para este indicador de rendimiento nos muestra un promedio de 83.8%, el análisis fue hecho en el mes de septiembre del 2020, lo que indica que se tiene una disponibilidad baja no deseada de acuerdo a las metas e intereses de la compañía, pero esto es posible ir mejorando con la metodología del TPM.

Tabla 11. Resultado del promedio del OEE en sus indicadores de disponibilidad y rendimiento antes de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE					
MES	Día	RESULTADOS DEL OEE			RUBRO MINERIA
		DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	Índice Diario	OEE del mes SEPTIEMBRE
SEPTIEMBRE	1/09/2020	73%	88%	81%	75.90%
	2/09/2020	50%	98%	74%	
	3/09/2020	75%	96%	85%	
	4/09/2020	77%	84%	80%	
	5/09/2020	50%	80%	65%	
	6/09/2020	50%	86%	68%	
	7/09/2020	33%	86%	60%	
	8/09/2020	83%	97%	90%	
	9/09/2020	94%	100%	97%	
	10/09/2020	83%	99%	91%	
	11/09/2020	50%	84%	67%	
	12/09/2020	40%	96%	68%	
	13/09/2020	93%	89%	91%	
	14/09/2020	25%	98%	62%	
	15/09/2020	33%	88%	61%	
	16/09/2020	83%	85%	84%	
	17/09/2020	75%	94%	85%	
	18/09/2020	94%	89%	91%	
	19/09/2020	60%	92%	76%	
	20/09/2020	92%	86%	89%	
	21/09/2020	75%	57%	66%	
	22/09/2020	94%	54%	74%	
	23/09/2020	96%	48%	72%	
	24/09/2020	94%	78%	86%	
	25/09/2020	60%	89%	74%	
	26/09/2020	92%	95%	93%	
	27/09/2020	89%	72%	80%	
	28/09/2020	85%	58%	71%	
	29/09/2020	8%	63%	35%	
	30/09/2020	33%	86%	60%	
PROMEDIO		68%	84%		

En la tabla de resultados del OEE se obtuvo una disponibilidad de los equipos de rodillos de molienda de alta presión en un 68%, y un rendimiento de 84%, en conclusión, se tuvo un promedio de 75.90% en el OEE en el mes de septiembre, mes de análisis, siendo esto muy por debajo de los estándares esperados por la empresa que se desea mejorar con la metodología del TPM.

3.7.5. Propuesta de la mejora

Dada esta situación de análisis y estudio que involucraban múltiples detenciones en los equipos y por ende los tiempos en los rodillos de alta presión, en primer lugar se realizó el diagrama de flujo de los mantenimientos preventivos de los rodillos de molienda de alta presión y cambios de sellos de reductores mencionados anteriormente, con el fin de identificar los procesos en los que están involucradas todas las áreas y tener bien en claro las actividades en las que están inmersas con el fin de disminuir los tiempos de atención por parte de cada una de ellas, con la finalidad de eliminar tiempos muertos y cumplir con lo planificado, así como también realizar el diagrama de actividades del proceso con la finalidad de tener en claro los tiempos destinados para cada actividad, adicional a esto, se analizó y evaluó las temperaturas de los rodamientos tanto en motores eléctricos como en rodillos, atoros en Hopper ya que estos son los limitantes por sus detenciones inesperadas, para la entrega de los equipos por parte del área operativa para los mantenimientos planificados.

Como parte de la mejora se tiene que hacer lo siguiente:

- Difundir los procedimientos de trabajo a la empresa contratista que realizara el servicio, para tener en claro las actividades a realizar y evaluar la realización de trabajos en paralelo con la finalidad de disminuir los tiempos del mantenimiento preventivo que están por encima de las 70 horas.
- Realizar el Check List de operatividad de las herramientas de trabajo antes de inicio de la tarea, ya que estas deben de estar operativas para iniciar la tarea sin dificultades y demoras.
- Protocolos de armado de motores eléctricos en su reparación (pruebas de balanceo), para disminuir detenciones de los equipos por altas temperaturas en rodamientos
- Cumplimiento de los Check List de operatividad de equipo
- Realizar el recalcu de frecuencias de engrase de ME, y verificación de resistencia de temperatura del lubricante.

- Modificar valores de alarma y trip en DCS, PI Visión, Proces Book para alertar a operador de sala de control de 90C° a 95C° en Hi y de 95C° a 100C° en HiHi, y realizar el cambio de límites de temperaturas en los rodamientos de motores eléctricos en base a lo establecido en la hoja técnica del lubricante con la finalidad de que no se detengan los equipos y sigan en operación.
- Cambio de prioridad de 3 a prioridad 1 en las OM de inspecciones y limpiezas de Hopper para disminuir detenciones inesperadas por atoros que hacen que demanden mayor tiempo en su atención.

Todo esto con la finalidad de disminuir los tiempos tanto en los mantenimientos preventivos, cabe mencionar que en cada mes de los 8 equipos se tendrá una detención programada de unos de estos para su mantenimiento preventivo por esta razón se desea que la disminución de tiempos por detenciones no programadas y que la entrega de equipos para el mantenimiento planificado y preventivo se dé en el día y hora planificada por parte del área de operaciones.

Implementación de la propuesta de mejora

El objetivo principal de esta metodología es incrementar la eficacia global de los equipos de rodillos de molienda de alta presión en sus dos dimensiones disponibilidad y rendimiento, y se desea disminuir las detenciones no planificadas

Resultados de la implementación de la mejora.

3.7.6. Evaluación después de aplicación de la metodología del TPM

Tabla 12. Resultados de mantenimiento preventivo, autónomo y planificado después de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE				INDICADORES: DE LA GESTION MANTENIMIENTO HPGR LINEA 1 Y 2 C2 PREVENTIVO, AUTONOMO Y PLANIFICADO				RUBRO MINERIA		
MES	Día	N° Manto. Preventivo ejecutado	N° Manto. Preventivo Programado	Índice de Manto. Preventivo	Inspecciones/ Limpieza realizadas	Inspecciones /Limpieza programadas	Mantenimiento Autónomo	Mantenimiento planificado ejecutado	Mantenimiento planificado Programado	Mantenimiento Planificado
NOVIEMBRE	1/09/2020	3	3	100%	8	8	100.0%	3	4	75%
	2/09/2020	2	2	100%	8	8	100.0%	3	3	100%
	3/09/2020	5	5	100%	8	8	100.0%	5	6	83%
	4/09/2020	5	6	83%	4	8	50.0%	10	10	100%
	5/09/2020	3	3	100%	6	8	75.0%	7	7	100%
	6/09/2020	5	5	100%	8	8	100.0%	8	9	89%
	7/09/2020	1	1	100%	8	8	100.0%	3	3	100%
	8/09/2020	2	2	100%	8	8	100.0%	12	15	80%
	9/09/2020	3	3	100%	8	8	100.0%	5	5	100%
	10/09/2020	1	1	100%	8	8	100.0%	1	1	100%
	11/09/2020	2	2	100%	4	8	50.0%	3	3	100%
	12/09/2020	4	4	100%	8	8	100.0%	9	10	90%
	13/09/2020	3	3	100%	4	8	50.0%	6	8	75%
	14/09/2020	4	4	100%	8	8	100.0%	8	10	80%
	15/09/2020	1	1	100%	8	8	100.0%	2	2	100%
	16/09/2020	1	1	100%	8	8	100.0%	1	1	100%
	17/09/2020	5	5	100%	8	8	100.0%	7	7	100%
	18/09/2020	1	1	100%	8	8	100.0%	7	7	100%
	19/09/2020	2	2	100%	8	8	100.0%	2	2	100%
	20/09/2020	1	2	50%	8	8	100.0%	9	9	100%
	21/09/2020	4	5	80%	8	8	100.0%	8	8	100%
	22/09/2020	2	3	67%	8	8	100.0%	5	5	100%
	23/09/2020	5	5	100%	8	8	100.0%	9	10	90%
	24/09/2020	2	2	100%	8	8	100.0%	2	2	100%
	25/09/2020	2	2	100%	4	8	50.0%	2	2	100%
	26/09/2020	1	2	50%	8	8	100.0%	2	3	67%
	27/09/2020	6	6	100%	8	8	100.0%	12	16	75%
	28/09/2020	4	4	100%	6	8	75.0%	6	6	100%
	29/09/2020	2	2	100%	6	8	75.0%	3	4	75%
	30/09/2020	17	17	100%	6	8	75.0%	17	19	89%
PROMEDIO				94%			90.0%			92%

En la Tabla 12 se tienen los resultados del mantenimiento preventivo, autónomo y planificado, después de aplicar la metodología del TPM, la información recolectada pertenece a los 30 días del mes de noviembre del año 2020 logrando un promedio significativo respecto al periodo anterior en los tres mantenimientos, lo que corrobora que dichas herramientas del TPM mejoro el área de mantenimiento en el circuito de chancado terciario de las líneas 1 y 2 donde están ubicados los rodillos de molienda de alta presión.

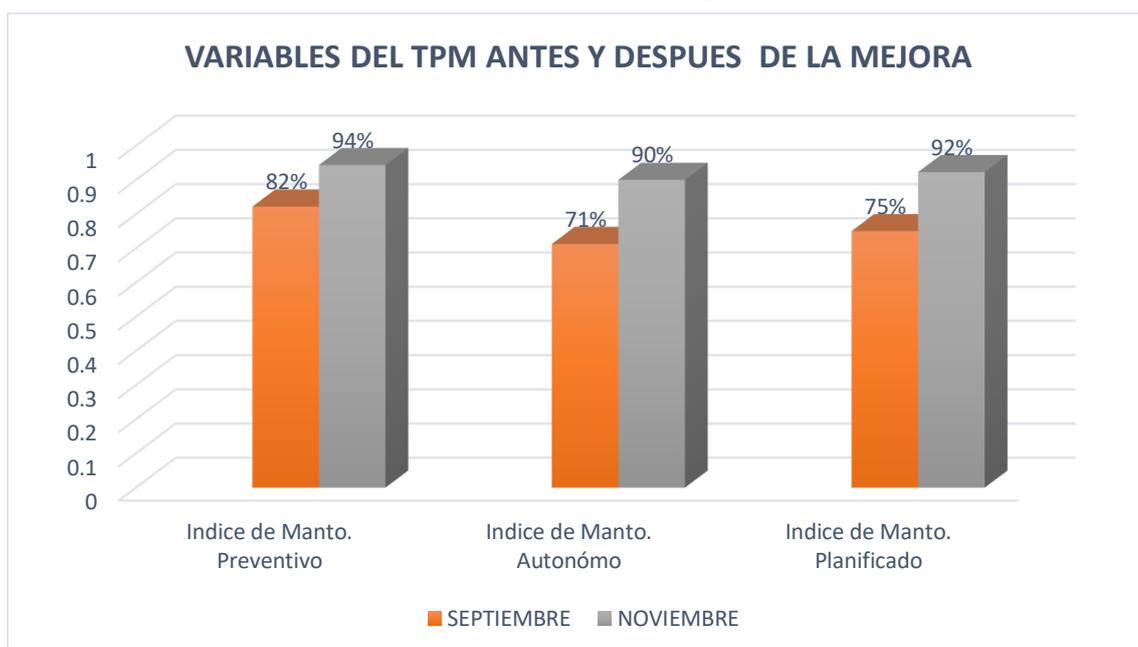
Tabla 13. Resultado promedio del TPM después de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE						
		RESULTADOS DEL TPM			RUBRO MINERIA	
MES	Día	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Autónomo	Mantenimiento Planificado	Índice Diario	PROMEDIO TPM del mes Noviembre
NOVIEMBRE	1/09/2020	100%	100%	75%	92%	92.20%
	2/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	3/09/2020	100%	100%	83%	94%	
	4/09/2020	83%	50%	100%	78%	
	5/09/2020	100%	75%	100%	92%	
	6/09/2020	100%	100%	89%	96%	
	7/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	8/09/2020	100%	100%	80%	93%	
	9/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	10/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	11/09/2020	100%	50%	100%	83%	
	12/09/2020	100%	100%	90%	97%	
	13/09/2020	100%	50%	75%	75%	
	14/09/2020	100%	100%	80%	93%	
	15/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	16/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	17/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	18/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	19/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	20/09/2020	50%	100%	100%	83%	
	21/09/2020	80%	100%	100%	93%	
	22/09/2020	67%	100%	100%	89%	
	23/09/2020	100%	100%	90%	97%	
	24/09/2020	100%	100%	100%	100%	
	25/09/2020	100%	50%	100%	83%	
	26/09/2020	50%	100%	67%	72%	
	27/09/2020	100%	100%	75%	92%	
	28/09/2020	100%	75%	100%	92%	
	29/09/2020	100%	75%	75%	83%	
	30/09/2020	100%	75%	89%	88%	
PROMEDIO		94%	90%	92%		

En la Tabla 13, se demuestra que en el mantenimiento preventivo se ha alcanzado un cumplimiento de 94% demostrando que ha habido una reducción significativa en los tiempos de ejecución del mantenimiento pasando de 70 horas anteriormente a 60 horas en la actualidad, en lo que respecta al mantenimiento autónomo se logró un 90% esto demuestra que las inspecciones y limpiezas en Hopper y chutes mejorando el resultado requerido y en el indicador del mantenimiento planificado se logró un 92%, este resultado demuestra el cumplimiento de los órdenes de mantenimiento en su mayoría ejecutadas durante el día, que van progresivamente mejorando de acuerdo a la entrega de los equipos por parte del área operativa en la fecha y hora que está programada la ejecución de los trabajos por el área de planificación.

En conclusión, se obtuvo un porcentaje de 92.2% en el mes de noviembre mes de la implementación, siendo este un porcentaje alto y beneficioso para los intereses de la empresa, en promedio se obtuvo una mejora de 16.05% en comparación a los datos en lo que respecta al mes de septiembre.

Figura 10. Resultados comparativos del TPM antes y después de la mejora



En el Figura 10 se muestra los resultados comparativos del mes de septiembre antes de la mejora y del mes de noviembre después de la mejora, donde se ve las diferencias en los indicadores, observando la mejora significativa en el mes de noviembre siendo estos resultados muy alentadores y beneficiosos para la empresa.

3.7.7. Evaluación de los indicadores de Eficiencia Global de los equipos después de la mejora.

VARIABLE DEPENDIENTE: OEE

La evaluación después de la mejora fue realizada en el mes de noviembre obteniéndose los siguientes resultados en las dimensiones de: Disponibilidad y Rendimiento.

Para los cálculos del índice de rendimiento, para calcular los datos de la producción real en toneladas diarias, se toma como referencia el valor nominal del equipo (Ver ANEXO N°11).

Tabla 14. Resultados de los indicadores de la eficiencia global de los equipos después de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE				INDICADORES: OEE MES NOVIEMBRE Después de la mejora			RUBRO MINERIA	
MES	Día	Horas totales	Detenciones	Disponibilidad	Producción Real (tn/día)	Tiempo disponible para producir (Hr)	Velocidad de producción	Rendimiento
		H.T	H.P.D		P.R	T:P	V.P (t/h)	
NOVIEMBRE	1/11/2020	24	4.00	83%	459317.47	192	2500	96%
	2/11/2020	24	2.50	90%	446826.65	192	2500	93%
	3/11/2020	24	2.00	92%	416103.74	192	2500	87%
	4/11/2020	24	2.15	91%	472918.42	192	2500	99%
	5/11/2020	24	2.50	90%	471409.33	192	2500	98%
	6/11/2020	24	4.25	82%	462487.44	192	2500	96%
	7/11/2020	24	2.00	92%	474764.35	192	2500	99%
	8/11/2020	24	1.50	94%	465851.23	192	2500	97%
	9/11/2020	24	2.50	90%	418710.61	192	2500	87%
	10/11/2020	24	0.50	98%	437339.77	192	2500	91%
	11/11/2020	24	4.50	81%	294988.67	192	2500	61%
	12/11/2020	24	12.00	50%	465114.54	192	2500	97%
	13/11/2020	24	4.25	82%	427717.44	192	2500	89%
	14/11/2020	24	4.60	81%	464511.95	192	2500	97%
	15/11/2020	24	1.75	93%	409589.75	192	2500	85%
	16/11/2020	24	1.00	96%	450853.13	192	2500	94%
	17/11/2020	24	6.60	73%	466733.35	192	2500	97%
	18/11/2020	24	4.00	83%	458181.06	192	2500	95%
	19/11/2020	24	1.50	94%	463426.82	192	2500	97%
	20/11/2020	24	24.00	0%	476647.24	192	2500	99%
	21/11/2020	24	10.00	58%	453946.66	192	2500	95%
	22/11/2020	24	1.50	94%	438257.30	192	2500	91%
	23/11/2020	24	2.50	90%	447850.26	192	2500	93%
	24/11/2020	24	4.00	83%	452442.56	192	2500	94%
	25/11/2020	24	2.00	92%	306411.35	192	2500	64%
	26/11/2020	24	1.70	93%	310563.46	192	2500	65%
	27/11/2020	24	16.00	33%	422061.88	192	2500	88%
	28/11/2020	24	16.00	33%	407685.61	192	2500	85%
	29/11/2020	24	4.20	83%	475814.98	192	2500	99%
	30/11/2020	24	8.60	64%	471828.15	192	2500	98%
PROMEDIO				78.5%				90.9%

En la Tabla 14, se tuvo un índice de disponibilidad de 78.5% y un índice de rendimiento de 90.9% realizados durante los 30 días del mes de noviembre, lo que corrobora un índice significativo en estos indicadores lo que nos da al hacer la implementación de la metodología del TPM y que nos indica que son importantes para continuar con la mejora del área.

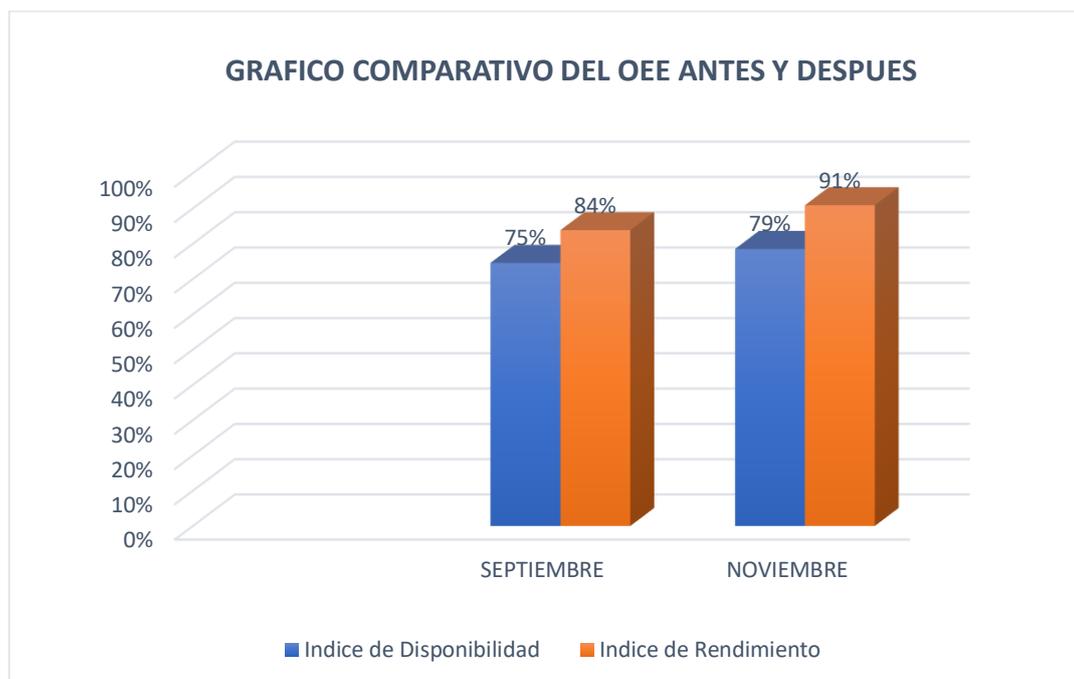
Tabla 15. Resultado del promedio del OEE después de la mejora

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE					
RESULTADOS DEL OEE				RUBRO MINERIA	
MES	Día	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	Promedio Índice Diario OEE	PROMEDIO TOTAL OEE DEL MES
NOVIEMBRE	1/09/2020	83%	96%	90%	84.72%
	2/09/2020	90%	93%	91%	
	3/09/2020	92%	87%	89%	
	4/09/2020	91%	99%	95%	
	5/09/2020	90%	98%	94%	
	6/09/2020	82%	96%	89%	
	7/09/2020	92%	99%	95%	
	8/09/2020	94%	97%	95%	
	9/09/2020	90%	87%	88%	
	10/09/2020	98%	91%	95%	
	11/09/2020	81%	61%	71%	
	12/09/2020	50%	97%	73%	
	13/09/2020	82%	89%	86%	
	14/09/2020	81%	97%	89%	
	15/09/2020	93%	85%	89%	
	16/09/2020	96%	94%	95%	
	17/09/2020	73%	97%	85%	
	18/09/2020	83%	95%	89%	
	19/09/2020	94%	97%	95%	
	20/09/2020	0%	99%	50%	
	21/09/2020	58%	95%	76%	
	22/09/2020	94%	91%	93%	
	23/09/2020	90%	93%	91%	
	24/09/2020	83%	94%	89%	
	25/09/2020	92%	64%	78%	
	26/09/2020	93%	65%	79%	
	27/09/2020	33%	88%	61%	
	28/09/2020	33%	85%	59%	
	29/09/2020	83%	99%	91%	
	30/09/2020	64%	98%	81%	
PROMEDIO		78.5%	90.9%		

En la Tabla 15, se ve que en la disponibilidad de los rodillos de molienda de alta presión se ha llegado a conseguir un porcentaje de 78.5%, por lo que se comprueba que se tiene mayor tiempo de disponibilidad de los equipos en funcionamiento durante el mes, en lo que respecta al rendimiento se alcanzó un porcentaje 90.9% lo que corrobora que a mayor disponibilidad se obtendrá mayor rendimiento en estos equipos.

En conclusión, en el OEE en el mes de noviembre se obtuvo un promedio un 84.72%, siendo este resultado muy beneficioso para los intereses de la compañía

Figura 11. Resultados comparativos del OEE antes y después de la mejora



En la figura N°11, se puede visualizar gráficamente el aumento significativo del antes y el después de la mejora de la eficiencia global de los 8 equipos de rodillos molienda de alta presión, después de la implementación de la metodología del TPM.

Tabla 16. Promedio de la mejora del OEE

CUADRO COMPARATIVO DEL OEE		
MES	Promedio de eficiencia	MEJORA
Septiembre	75.9%	8.8%
Noviembre	84.7%	

En la Tabla N°16 del cuadro comparativo del OEE, se llega a la conclusión que después de la implementación de la metodología del TPM, se tiene como resultado una eficiencia global en los equipos de rodillos de molienda de alta presión en promedio de 8.8% en comparación al mes de septiembre.

IV. RESULTADOS

Descripción y explicación de las mejoras del proyecto

Como parte de la mejora en la implementación del mantenimiento productivo total, para lograr la eficiencia en los rodillos de molienda de alta presión en las líneas 1 y 2 de la concentradora 2 en SMCV se hizo lo siguiente:

Para los mantenimientos preventivos de los cuales se tiene planificado un equipo por cada mes se dispuso que todas las empresas contratistas que sean asignados el servicio de cambio de rodillos de HPGR, antes de iniciar la actividad se tiene que difundir los procedimientos de trabajo dado a la gran demanda de personal contratista estas tienen en sus grupos de trabajo personal nuevo y sin experiencia (Ver ANEXO N°16).

Desde ahora en adelante se realizará un Check List de los equipos y herramientas hidráulicas con la finalidad de que estas no tengan fallas y defectos durante la ejecución del retiro de rodillos ya que estas ocasionaban desperfectos inoportunos durante la realización de la actividad (Ver ANEXO N°18).

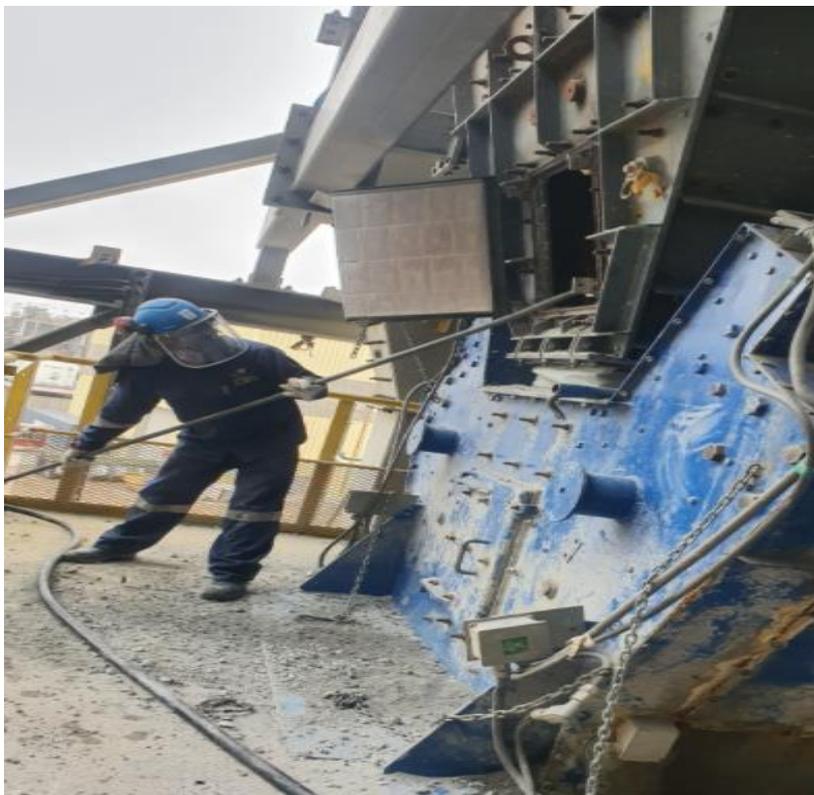
En los mantenimientos preventivos se ejecutó el Gantt del cambio de rodillos y se evaluó algunas actividades que desde ahora en adelante se podrán hacer en paralelo y no en serie como se estaban realizando anteriormente, con esta implementación se logró disminuir de 70 a 60 horas el mantenimiento y cambio de rodillos de molienda de alta presión (Ver ANEXO N°07 y 08)

En el agua de refrigeración de los intercambiadores de calor y de líneas de refrigeración de rodamientos de rodillos se cambiaron las líneas de agua del proceso por agua fresca tratada, esto se realizó en los ocho equipos de la planta concentradora 2, para disminuir el encalichamiento de las tuberías y conductos de los ejes del rodamiento logrando así considerablemente la disminución en las temperaturas de los rodamientos de rodillos (Ver ANEXO N°20).

Se realiza la limpieza e inspección de los chutes y Hopper de los rodillos de molienda de alta presión diariamente, para esto se tuvo una reunión con las áreas involucradas tanto mantenimiento como producción para atender como prioridad uno estas inspecciones y limpiezas dado que las detenciones del equipo por estos atoros eran muy frecuentes, para esto se dispuso que el personal que realice la limpieza cuente con el EPP adecuado para esta actividad, ya que se implementaron

lanzas que con presión de aire para retirar el mineral acumulado, con esto se disminuyó considerablemente las detenciones intempestivas de los equipos por atoros.

Figura 12. Limpieza de Hopper de rodillos de molienda de alta presión



Se modificaron los valores de alarma y trip en DCS, PI Visión, Proces Book para alertar a operador de sala de control de 90C° a 95C° en Hi y de 95C° a 100C° en HiHi, en motores eléctricos, para esto se realizó una gestión del cambio con las áreas involucradas, mantenimiento eléctrico, mecánico, operaciones y seguridad (Ver ANEXO N°15).

Se dispuso que todos los motores eléctricos que vayan a reparación cuenten con sus protocolos de armado, pruebas de balanceo para contar con un historial de su mantenimiento esto con la finalidad de disminuir detenciones de los equipos por altas temperaturas en rodamientos (Ver ANEXO N°13).

Para disminuir las detenciones en los rodillos de molienda de alta presión por altas temperaturas en rodamientos, se realizó el estudio para el recalculo de frecuencias de engrase de los motores eléctricos en los lados libre y lado acople, así como también hacer una renovación de grasa de manera preventiva en estos

rodamientos de motores, teniendo en cuenta las consideraciones del fabricante del lubricante Mobilith 100 que según su hoja técnica posee un rango de temperatura entre -40 °C y 180°C (Ver ANEXO N°17).

C2 HPGR –Motores

Datos del equipo

Motor

Marca: ABB / 2500 KW / 1200rpm

Rodamientos

Lado Libre

Rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos

D = 290 mm, d = 190, B = 46, m = 10.8 Kg

Lado Acople

Rodamiento de una hilera de bolas de contacto angular

D = 400 mm, d = 190, B = 78, m = 48.5 Kg

Lubricación indicada por el fabricante

Lado Libre: 60 gr c/ 2 meses (1500 hrs)

Lado Acople: 155 gr c/ 2 meses (1500 hrs)

Lubricación antes del análisis de aplicación de la mejora

Lado Libre: 2 gr c/15 días.

Lado Acople: 30 gr c/15 días.

Cálculo de engrase Aplicación de la mejora

Regla general

- Las recomendaciones de lubricación del fabricante están dadas para temperaturas de 70 °C

- Por cada incremento de 15 °C reducir la frecuencia, o duplicar la cantidad de lubricante recomendado
- Por cada reducción de 15 °C ampliar la frecuencia, o reducir a la mitad la cantidad de lubricante recomendado

Cálculo

Rodamiento Lado Libre (lubricación manual)

Recomendación Inicial: 60 gr. c/ 2 meses

Temperatura Promedio: 35 °C

70°C – 15°C = 55°C Frecuencia de lubricación el doble: 60 gr c/ 4 meses.

55°C – 15°C = 40°C Frecuencia de lubricación el doble: 60 gr c/ 8 meses.

Lubricación Recalculada: 60 gr c/ 8 meses

Rodamiento Lado Acople (lubricación automática)

Recomendación Inicial: 155 gr. c/ 2 meses

Temperatura Promedio: 80 °C

80°C – 70°C = 10°C Para este incremento de temperatura podemos reacondicionar el engrase, agregando un 25 a 30% a la cantidad de grasa recomendada

$155 \times 1.25 = 194 \text{ gr}$

Lubricación Recalculada: 3.2 gr c/ día

Figura 13. Lubricación de rodamientos de ME de rodillos de molienda de alta presión



Lubricación ME lado acople con 60gr de grasa con contador



Lubricación ME lado libre con 3.2gr de grasa con contador

A continuación, se observan las temperaturas máximas de rodamientos de motor en la chancadora CR028 del año 2020

La diferencia de temperaturas máximas registradas con relación al incremento de Tonelaje es:

Lado Libre: $43.4 - 38.8 = 4.6 \text{ } ^\circ\text{C}$

Lado Acople: $90 - 85.7 = 4.3 \text{ } ^\circ\text{C}$

Figura 14. Tendencias de temperatura de rodamiento lado libre

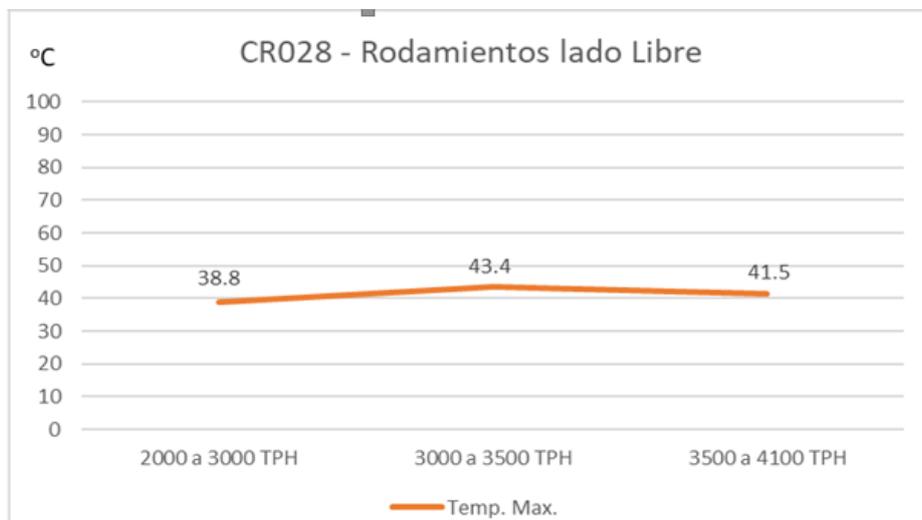
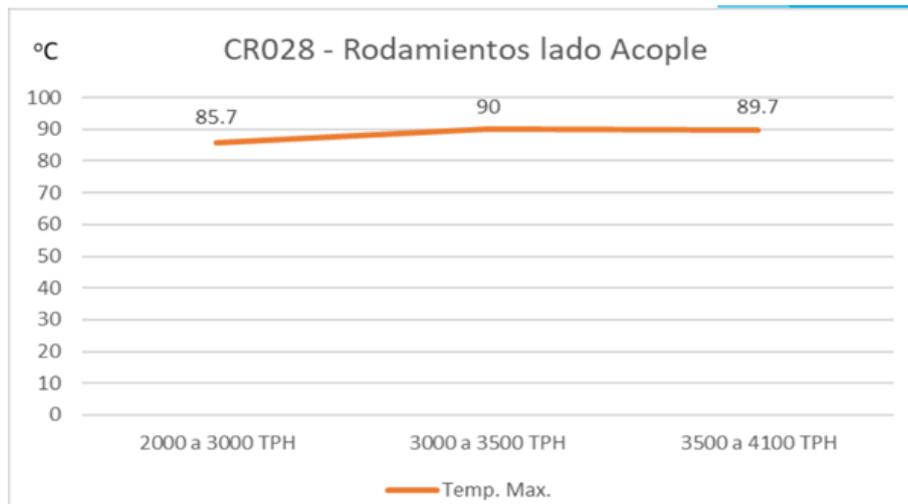


Figura 15. Tendencias de temperatura de rodamiento lado acople



Con esto se demuestra poniendo como ejemplo en el equipo HPGR028 las tendencias máximas de temperaturas después del recalcado de la lubricación, teniendo en cuenta que al inicio de aplicación del lubricante este tiende a aumentar la temperatura también dependiendo del tonelaje procesado en ese momento , pero conforme va pasando los días se va estabilizando este incremento, por este motivo y de acuerdo al análisis del lubricante se realizó la gestión del cambio de alarma y trip en los rodamientos de estos motores (Ver ANEXO N°15)

Análisis Económico Financiero

- **Costos para la implementación del Proyecto**

Los costos de inversión que se realizó para la aplicación de la metodología del TPM, en los rodillos de molienda de alta presión, desde su preparación, implementación y consolidación.

Tabla 17. Detalle de costo de inversión en materiales

COSTO DE MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACION				
Materiales	Cantidad	Unidad/Medida	Costo \$	Costo Total \$
Tubería de 3"	120	Mt	6.5	780
Tubería de 1"	8	Mt	3.5	28
Manguera de aire 1"	120	Mt	3.2	384
Balde de grasa Mibilth 100	1	Un	180	180
Teflón liquido	12	Un	1.2	14.4
Trapo	60	Kg	0.5	30
Manguera de grasa R2	12	Mt	2.5	30
Niples rectos de 3"	24	Un	1.5	36
Codos de 3"	24	Un	2.48	59.52
Desengrasante	55	Gl	2.3	126.5
Fighting de grasa	2	Un	5.6	11.2
Conectores	16	Un	4	64
Uniones vitaulic	24	Un	60	1440
Conectores	12	Un	2.5	30
			Total	\$3,213.62

Tabla 18. Detalle de costo de inversión en Herramientas

COSTO DE HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACION				
Herramientas	Cantidad	Unidad/Medida	Costo Unitario \$	Costo Total \$
Reparación Bombas Hidráulicas	4	Un	320	1280
Contador de grasa	2	Un	520	1040
Bomba de grasa	1	Un	380	380
Reparación Llave Haytorc	1	Un	120	120
Extensiones de Luz	2	Un	70	140
Luminarias	4	Un	65	260
			Total	\$3,220.00

Tabla 19. Detalle de costo de inversión en Recurso Humano

COSTO DE HORAS HOMBRE					
HH/HH	Número de personas	días trabajados	Horas totales	Costo x Hr	Total
Empresa Contratista	12	4	48	95	4560
Personal SMCV	2	4	8	120	960
				Total	\$5,520.00

Tabla 20. Costo de la inversión de la implementación del TPM

COSTO TOTAL DE LA INVERSION	
Materiales	\$3,213.62
Herramientas	\$3,220.00
Recurso Humano	\$5,520.00
Total	\$11,953.62

La inversión realizada para la implementación del TPM es de \$11,953.62 dólares americanos.

- **Beneficio del proyecto**

La inversión realizada para la aplicación de la gestión del TPM para incrementar la eficiencia global de los rodillos de molienda de alta presión del circuito de chancado terciario de las líneas 1 y 2 de SMCV, esta mejora se centró en:

- Incrementar la disponibilidad de los equipos HPGR
- Incrementar el rendimiento de los equipos HPGR
- Disminuir las detenciones por averías o defectos
- Reducir las horas hombre en los mantenimientos preventivos

Tabla 21. Resumen de horas de detenciones

DIFERENCIA EN HORAS DE DETENCIONES	
MES	Horas
Septiembre	230.68
Noviembre	154.60
Diferencia de horas	76.08

En la Tabla 21, se muestra la diferencia de 76.08 horas en disminución después de la implementación del TPM con relación al mes anterior, que quiere decir que desde ahora en adelante la empresa contará con mayor disponibilidad y por consiguiente influirá en el rendimiento de los ocho equipos de rodillos de molienda de alta presión.

Tabla 22. Beneficio de la Mejora del proyecto

Beneficio de la mejora	
Diferencia de horas	76.08
Costo de producción x hr	\$1600.00
Beneficio	\$121,728.00

En la Tabla 22, se demuestra que se obtuvo 76.08 horas de disminución en las detenciones de los equipos durante el mes de noviembre 2020, que por lo consiguiente tomando en consideración el costo referencial de producción por hora de 1600 dólares se llega a obtener un beneficio de \$121,728 de ganancia para la compañía, esto quiere decir que se tuvo mayor disponibilidad y rendimiento en los 8 equipos

- **Análisis Costo Beneficio**

En este proyecto se tuvo un costo de inversión de **\$11,953.62**, aplicando la metodología del TPM para mejorar la eficacia global de los 8 equipos de rodillos de molienda de alta presión en SMCV, se corrobora que en un periodo de 30 días se genera una ganancia de **\$121,728.00**, solo reduciendo los tiempos de detenciones en el mantenimiento preventivo como también en atoros de Hopper, temperaturas y otros, teniendo como resultado un beneficio obtenido de **\$109,774.83** dólares.

Relación Costo-Beneficio

$$\frac{\text{Beneficio 1 mes}}{\text{Costo de Inversión}} = \frac{\$121,728.00}{\$11,953.62} = 10.18$$

Con este resultado de 10.18, significa que el beneficio logrado para la compañía, es 10 veces mayor de lo que se ha invertido en la aplicación de la metodología del TPM, siendo esto de muy alto y beneficio para la compañía

Tiempo de recuperación

$$\frac{\text{Costo de Inversión}}{\text{Beneficio 1mes}} = \frac{\$11,953.62}{\$121,728.00} = 0.098$$

Con el resultado de 0.098 significa que la recuperación de lo invertido en el periodo de la metodología del TPM, será recuperado en 0.098 meses que aproximadamente sería 3 días.

Estadística descriptiva

Para cuantificar estas variables se tuvo en cuenta las horas de detenciones, los ordenes de mantenimiento y la producción diaria por cada equipo que fue obtenida referencialmente con el valor nominal de operación del equipo, para esto se mostrara información destacada y confiable antes de realizar la aplicación del TPM y después de ella, para luego analizar descriptivamente los valores obtenidos.

Para determinar el nivel de relevancia en la mejora se realizó el análisis de la mejora en el programa estadístico IBM SPSS 21, para la variable independiente.

Análisis de variable independiente

Se realizó el análisis de la variable independiente Mantenimiento productivo total de pretest y postest, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 23. Análisis descriptivo del TPM

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est.
TPM_antes	30	57	96	76,27	9,906
TPM_después	30	72	100	92,17	8,192
N válido (según lista)	30				

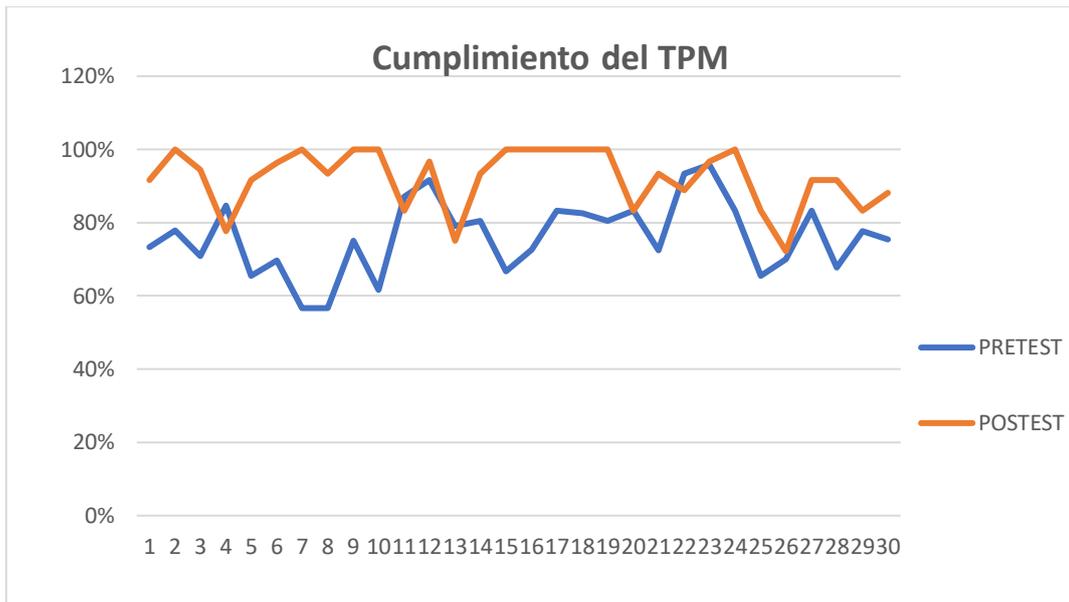
Según la Tabla 23, se realizó el análisis con el programa estadístico IBM SPSS21 teniéndose la certeza de una mejora luego de la aplicación de la metodología del TPM, obteniéndose un incremento del TPM de 15.9%, en un promedio de tiempo de 30 días.

Tabla 24. Análisis descriptivo antes y después de la implementación del TPM

			Estadístico	Error típ.		
TPM_Antes	Media		76.27	1.809		
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	72.57			
	Media recortada al 5%		79.97			
	Mediana		76.30			
	Varianza		76.50			
	Desv. típ.		98.133			
	Mínimo		9.906			
	Máximo		57			
	Rango		96			
	TPM_Después	Media			39	1.496
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior		92.17	
		Media recortada al 5%			89.11	
		Mediana			95.23	
Varianza			92.80			
Desv. típ.			93.00			
Mínimo			67.109			
Máximo			8.192			
			72			
			100			

En la Tabla 24, se muestra los niveles de comparación del antes y del después de la aplicación de la metodología del TPM, en el antes con una media de 76.27 y después con una media de 92.17, si se compara los valores del máximo y el mínimo en el antes como mínimo 57 y máximo 96, mientras que en el después se obtiene se tiene como máximo 100 y como mínimo 72, lo que se confirma que se tuvo una mejora en el mantenimiento productivo total.

Figura 16. Comparaciones del cumplimiento del TPM pretest y postest



Estadística Inferencial

Análisis de la hipótesis general

H_a: La aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos de rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV SA.

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a la eficiencia global de los equipos del antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 30, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

- Si $sig \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico
- Si $sig > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 25. Regla de Decisión

	ANTES	DESPUES	CONCLUSION
SIG > 0.05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG > 0.05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG > 0.05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG > 0.05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Tabla 26. Análisis prueba de normalidad OEE

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
OEE_antes	,940	30	,091
OEE_después	,804	30	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 27. Resumen del procesamiento de los casos del OEE

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
OEE_antes	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
OEE_después	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%

Interpretación. De la Tabla 26 se puede verificar que la significancia de la eficiencia global de los equipos (OEE), antes y después tienen valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Por lo tanto, la validación de la hipótesis, se procederá al análisis con el estadístico de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis general

H₀: La aplicación de la gestión del TPM no mejora la eficiencia global de los equipos en los rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV.

H_a: La aplicación de la gestión del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en los rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV.

Regla de decisión:

H₀: $\mu_{\text{OEE_antes}} \geq \mu_{\text{OEE_déspués}}$

H_a: $\mu_{\text{OEE_antes}} < \mu_{\text{OEE_déspués}}$

75,87 < 84.70

Tabla 28. Análisis estadístico descriptivo OEE

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
OEE_antes	30	75,87	13,454	35	97
OEE_después	30	84,70	11,715	50	95

Tabla 29. Estadísticos de contraste OEE

	OEE_después - OEE_antes
Z	-2,629 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,009

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

De la Tabla 28, ha quedado demostrado que la media de la eficiencia global de los equipos antes (75.87%) es menor que la media de la eficiencia global de los equipos después (84.70%), por consiguiente no se cumple $H_0: \mu_{\text{OEE_antes}} \leq \mu_{\text{OEE_déspués}}$, en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que la eficiencia global de los equipos no mejora la productividad, y se acepta la hipótesis de investigación alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación de la gestión del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en los rodillos de molienda de alta presión de SMCV S.A.

Análisis de la hipótesis específica 1

PRUEBA DE NORMALIDAD

- **Disponibilidad**

H_a: La aplicación del TPM mejora la disponibilidad en los equipos de rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV SA.

A fin de poder contrastar la hipótesis específico, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a las series de la disponibilidad antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 30, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $sig \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si $sig > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 30. Prueba de normalidad de disponibilidad con Shapiro Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad_antes	,893	30	,006
Disponibilidad_después	,768	30	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 31. Resumen de procesamiento de casos variable disponibilidad

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Disponibilidad_antes	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
Disponibilidad_después	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%

Interpretación. De la Tabla 30, se puede verificar que la significancia de la disponibilidad antes y después tiene valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Por lo tanto, la validación de la hipótesis, se procederá al análisis con el estadístico de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis específico disponibilidad

Ho: La aplicación de la gestión del TPM no mejora la disponibilidad en los rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV.

Ha: La aplicación de la gestión del TPM mejora la disponibilidad en los rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV.

Regla de decisión:

H_o: $\mu_{\text{disponibilidad_antes}} \geq \mu_{\text{disponibilidad_déspués}}$

H_a: $\mu_{\text{disponibilidad_antes}} < \mu_{\text{disponibilidad_déspués}}$

67,97 < 80,00

Tabla 32. Estadísticos descriptivos disponibilidad

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Disponibilidad_antes	30	67,97	25,089	8	96
Disponibilidad_después	30	80,00	18,503	33	98

Tabla 33 Estadísticos de contraste disponibilidad

	Disponibilidad_después - Disponibilidad_antes
Z	-2,001 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,045

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

De la Tabla 32, ha quedado demostrado que la media de la disponibilidad antes (67,97%) es menor que la media de la disponibilidad después (80%), por consiguiente no se cumple $H_0: \mu_{\text{disponibilidad_antes}} \leq \mu_{\text{disponibilidad_despues}}$, en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que la disponibilidad no mejora la productividad, y se acepta la hipótesis de investigación alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación de la gestión del TPM mejora la disponibilidad en los rodillos de molienda de alta presión de SMCV S.A.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el *sig* o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas disponibilidades.

Regla de decisión:

Si $sig \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $sig > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Análisis de la hipótesis específica 2

PRUEBA DE NORMALIDAD

Rendimiento

H_a: La aplicación del TPM mejora el rendimiento en los equipos de rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV SA.

H_a: La aplicación del TPM mejora el rendimiento de los equipos de rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV SA.

A fin de poder contrastar la hipótesis específico, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a las series del rendimiento antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 30, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $sig \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si $sig > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 34. Prueba de normalidad del rendimiento

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento_antes	,849	30	,001
Rendimientos_después	,714	30	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 35. Resumen de procesamiento de casos del rendimiento

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Rendimiento_antes	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
Rendimientos_después	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%

Interpretación. De la Tabla 34, se puede verificar que la significancia del rendimiento antes y después tiene valores menores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Por lo tanto, la validación de la hipótesis, se procederá al análisis con el estadístico de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis específico rendimiento

H₀: La aplicación de la gestión del TPM no mejora el rendimiento en los rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV.

H_a: La aplicación de la gestión del TPM mejora el rendimiento en los rodillos de molienda de alta presión en la empresa SMCV.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{\text{rendimiento_antes}} \geq \mu_{\text{rendimiento_déspués}}$$

$$H_a: \mu_{\text{rendimiento_antes}} < \mu_{\text{rendimiento_déspués}}$$

$$83.83,97 < 90.87$$

Tabla 36. Estadísticos descriptivos de índice de rendimiento

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Rendimiento_antes	30	83,83	14,355	48	100
Rendimientos_después	30	90,87	10,278	61	99

Tabla 37. Estadísticos de contraste del índice de rendimiento

	Rendimientos_después - Rendimiento_antes
Z	-2,084 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,037

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

De la Tabla 36, ha quedado demostrado que la media del rendimiento antes (83.83%) es menor que la media del rendimiento después (90.87%), por consiguiente no se cumple $H_0: \mu_{\text{rendimiento_antes}} \leq \mu_{\text{rendimiento_déspués}}$, en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que el rendimiento no mejora la productividad, y se acepta la hipótesis de investigación alterna, por la cual queda demostrado que la aplicación de la gestión del TPM mejora el rendimiento en los rodillos de molienda de alta presión de SMCV SA.

V. DISCUSIÓN

1. DISCUSIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

En el presente proyecto de investigación se determina actualmente como la aplicación del TPM incremento significativamente la eficacia global de los equipos de rodillos de molienda de alta presión, en las líneas 1 y 2 de la concentradora 2 de SMCV que dio como resultado 84.72%, es decir se tuvo un incremento de 8.82% respecto al análisis antes de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) que en ese entonces como eficacia global de los equipos se tenía 75.90%, donde se demuestra en la Tabla 11 esto comparado con otros estudios de investigación como el de Reyes (2019), “Aplicación del sistema TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019” en el que demostró la mejora de la eficiencia global de los equipos en un 11.76%, por lo descrito el proyecto de investigación muestra una relación con los resultados obtenidos por Reyes, este resultado coincide por lo descrito por (Gómez, 2010, p. 3) “El TPM es una serie de actividades estratégicamente ordenadas que una vez implantadas mejoran la competitividad de una organización industrial o de servicios”.

2. DISCUSIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N°1

Del mismo modo se pudo demostrar como la aplicación del TPM en la disponibilidad de los equipos de rodillos de molienda de alta presión dio como resultado 78.5% (Tabla 15), obteniendo un incremento de 10.5%, que en lo que se refiere al análisis antes de la implementación del TPM se tenía de disponibilidad 68% (Tabla 9), esto comparado con otro estudio de investigación como el de Seminario Cerdán (2017) en su tesis “Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia de las máquinas CNC de una empresa metal mecánica Lima - Perú 2017” quien logro un incremento de disponibilidad de 72.40% a 81.79% en un incremento de 9.39%, estos resultados coinciden en lo descrito por (Cuatrecasas,2010, p. 24) en definitiva mediante el TPM trataremos de racionalizar la gestión de los equipos que integran los procesos productivos de forma que puedan optimizarse el rendimiento de los equipos y la productividad de tales sistemas.

3. DISCUSIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA N°2

De la misma manera se pudo demostrar en el presente proyecto de investigación aplicando la metodología del TPM, se logró alcanzar un aumento en el rendimiento de los equipos de rodillos de molienda de alta presión de 83.8% (Tabla 10) a 90.9% (Tabla 15) logrando a incrementarse en 7.1% el rendimiento de los equipos, esto comparado con otras investigaciones como el de Gabriel reyes (2019) en su tesis “Aplicación del sistema TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019”, tiene como objetivo analizar cómo la aplicación del sistema de TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel con ello mejorar la eficiencia de los equipos, alcanzando un incremento en el rendimiento de 80.83% a 92.78%, consiguiendo un incremento en su resultado final de 12.22%, esto se evidencia descrito por (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p.117) “El rendimiento tiene en cuenta las pérdidas por tiempos en vacío y paradas cortas y las pérdidas por reducción de velocidad. La mejora de este coeficiente implica, evidentemente la erradicación de estas pérdidas”.

VI. CONCLUSIONES

Luego del análisis de los resultados del proyecto de investigación podemos concluir lo siguiente:

PRIMERA:

Con mención a nuestro objetivo general la presente investigación se determinó que la aplicación de la metodología del TPM incrementó la eficacia global de los equipos de rodillos de molienda de alta presión (HPGR) en SMCV, dando evidencia de conformidad de 75.90% (Tabla 11) a 84.72% (Tabla 16), logrando un incremento de 8.82%, respecto al análisis anterior.

SEGUNDA:

De la misma forma con respecto al objetivo específico se determinó como la aplicación del TPM incrementó la disponibilidad de los rodillos de molienda de alta presión (HPGR) en SMCV, conforme se evidencia en las tablas del antes y después de 68% (Tabla 11) a 78.5% (Tabla 16), donde el incremento es 10.5% con respecto al análisis anterior.

TERCERA:

Del mismo modo en el segundo objetivo específico se determinó como la aplicación del TPM incrementó el rendimiento de los equipos de rodillos de alta presión (HPGR) en SMCV, dando evidencia de la conformidad con el antes y después de la mejora teniendo como resultados 83.8% (Tabla 11) a 90.9% (Tabla 16), donde el incremento es 10.5% con respecto al análisis anterior.

VII. RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente proyecto de investigación y recalcando las mejoras en la implementación de la gestión del TPM para incrementar la eficacia global de los equipos en los rodillos de molienda de alta presión, se procede a mencionar las siguientes recomendaciones:

- 1ra. Para obtener una eficaz aplicación de la metodología del TPM en el área de chancado terciario donde se encuentran ubicados los equipos HPGRs, la superintendencia debe invertir en la capacitación del Recurso Humano, así como también la adquisición y/o reparación de equipos y herramientas que faciliten el trabajo de mantenimiento y así cumplir los objetivos establecidos.
- 2da. Para mantener una disponibilidad y un buen rendimiento de los equipos se recomienda realizar reuniones periódicas con las áreas involucradas en el mantenimiento y en la producción para analizar los incumplimientos de los planes de mantenimiento y por consiguiente los motivos de detenciones, para que todos estén involucrados y tengan pleno conocimiento de las ocurrencias y sucesos, teniendo en cuenta un solo objetivo producción segura, así mismo involucrar a la supervisión directa en la elaboración del Gantt de los trabajos a realizarse ya que ellos tienen pleno conocimiento de los tiempos y trabajos que se podrían realizar en paralelo, con la finalidad de afinar los tiempos en los Gantt y que se realice un trabajo efectivo en el tiempo y hora planificada.
- 3ra. Se recomienda que para toda actividad que involucre trabajos con herramientas hidráulicas se deben de realizar el Check List de pre operatividad, con la finalidad de contar con herramientas listas para su uso y no se tenga defectos durante la ejecución de la tarea, además de tener fiabilidad ya que son herramientas de alto poder que podrían ocasionar incidentes, estos Check List y los documentos de autorización de trabajo deben tenerlos a la mano para informar de la operatividad de la herramienta ante cualquier auditoria.

Finalmente, se sugiere que las mejoras realizadas con la aplicación de esta metodología del TPM, se repliquen en otros equipos para mejorar los índices de disponibilidad y rendimiento en todos los equipos de la planta concentradora y que esto por ende sea beneficioso para la empresa.

VIII. REFERENCIAS

1. Christian Gabriel Reyes Oliva. Aplicación del sistema TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019., Callao, 2019, Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería,2019. 11 p.
2. Claudio Martin Cáceres Carbajal. Propuesta de mejora de la eficiencia global de los equipos orientados en el TPM para una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica, Lima, 2019, Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad peruana de ciencias aplicadas, Facultad De Ingeniería,2019.
3. La Jara Nores, Juan Carlos. Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global de los Equipos, en una fábrica de alimentos, en el área de hojalatería, Cercado, Lima,2018, Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad peruana de ciencias aplicadas, Facultad De Ingeniería,2018. 12 p.
4. Edwin Andrés, Yauri Alayo. Aplicación del Mantenimiento Autónomo para mejorar los índices de la Eficiencia Global en el área de Mantenimiento de la empresa PANORAMA S.A.C. Lima, 2017, Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería,2017.
5. Seminario Cerdán, Luis Alberto. Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia de las máquinas cnc de una empresa metal mecánica, Lima - Perú 2017, Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad De Ingeniería,2017.
6. Ottosson Daniel. The initiation of total production maintenance to a pilot production line in the german automobile industry, germany 2009. germany: Lulea university of technology, deparment of applied physics, 2009.
7. Xiaomeng Sun. Implementing a Total Productive Maintenance Approach into an Improvement At S Company. Kentucky: Western Kentucky University, The Faculty of the School of Engineering and Applied Sciences,2018.

8. Zhu Jiajia, Liu Yong. TPM orientes enterprises towards production excellence: A Practical Analysis of OEE SWEDEN: School of innovation, design and engineering, 2009. 3p.
9. Qualitymant La guía definitiva del TPM <https://qualitymant.com/que-es-el-tpm/>
10. . METALWORKING Production. "Production management: Total Productive Maintenance." Metalworking Production, 13 Apr. 2005, p. 18. SPJ.SP12, <https://link.gale.com/apps/doc/A131476612/SPJ.SP12?u=univcv&sid=SPJ.SP12&xid=9b5b4f65>. Accessed 10 Nov. 2019
11. Cast Steel Products Rodillos de molienda de alta presión (HPGR) https://caststeelproducts.com/high-pressure-grinding-rolls/?gclid=CjwKCAiA9vOABhBfEiwATCi7GPralvKXnGRynkrhmpzUj34YAGiPJFexKjmZAPP0QgSRX3iZJSWELBoCya8QAvD_BwE
12. Thyssenkrupp Rodillos de Molienda de alta presión (HPGR) <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/en/products-and-services/mineral-processing/grinding-plants/polycom-high-pressure-grinding-roll-hpgr>
13. Metso Outotec Series de Rodillos de Molienda de alta presión (HPGR) Series HRC <https://www.mogroup.com/portfolio/hrc-series/>
14. Hoffmann Group Rodamientos de rodillos de Alta Presión <https://www.hoffmann-group.com/PT/es/hop/Herramientas-manuales-y-de-montaje/Piezas-de-repuesto/Rodamiento-de-rodillos/p/834065>
15. Metodología de la investigación (las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta), Roberto Hernández Sampieri-Christian Paulina Mendoza Torres.
16. TPM en industrias de proceso Tokutaro Suzuki
17. TPM en un entorno Lean Management, Lluís Cuatrecasas – Francesca Torrell

18. Repositorio institucional Universidad Mayor de San Andrés
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/13392>
19. Instituto de mejora continua <https://imc-peru.com/oee.php?cod=2>
20. Ingeniería Industrial <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
21. TPM Mantenimiento productivo total <https://leanmanufacturing10.com/tpm-mantenimiento-productivo-total>
22. Sistemas OEE Technology to improve
<https://www.sistemasoe.com/definicion-oee/>
23. Ingeniería Industrial Eficiencia Global de los Equipos (OEE)
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/eficiencia-global-de-los-equipos-oee/>
24. Instituto de Productividad Empresarial Aplicada, El OEE ¿Qué es y para qué Sirve? <https://www.ipeaformacion.com/indicadores/el-oee-que-es/>
25. International Datalyzer Eficiencia Global de los equipos
<https://www.datalyzer.com/es/conocimiento/oee/>
26. Einatec Mantenimiento Preventivo ¿qué es y cómo debe hacerse?
<https://einatec.com/mantenimiento-preventivo/>
27. Internet Blog Infraspak ¿Qué es el mantenimiento autónomo y que significa para el TPM? <https://blog.infraspak.com/es/mantenimiento-autonomo-tpm/#:~:text=El%20mantenimiento%20aut%C3%B3nomo%20es%20uno,mantenimiento%20y%20aumentar%20la%20eficiencia.>
28. Aportes del TPM a la mejora del Mantenimiento Planificado (Juan Francisco Morales Zamora p.3)
http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/Pilar%20Mantenimiento%20Progresivo%20o%20Planificado%20de%20Juan%20francisco.pdf

IX. ANEXOS

ANEXO N°01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	METODOLOGIA
¿Determinar cómo la Gestión del TPM va incrementar la eficacia global OEE de los equipos rodillos de molienda de alta presión del circuito chancado terciario en SMCV Arequipa 2020?	¿Analizar cómo la Gestión del TPM incrementará la eficacia Global de los equipos de rodillos de molienda de alta presión en concentradora dos en SMCV Arequipa 2020?	La Gestión del TPM mejorara la eficacia global de los equipos de rodillos de alta presión en la empresa SMCV Arequipa 2020		<p>Tipo de Estudio: Aplicada-Explicativa</p> <p>Según su enfoque o naturaleza: Cuantitativa y longitudinal</p> <p>Diseño de la investigación: Pre - experimental</p> <p>Población: N: 30 días Muestra: n: 30 días</p> <p>Técnica de recolección de datos: Observación</p> <p>Formatos de recolección de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registro de detenciones y restricciones • Base de datos de planes de mantenimiento • Cálculo referencial de producción
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS		
¿Cómo la aplicación del TPM va incrementar la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión?	Identificar cómo la aplicación del TPM incrementará la disponibilidad de los equipos de rodillo de molienda de alta presión	La aplicación de la metodología del TPM incrementará razonablemente la disponibilidad de los equipos HPGR en la empresa SMCV, Arequipa-2020.	<p>Variable Independiente: TPM</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantenimiento Preventivo ✓ Mantenimiento autónomo ✓ Mantenimiento Planificado <p>Variable Dependiente: Eficacia Global de los Equipos</p>	
¿Cómo la aplicación del TPM va incrementar el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión?	Determinar cómo la aplicación del TPM incrementará el rendimiento de los equipos de rodillo de molienda de alta presión	La aplicación de la metodología del TPM aumentará sosteniblemente el rendimiento de los equipos HPGR en la empresa SMCV., Arequipa-2020	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Disponibilidad ✓ Rendimiento 	

ANEXO N°02: VALIDACIÓN JUICIO DE EXPERTOS

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL CONSTRUCTO DE LA MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

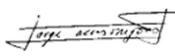
VARIABLES	CLARIDAD ¹		PERTINENCIA ²		RELEVANCIA ³		SUGERENCIAS
	Si	No	Si	No	Si	No	
Variable independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)							
Dimensión 1: Mantenimiento Preventivo							
Indicador: $T.C.M.P = \left(\frac{N.M.P.E.}{N.M.P.P.} \right) \times 100\%$ N.M.P.E: Número de mantenimiento preventivo ejecutado. N.M.P.P: Número de mantenimiento preventivo programado	√		√		√		
Dimensión 2: Mantenimiento Autónomo							
Indicador: $I.I.E = \left(\frac{I.L.R.}{I.L.N.R.} \right) \times 100\%$ I.L.R: Inspecciones y Limpieza realizadas I.L.N.R: Inspecciones y Limpieza no realizadas	√		√		√		
Dimensión 3: Mantenimiento Planificado							
M.P. = $\left(\frac{M.P.R.}{N.T.M.P.} \right) \times 100\%$ M.P.: Mantenimiento Planificado M.P.R: Numero de mantenimiento planificado realizado N.M.P: Número total de mantenimiento planificado.	√		√		√		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** [] 16 de Noviembre del 2020

Apellidos y nombres del juez evaluador: Cáceres Trigo, Jorge Ernesto **DNI:** 07305972

Especialidad del evaluador: Ingeniería Industrial


FIRMA: _____

¹ **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

² **Pertinencia:** Si el ítem pertenece a la dimensión.

³ **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

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

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL CONSTRUCTO DE LA MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

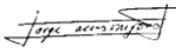
VARIABLES	CLARIDAD ¹		PERTINENCIA ²		RELEVANCIA ³		SUGERENCIAS
	Si	No	Si	No	Si	No	
Variable Dependiente: Eficacia Global de los Equipos							
Dimensión 1: Disponibilidad							
Indicador: $\% Disponibilidad = DI = \left(\frac{H.T - H.P.D}{H.T} \right) \times 100\%$ H.T: Horas totales H.P.M: Horas parada por detenciones	√		√		√		
Dimensión 2: Rendimiento							
Indicador: $\% Rendimiento = RE = \left(\frac{P.R.}{T.P. \times V.P.} \right) \times 100\%$ P.R: Producción Real T.P: Tiempo disponible para producir V.P: Velocidad de producción	√		√		√		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** [] 16 de Noviembre del 2020

Apellidos y nombres del juez evaluador: Cáceres Trigo, Jorge Ernesto **DNI:** 07305972

Especialidad del evaluador: Ingeniería Industrial


FIRMA: _____

¹ **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

² **Pertinencia:** Si el ítem pertenece a la dimensión.

³ **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

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

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL CONSTRUCTO DE LA MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLES	CLARIDAD ¹		PERTINENCIA ²		RELEVANCIA ³		SUGERENCIAS
	Si	No	Si	No	Si	No	
Variable independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)							
Dimensión 1: Mantenimiento Preventivo							
Indicador: $T.C.M.P = \left(\frac{N.M.P.E.}{N.M.P.P.}\right) \times 100\%$ N.M.P.E: Número de mantenimiento preventivo ejecutado. N.M.P.P: Número de mantenimiento preventivo programado	X		X		X		
Dimensión 2: Mantenimiento Autónomo							
Indicador: $I.I.E = \left(\frac{I.L.R.}{I.L.N.R.}\right) \times 100\%$ I.L.R: Inspecciones y Limpieza realizadas I.L.N.R: Inspecciones y Limpieza no realizadas	X		X		X		
Dimensión 3: Mantenimiento Planificado							
M.P. = $\left(\frac{M.P.R.}{N.T.M.P.}\right) \times 100\%$ M.P.: Mantenimiento Planificado M.P.R: Numero de mantenimiento planificado realizado N.M.P: Número total de mantenimiento planificado.	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

16 de Noviembre del 2020

Apellidos y nombres del juez evaluador: **MG. HENRY BRANDT LUJAN CHUCHON** DNI: 09569284

Especialidad del evaluador: **INGENIERO INDUSTRIAL / MAGISTER EN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**

¹ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

² Pertinencia: Si el ítem pertenece a la dimensión.

³ Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL CONSTRUCTO DE LA MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLES	CLARIDAD ¹		PERTINENCIA ²		RELEVANCIA ³		SUGERENCIAS
	Si	No	Si	No	Si	No	
Variable Dependiente: Eficacia Global de los Equipos							
Dimensión 1: Disponibilidad							
Indicador: $\% Disponibilidad = DI = \left(\frac{H.T-H.P.D}{H.T}\right) \times 100\%$ H.T: Horas totales H.P.M: Horas parada por detenciones	X		X		X		
Dimensión 2: Rendimiento							
Indicador: $\% Rendimiento = RE = \left(\frac{P.R.}{T.P.xV.P.}\right) \times 100\%$ P.R: Producción Real T.P: Tiempo disponible para producir V.P: Velocidad de producción	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

16 de noviembre del 2020

Apellidos y nombres del juez evaluador: **MG. HENRY BRANDT LUJAN CHUCHON** DNI: 09569284

Especialidad del evaluador: **INGENIERO INDUSTRIAL / MAGISTER EN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**

¹ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL CONSTRUCTO DE LA MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLES	CLARIDAD ¹		PERTINENCIA ²		RELEVANCIA ³		SUGERENCIAS
	Si	No	Si	No	Si	No	
Variable independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)							
Dimensión 1: Mantenimiento Preventivo							
Indicador: $T.C.M.P = \left(\frac{N.M.P.E.}{N.M.P.P.}\right) \times 100\%$ N.M.P.E: Número de mantenimiento preventivo ejecutado. N.M.P.P: Número de mantenimiento preventivo programado	√		√		√		
Dimensión 2: Mantenimiento Autónomo							
Indicador: $I.I.E = \left(\frac{I.L.R.}{I.L.N.R.}\right) \times 100\%$ I.L.R: Inspecciones y Limpieza realizadas I.L.N.R: Inspecciones y Limpieza no realizadas	√		√		√		
Dimensión 3: Mantenimiento Planificado							
M.P. = $\left(\frac{M.P.R.}{N.T.M.P.}\right) \times 100\%$ M.P.: Mantenimiento Planificado M.P.R: Número de mantenimiento planificado realizado N.M.P: Número total de mantenimiento planificado.	√		√		√		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Ate, 20 de Noviembre del 2020

Apellidos y nombres del juez evaluador: **Mgtr. QUIROZ CALLE, JOSE SALOMON**

DNI: 06262489

Especialidad del evaluador: **INGENIERO INDUSTRIAL**

¹ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

² Pertinencia: Si el ítem pertenece a la dimensión.

³ Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

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


FIRMA: _____

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL CONSTRUCTO DE LA MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLES	CLARIDAD ¹		PERTINENCIA ²		RELEVANCIA ³		SUGERENCIAS
	Si	No	Si	No	Si	No	
Variable Dependiente: Eficacia Global de los Equipos							
Dimensión 1: Disponibilidad							
Indicador: $\% Disponibilidad = DI = \left(\frac{H.T - H.P.D.}{H.T}\right) \times 100\%$ H.T: Horas totales H.P.M: Horas parada por detenciones	√		√		√		
Dimensión 2: Rendimiento							
Indicador: $\% Rendimiento = RE = \left(\frac{P.R.}{T.P. \times V.P.}\right) \times 100\%$ P.R: Producción Real T.P: Tiempo disponible para producir V.P: Velocidad de producción	√		√		√		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Ate, 20 de Noviembre del 2020

Apellidos y nombres del juez evaluador: **Mgtr. QUIROZ CALLE, JOSE SALOMON**

DNI: 06262489

Especialidad del evaluador: **INGENIERO INDUSTRIAL**

¹ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

² Pertinencia: Si el ítem pertenece a la dimensión.

³ Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

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


FIRMA: _____

ANEXO N°03: VALORES DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO HPGR

Ítem	Valores
<p>El diagrama ilustra el funcionamiento de un equipo HPGR. A la izquierda, un cilindro de nitrógeno está conectado a un sistema de cilindros de aceite que lubrica los rodillos. El rodillo móvil (izquierda) y el rodillo fijo (derecha) giran en direcciones opuestas para procesar el material que entra por la alimentación. El producto resultante sale por la parte inferior.</p>	
Diámetro de Rodillos D , m	2.4
Largo del Rodillo L , m	1.7
Gap Operacional, mm	30
Capacidad Nominal, tph	2500
Presión Media, Bar	130
Máx. Potencia Instalada, kW	2560 kW
Velocidad de Rodillos, Rpm	17.5
Consumo específico de Energía, kWh/TMS	2.21

ANEXO N°04: VALIDACIÓN DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

EMPRESA: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE				REGISTRO DE RECOLECCION DE DATOS DE LOS EQUIPOS DE RODILLOS DE ALTA PRESION (HPRG)								RUBRO MINERIA					
CR 15-16-17-18 25-26-27-28 CONCENTRADORA 2																	
MES SEPTIEMBRE								MES NOVIEMBRE									
Días	OM preventivas ejecutadas	OM preventivas programads	Manto, planificado ejecutado	Órdenes de manto, Planificado	Imp./Limpieza programados	Imp./Limpieza realizado	Detención (hr/día)	OBSERVACIONES	Días	OM preventivas ejecutadas	OM preventivas programads	Manto, planificado ejecutado	Órdenes de manto, Planificado	Imp./Limpieza programados	Imp./Limpieza realizado	Detención (hr/día)	OBSERVACIONES
01-09-20	7	10	10	16	8	7	6.40	1° rod. Rodillos CR018	01-11-20	3	3	3	4	8	8	4.0	
02-09-20	8	10	11	14	8	6	12.00		02-11-20	2	2	3	3	8	8	2.5	
03-09-20	3	4	3	4	8	5	6.00		03-11-20	5	5	5	6	8	8	2.0	
04-09-20	5	6	5	6	8	7	5.60		04-11-20	5	6	10	10	8	4	2.2	
05-09-20	8	12	4	5	8	4	12		05-11-20	3	3	7	7	8	6	2.5	
06-09-20	8	10	8	12	8	5	12		06-11-20	5	5	8	9	8	8	4.3	
07-09-20	3	5	3	5	8	4	16	Cambio de Motor	07-11-20	1	1	3	3	8	8	2.0	
08-09-20	8	12	8	15	8	4	4		08-11-20	2	2	12	15	8	8	1.5	
09-09-20	6	8	6	8	8	6	1.5	1° rod. ME CR027	09-11-20	3	3	5	5	8	8	2.5	
10-09-20	2	4	3	5	8	6	4		10-11-20	1	1	1	1	8	8	0.5	
11-09-20	16	18	17	20	8	7	12		11-11-20	2	2	3	3	8	4	4.5	
12-09-20	1	1	2	2	8	6	14.43		12-11-20	4	4	9	10	8	8	12.0	
13-09-20	1	1	1	2	8	7	1.8	personal de Apoyo a C1	13-11-20	3	3	6	8	8	4	4.3	
14-09-20	5	6	5	6	8	6	18		14-11-20	4	4	8	10	8	8	4.6	
15-09-20	6	8	6	8	8	4	16		15-11-20	1	1	2	2	8	8	1.8	
16-09-20	5	7	5	7	8	6	4	1° rod. ME CR016	16-11-20	1	1	1	1	8	8	1.0	Apoyo a C1
17-09-20	3	4	3	4	8	8	6		17-11-20	5	5	7	7	8	8	6.6	
18-09-20	4	5	4	5	8	7	1.5	1° rod. Rodillos CR018	18-11-20	1	1	7	7	8	8	4.0	
19-09-20	2	2	2	3	8	6	9.6		19-11-20	2	2	2	2	8	8	1.5	
20-09-20	1	1	1	1	8	4	2		20-11-20	1	2	9	9	8	8	24.0	Cambio rodillo
21-09-20	6	8	8	10	8	5	6	1° rod. ME CR027/25	21-11-20	4	5	8	8	8	8	10.0	Cambio rodillo
22-09-20	4	4	4	5	8	8	1.5	1° rod. ME CR025	22-11-20	2	3	5	5	8	8	1.5	inst. sensores
23-09-20	1	1	1	1	8	7	1		23-11-20	5	5	9	10	8	8	2.5	Cambio ME CR27
24-09-20	1	1	1	2	8	8	1.5	1° rod. ME CR025	24-11-20	2	2	2	2	8	8	4.0	Cambio ME CR27
25-09-20	4	5	4	6	8	4	9.6		25-11-20	2	2	2	2	8	4	2.0	
26-09-20	4	5	4	5	8	4	2		26-11-20	1	2	2	3	8	8	1.7	
27-09-20	2	2	2	2	8	4	2.75		27-11-20	6	6	12	16	8	8	16.0	Cambio rodillo CR15
28-09-20	7	10	7	12	8	6	3.5		28-11-20	4	4	6	6	8	6	16.0	Cambio rodillo CR15
29-09-20	5	5	5	6	8	4	22		29-11-20	2	2	3	4	8	6	4.2	
30-09-20	32	40	32	45	8	6	16	Mejora CR018	30-11-20	17	17	17	19	8	6	8.6	

REVISADO POR:	SUPERVISOR DE PLANTA	DANIEL MANTILLA MEDINA	FRIMA	 Daniel L. Mantilla Medina Supervisor Mto Mecanica Procesos
----------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------	--

ANEXO N°09: RESUMEN DE RESTRICCIONES Y DETENCIONES

Date	MES	Shift	Downtime Ari	Start	Stop	Act	Equipment	Category	Problem	Cause	time	categoria
1/09/2020	Setiembre	Night	0404 Ch. Ter. L2	1/09/2020 19:00	2/09/2020 07:00	720	3703C23230CR016	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	12	PM01
1/09/2020	Setiembre	Day	0404 Ch. Ter. L2	1/09/2020 07:00	1/09/2020 19:00	720	3703C23230CR016	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	12	PM01
1/09/2020	Setiembre	Day	0409 Ch. Ter. L7	1/09/2020 09:45	1/09/2020 10:00	15	3703C23230CR027	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Sensores y Cableado	0.25	PM02
2/09/2020	Setiembre	Night	0404 Ch. Ter. L2	3/09/2020 03:18	3/09/2020 03:24	6	3703C23230CR016	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	0.1	PM01
2/09/2020	Setiembre	Night	0404 Ch. Ter. L2	2/09/2020 19:00	3/09/2020 03:16	496	3703C23230CR016	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	8.26666667	PM01
2/09/2020	Setiembre	Day	0404 Ch. Ter. L2	2/09/2020 07:00	2/09/2020 19:00	720	3703C23230CR016	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	12	PM01
3/09/2020	Setiembre	Night	0403 Ch. Ter. L1	3/09/2020 20:38	3/09/2020 21:47	69	3703C23230CR015	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Atoro de Material/Derrame	1.15	PM03
3/09/2020	Setiembre	Night	0410 Ch. Ter. L8	3/09/2020 19:00	4/09/2020 07:00	720	3703C23230CR028	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	12	PM01
3/09/2020	Setiembre	Day	0410 Ch. Ter. L8	3/09/2020 15:27	3/09/2020 19:00	213	3703C23230CR028	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	3.55	PM01
4/09/2020	Setiembre	Night	0406 Ch. Ter. L4	4/09/2020 20:18	5/09/2020 07:00	642	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	10.7	PM01
4/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	4/09/2020 16:41	4/09/2020 17:22	41	3703C23230CR018	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Sobrecarga	0.68333333	PM03
4/09/2020	Setiembre	Day	0410 Ch. Ter. L8	4/09/2020 18:05	4/09/2020 18:13	8	3703C23230CR028	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	0.13333333	PM01
4/09/2020	Setiembre	Day	0410 Ch. Ter. L8	4/09/2020 07:00	4/09/2020 18:00	660	3703C23230CR028	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	11.6	PM01
5/09/2020	Setiembre	Night	0406 Ch. Ter. L4	5/09/2020 19:00	6/09/2020 07:00	720	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	12	PM04
5/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	5/09/2020 07:00	5/09/2020 19:00	720	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	12	PM04
5/09/2020	Setiembre	Night	0408 Ch. Ter. L6	6/09/2020 05:56	6/09/2020 06:06	10	3703C23230CR026	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Material Sobredimensionado	0.16666667	PM03
5/09/2020	Setiembre	Day	0408 Ch. Ter. L6	5/09/2020 17:19	5/09/2020 17:38	19	3703C23230CR026	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Limpieza	0.31666667	PM03
5/09/2020	Setiembre	Day	0408 Ch. Ter. L6	5/09/2020 16:37	5/09/2020 17:16	39	3703C23230CR026	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Limpieza	0.65	PM03
5/09/2020	Setiembre	Day	0410 Ch. Ter. L8	5/09/2020 07:09	5/09/2020 09:27	138	3703C23230CR028	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	2.3	PM04
7/09/2020	Setiembre	Night	0403 Ch. Ter. L1	7/09/2020 19:13	7/09/2020 21:09	116	3703C23230CR015	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora Aguas abajo	1.93333333	PM04
7/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	7/09/2020 19:00	8/09/2020 07:00	720	3703C23230CR025	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	12	PM01
7/09/2020	Setiembre	Day	0407 Ch. Ter. L5	7/09/2020 18:14	7/09/2020 19:00	46	3703C23230CR025	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	0.76666667	PM01
8/09/2020	Setiembre	Day	0403 Ch. Ter. L1	8/09/2020 14:57	8/09/2020 15:06	9	3703C23230CR015	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Sensores y Cableado	0.15	PM02
8/09/2020	Setiembre	Day	0403 Ch. Ter. L1	8/09/2020 08:30	8/09/2020 08:47	17	3703C23230CR015	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Sensores y Cableado	0.28333333	PM02
8/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	8/09/2020 20:18	8/09/2020 21:31	73	3703C23230CR025	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Valvula/Electrovalvula	1.21666667	PM02
8/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	8/09/2020 19:09	8/09/2020 20:16	67	3703C23230CR025	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Valvula/Electrovalvula	1.11666667	PM02
8/09/2020	Setiembre	Day	0407 Ch. Ter. L5	8/09/2020 07:00	8/09/2020 18:50	710	3703C23230CR025	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	11.83333333	PM01
8/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	8/09/2020 19:00	8/09/2020 20:51	7	3703C23230CR025	Perdida por falla	Sistema hidraulico	Transmision/Caja de engranajes	0.11666667	PM03
8/09/2020	Setiembre	Night	0410 Ch. Ter. L8	8/09/2020 19:00	8/09/2020 20:35	95	3703C23230CR028	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Seguridad	1.58333333	PM03
8/09/2020	Setiembre	Day	0410 Ch. Ter. L8	8/09/2020 18:37	8/09/2020 19:00	23	3703C23230CR028	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Seguridad	0.38333333	PM03
9/09/2020	Setiembre	Day	0404 Ch. Ter. L2	9/09/2020 10:45	9/09/2020 13:31	166	3703C23230CR016	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	2.76666667	PM01
9/09/2020	Setiembre	Day	0407 Ch. Ter. L5	9/09/2020 08:15	9/09/2020 08:27	12	3703C23230CR025	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Atoro de Material/Derrame	0.2	PM03
10/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	10/09/2020 18:44	10/09/2020 19:00	16	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	0.26666667	PM04
11/09/2020	Setiembre	Night	0406 Ch. Ter. L4	11/09/2020 19:00	11/09/2020 21:13	133	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	2.21666667	PM04
11/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	11/09/2020 18:44	11/09/2020 19:00	1	3703C23230CR025	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	No se necesita	0.26666667	PM04
11/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	12/09/2020 03:00	12/09/2020 07:00	240	3703C23230CR025	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	4	PM04
12/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	13/09/2020 06:35	13/09/2020 07:00	25	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	0.41666667	PM04
12/09/2020	Setiembre	Night	0407 Ch. Ter. L5	12/09/2020 19:00	12/09/2020 20:35	95	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	1.58333333	PM04
12/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	12/09/2020 07:01	12/09/2020 13:57	416	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	No se necesita	6.93333333	PM04
12/09/2020	Setiembre	Day	0407 Ch. Ter. L5	12/09/2020 07:00	12/09/2020 07:10	10	3703C23230CR025	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora aguas arriba	0.16666667	PM04
13/09/2020	Setiembre	Night	0405 Ch. Ter. L3	14/09/2020 05:42	14/09/2020 07:00	78	3703C23230CR017	Perdida por falla	Sistema hidraulico	Cilindro hidraulico	1.3	PM02
14/09/2020	Setiembre	Night	0405 Ch. Ter. L3	14/09/2020 03:24	14/09/2020 05:39	135	3703C23230CR017	Perdida por falla	Sistema hidraulico	Cilindro hidraulico	2.25	PM02
14/09/2020	Setiembre	Night	0405 Ch. Ter. L3	14/09/2020 19:00	15/09/2020 07:00	720	3703C23230CR017	Perdida por falla	Sistema hidraulico	Cilindro hidraulico	12	PM02
14/09/2020	Setiembre	Day	0405 Ch. Ter. L3	14/09/2020 07:00	14/09/2020 19:00	720	3703C23230CR017	Perdida por falla	Sistema hidraulico	Cilindro hidraulico	12	PM02
15/09/2020	Setiembre	Day	0404 Ch. Ter. L2	15/09/2020 17:55	15/09/2020 18:41	46	3703C23230CR016	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Limpieza	0.76666667	PM03
15/09/2020	Setiembre	Night	0405 Ch. Ter. L3	15/09/2020 19:00	15/09/2020 19:05	5	3703C23230CR017	Perdida por falla	Sistema hidraulico	Cilindro hidraulico	0.08333333	PM02
15/09/2020	Setiembre	Day	0405 Ch. Ter. L3	15/09/2020 07:00	15/09/2020 19:00	720	3703C23230CR017	Perdida por falla	Sistema hidraulico	Cilindro hidraulico	12	PM02
17/09/2020	Setiembre	Night	0406 Ch. Ter. L4	18/09/2020 04:59	18/09/2020 07:00	121	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	2.01666667	PM01
18/09/2020	Setiembre	Night	0406 Ch. Ter. L4	18/09/2020 22:39	19/09/2020 07:00	501	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	8.35	PM01
18/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	18/09/2020 19:00	18/09/2020 22:38	218	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	3.63333333	PM01
18/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	18/09/2020 07:00	18/09/2020 19:00	720	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	12	PM01
18/09/2020	Setiembre	Night	0410 Ch. Ter. L8	18/09/2020 19:00	18/09/2020 19:09	9	3703C23230CR028	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Limpieza	0.15	PM03
18/09/2020	Setiembre	Day	0410 Ch. Ter. L8	18/09/2020 18:20	18/09/2020 19:00	40	3703C23230CR028	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Limpieza	0.66666667	PM03
19/09/2020	Setiembre	Night	0403 Ch. Ter. L1	19/09/2020 22:54	19/09/2020 23:38	44	3703C23230CR015	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Limpieza	0.73333333	PM03
19/09/2020	Setiembre	Night	0406 Ch. Ter. L4	19/09/2020 19:00	20/09/2020 07:00	720	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	12	PM01
19/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	19/09/2020 07:00	19/09/2020 19:00	720	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	12	PM01
20/09/2020	Setiembre	Day	0405 Ch. Ter. L3	20/09/2020 11:12	20/09/2020 13:34	142	3703C23230CR017	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	2.36666667	PM01
20/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	20/09/2020 13:51	20/09/2020 14:36	45	3703C23230CR018	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Sensor de Nivel	0.75	PM02
20/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	20/09/2020 13:32	20/09/2020 13:41	9	3703C23230CR018	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Sensor de Nivel	0.15	PM02
20/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	20/09/2020 12:05	20/09/2020 12:55	50	3703C23230CR018	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Sensor de Nivel	0.83333333	PM02
20/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	20/09/2020 12:03	20/09/2020 12:04	1	3703C23230CR018	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Sensor de Nivel	0.01666667	PM02
20/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	20/09/2020 07:00	20/09/2020 10:33	213	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Reparacion Mecanica	3.55	PM01
21/09/2020	Setiembre	Day	0408 Ch. Ter. L6	21/09/2020 08:34	21/09/2020 10:18	104	3703C23230CR026	Perdida por falla	Electrica/Instrumentacion	Varidor/Arrancador	1.73333333	PM02
21/09/2020	Setiembre	Night	0403 Ch. Ter. L1	21/09/2020 19:00	21/09/2020 19:00	720	3703C23230CR015	Perdida operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora Aguas abajo	2	PM04
24/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	24/09/2020 18:38	24/09/2020 19:00	22	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora Aguas abajo	0.36666667	PM04
24/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	24/09/2020 10:51	24/09/2020 18:14	443	3703C23230CR018	Reserva operativa	Detenido/restringido manualmente	Demora Aguas abajo	7.38333333	PM04
25/09/2020	Setiembre	Night	0406 Ch. Ter. L4	25/09/2020 19:00	26/09/2020 07:00	720	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	12	PM01
25/09/2020	Setiembre	Day	0406 Ch. Ter. L4	25/09/2020 09:22	25/09/2020 19:00	578	3703C23230CR018	Perdida planificada	Mantenimiento planificado	Mantenimiento Planeado	9.63333333	PM01
25/09/2020	Setiembre	Day	0									

ANEXO N°10: ORDENES DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Campo de clasificación	Orden	Pto. t.bjo. operación	Texto breve operación	Fe.inic.más temprana	Cantidad	Duración norma	Trabajo	Prioridad	Trabajo real	Fecha de fin real
3703C23230CR018	400010454262	VC2MEST	REPOSICION EDGE BLOCKS CR018	17/09/2020	0	0.0	0.0	3	0.0	17/09/2020
3703C23230CR018	400010454262	VC2MEST	REPARACION DE EDGE BLOCKS CR018	17/09/2020	1	5.0	5.0	3	5.0	17/09/2020
3703C23230CR018	400010454262	VC2MEST	PREVIOS Y HABILITACION RASPADORES CR018	17/09/2020	1	5.0	5.0	3	5.0	17/09/2020
3703C23230CR018	400010454262	VC2MEST	MONTAJE DE SLIDERS CR018	18/09/2020	1	1.0	1.0	3	1.0	18/09/2020
3703C23230CR018	400010466256	VC2MEST	INST TUBERIA ENFRIAMIENTO CR018	30/09/2020	1	6.0	6.0	3	0.0	11/09/2020
3703C23230CR016	400010483508	VC2MEST	S-INST SIST ENFRIAMIENTO CR016	1/09/2020	1	2.0	2.0	3	2.0	1/09/2020
3703C23230CR018	400010512488	VCONCNF	AGILE#VSM ModIF cuello mesa cuadrada	9/09/2020	0	0.0	0.0	3	0.0	
3703C23230CR016	400010514445	VC2INS1	INST.FLUJ SIST.HIDR. CR016 ACOMETR CABLE	1/09/2020	2	8.0	16.0	2	14.0	6/09/2020
3703C23230CR015	400010640858	VC2INS1	nC_RAMP_INST SENSORES RTDs SIST. REFRIG.	8/09/2020	1	0.1	0.1	3	0.1	13/09/2020
3703C23230CR028	400010770402	VC2MEST	CAMBIO DE PLACAS LATERALES CR028	2/09/2020	0	0.0	0.0	3	0.0	3/09/2020
3703C23230CR028	400010770402	VC2MEST	MEDICION STUDS CR028	2/09/2020	0	0.0	0.0	3	10.0	3/09/2020
3703C23230CR028	400010770402	VC2MEST	LIMPIEZA	2/09/2020	0	0.0	0.0	3	0.0	3/09/2020
3703C23230CR018	400010839782	VC2MEST	CAMBIO DE EDGE BLOCKS CR018	30/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	30/09/2020
3703C23230CR015	400010879521	VC2MEST	S- Cambio Liner Hopper HPGR S1	30/09/2020	0	0.0	0.0	3	2.0	30/09/2020
3703C23230CR027	400011036429	VC2MEST	MEDICION DE STUDS CR027	24/09/2020	2	2.0	4.0	3	4.0	24/09/2020
3703C23230CR015	400011375454	VC2PL1	RCM C2 CR015 INSPECCIONAR RODILLOS	13/09/2020	0	0.0	0.0	2	0.0	
3703C23230CR018	400011376032	VCONCNF	Asesoría Técnica Implementacion Antiskew	1/09/2020	0	0.0	0.0	3	0.0	
3703C23230CR015	400011387428	VC2INS1	ADQ_POSICIONADOR HPGR CR015	11/09/2020	1	1.0	1.0	3	1.0	13/09/2020
3703C23230CR015	400011387428	VC2INS1	bypass CAMBIO DE TRANSDUCTOR HPGR15	11/09/2020	1	2.0	2.0	3	2.0	13/09/2020
3703C23230CR015	400011393811	VC2INS1	AV HPGR015 reponer sensor slider	11/09/2020	1	2.0	2.0	3	1.0	13/09/2020
3703C23230CR016	400011410263	VC2ELE1	SERV. MTTO ELECTRICO - GUARDIA 21 AGOSTO	1/09/2020	1	0.1	0.1	3	0.1	1/09/2020
3703C23230CR027	400011422902	VC2ELE1	PREVIOS: REVISAR CAJAS DE RTDs	11/09/2020	2	4.0	8.0	3	2.0	11/09/2020
3703C23230CR027	400011422902	VC2ELE1	PREVIOS:COORDINAR RETIRO DE LINEAS SCI	11/09/2020	1	1.0	1.0	3	2.0	11/09/2020
3703C23230CR027	400011422902	VC2ELE1	CH-III ACOY MOV DE MOTOR PARA CAMBIO	11/09/2020	1	1.0	1.0	3	2.0	11/09/2020
3703C23230CR027	400011422902	VRCMELE2	PED ELE C2 ET MOTOR HPGR027	16/09/2020	2	2.0	4.0	3	5.5	16/09/2020
3703C23230CR027	400011422902	VRCMELE2	REPORTE PED ELE C2 ET MOTOR HPGR027	16/09/2020	0	0.0	0.0	3	0.0	
3703C23230CR025	400011437683	VC2MEST	S- Cambio liners Desacarga HPGR S2	27/09/2020	1	5.0	5.0	3	5.0	27/09/2020
3703C23230CR025	400011438660	VC2INS1	REPONER SENSORES SLIDER HPGR25	8/09/2020	1	2.0	2.0	3	4.0	13/09/2020
3703C23230CR025	400011438660	VC2INS1	CALIBRAR CUCHILLAS HPGR25	8/09/2020	1	2.0	2.0	3	4.0	13/09/2020
3703C23230CR016	400011440335	VCONGAN	S-REPARACION 3 RODAMIENTOS ELLADOS SKF	30/09/2020	1	1.0	1.0	3	0.0	
3703C23230CR016	400011465485	VC2MEST	RCM C2 CR016 EVALUAR DESGASTE ROLL EXT	8/09/2020	0	0.0	0.0	3	5.0	8/09/2020
3703C23230CR025	400011469646	VC2MEST	MONTAJE SLIDERS CR025	8/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	8/09/2020
3703C23230CR025	400011469646	VC2MEST	MEDICION STUDS CR025	9/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	9/09/2020
3703C23230CR025	400011469646	VC2MEST	PREVIOS MONTAJE SLIDERS CR025	11/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	11/09/2020
3703C23230CR016	400011472192	VC2MEST	HABILITAR RASPADOR PRIMARIO	8/09/2020	1	1.0	1.0	3	1.0	8/09/2020
3703C23230CR016	400011472192	VC2MEST	REPARACION DE SLIDERS	8/09/2020	1	1.0	1.0	3	1.0	31/08/2020
3703C23230CR016	400011472192	VC2MEST	MONTAJE SLIDER+CAMBIO PLACAS CR016	1/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	1/09/2020
3703C23230CR016	400011472192	VC2MEST	MEDICION STUDS CR016	8/09/2020	1	1.0	1.0	3	1.0	8/09/2020
3703C23230CR025	400011474216	VC2MEST	ROTULAR CABLES SALAS LUBRICACION 8 HPGR	1/09/2020	1	2.0	2.0	3	4.0	31/08/2020
3703C23230CR028	400011487815	VRCMNDT2	UT C2 CH3 CR028 STUD CHANCADORA	3/09/2020	0	0.0	0.0	3	15.0	3/09/2020
3703C23230CR027	400011492499	VC2MEST	PREVIOS CAMBIO MOTOR FIJO CR027	10/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	10/09/2020
3703C23230CR027	400011492499	VC2MEST	INSPECCION CAMBIO DE RASPADORES	30/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	30/09/2020
3703C23230CR025	400011498939	VC2INS1	nHPGR-025 Temperatura alta rodamiento	8/09/2020	1	4.0	4.0	1	4.0	13/09/2020
3703C23230CR016	400011504014	VRCMNDT2	UT C2 CH3 CR016 STUD CHANCADORA	9/09/2020	0	0.0	0.0	3	9.0	9/09/2020
3703C23230CR025	400011508727	VC2PL1	RCM C2 CR025 ENGRASAR MOTOR FIJO ACOPL	10/09/2020	0	0.0	0.0	2	0.0	
3703C23230CR015	400011512129	VRCMNDT2	UT C2 CH3 CR015 STUD CHANCADORA	11/09/2020	0	0.0	0.0	3	8.0	11/09/2020
3703C23230CR017	400011520640	VC2MEST	CAMBIO DE CILINDROS EMBOLO BUSO CR017	15/09/2020	1	1.0	1.0	3	1.0	15/09/2020
3703C23230CR017	400011520640	VC2MEST	CAMBIO DE CILINDROS EMBOLO BUSO CR017	15/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	15/09/2020
3703C23230CR018	400011534676	VC2MEST	INST. SISTEMA LUBR RODAMIENTOS HPGR018	18/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	18/09/2020
3703C23230CR018	400011534676	VC2MEST	INST. SISTEMA LUBR RODAMIENTOS HPGR018	19/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	19/09/2020
3703C23230CR018	400011534676	VC2MEST	INST. SISTEMA LUBR RODAMIENTOS HPGR018	22/09/2020	1	10.0	10.0	3	10.0	22/09/2020
3703C23230CR025	400011536872	VC2INS1	REVISION SLIDER CR025	14/09/2020	1	2.0	2.0	3	2.0	18/09/2020
3703C23230CR016	400011537272	VC2ELE1	CH-III REV/CAMBIO LUMINARIAS HPGR 16	19/09/2020	2	2.0	4.0	3	5.0	20/09/2020
3703C23230CR017	400011537274	VC2ELE1	CH-III REV/CAMBIO LUMINARIAS HPGR 17	19/09/2020	2	2.0	4.0	3	5.0	20/09/2020
3703C23230CR017	400011539375	VRCMNDT2	UT C2 CH3 CR017 STUD CHANCADORA	20/09/2020	0	0.0	0.0	3	6.0	20/09/2020
3703C23230CR028	400011540549	VC2ELIN	Cambio de selenoide Y13	21/09/2020	0	0.0	0.0	2	2.0	21/09/2020
3703C23230CR015	400011544084	VCONCNF	C- PRUEBA LINERS SERIE HW EN CUELLO HPGR	29/09/2020	0	0.0	0.0	3	0.0	
3703C23230CR018	400011545025	VGEIMEI	INST. TABLEROS SENSORES SIST. LUB. CR018	21/09/2020	1	1.0	1.0	3	0.0	
3703C23230CR027	400011547130	VRCMVIB2	Sege C2 Vib CR027 Mot Fijo 26/09	26/09/2020	1	1.0	1.0	3	0.0	26/09/2020
3703C23230CR025	400011549219	VC2INS1	REV RODAMIENTO RODILL MOVI CR025	22/09/2020	1	1.0	1.0	2	1.0	24/09/2020
3703C23230CR018	400011554339	VRCMNDT2	UT C2 CH3 CR018 STUD CHANCADORA	25/09/2020	0	0.0	0.0	3	6.0	25/09/2020
3703C23230CR027	400011556594	VRCMVIB2	Ped C2 Vib CR027 Mot Fijo	25/09/2020	1	1.0	1.0	3	0.7	26/09/2020
3703C23230CR018	400011558071	VC2INS1	PREVIOS SIST REFRIG POR ACEITE CR018	26/09/2020	1	2.0	2.0	3	4.0	27/09/2020
3703C23230CR018	400011558071	VC2INS1	INSTALACION BANDEJAS HPGR018	25/09/2020	1	2.0	2.0	3	2.0	26/09/2020

ANEXO N°11: RESUMEN DE PRODUCCIÓN DE LOS MESES SETIEMBRE Y NOVIEMBRE

FECHA DE CALCULO		Tonelaje promedio diario TPH								Tonelaje acumulado diario TM		tn HPGR
		CR015	CR016	CR017	CR018	CR025	CR026	CR027	CR028	CV019	CV029	Acumulado mes
1/09/2020 07:00	2/09/2020 06:59	2912.4	0.0	3088.0	3556.5	3031.3	3312.9	2902.7	2995.1	75132.9	77630.1	423175.52
2/09/2020 07:00	3/09/2020 06:59	2823.2	2770.2	2791.6	3110.6	2714.6	2867.4	2466.2	2516.4	65179.7	67958.5	469445.64
3/09/2020 07:00	4/09/2020 06:59	2725.3	2945.5	2972.9	2675.2	2616.2	2852.0	2343.3	2534.6	67306.2	71080.1	459958.06
4/09/2020 07:00	5/09/2020 06:59	2464.8	2621.9	2775.9	2801.2	2760.1	2801.5	2645.5	2452.8	71215.6	69895.0	401771.05
5/09/2020 07:00	6/09/2020 06:59	1921.7	1793.8	1686.4	0.0	2670.8	2702.9	2653.1	2662.2	6620.6	80520.5	386181.37
6/09/2020 07:00	7/09/2020 06:59	1900.0	1909.1	1607.6	201.5	2909.7	2936.4	2782.6	2976.4	2961.4	82096.2	413363.63
7/09/2020 07:00	8/09/2020 06:59	2613.6	2779.6	2728.7	2981.1	2200.6	2751.9	2530.6	2717.3	78457.6	84998.6	411279.70
8/09/2020 07:00	9/09/2020 06:59	1917.1	2559.3	2222.5	2770.4	2341.5	2578.2	2507.1	2503.0	76878.1	61292.4	465579.95
9/09/2020 07:00	10/09/2020 06:59	2295.5	2699.7	2503.9	2626.3	2830.6	3144.2	2626.9	2897.7	84163.5	70392.7	478994.43
10/09/2020 07:00	11/09/2020 06:59	2391.2	3019.7	2849.0	2961.2	2957.2	3328.6	2615.2	2982.0	84281.1	74685.5	474500.37
11/09/2020 07:00	12/09/2020 06:59	2668.2	2835.0	2774.0	2572.4	2978.0	3364.7	2811.0	3030.1	69554.0	71266.4	402799.70
12/09/2020 07:00	13/09/2020 06:59	2498.6	2825.6	2664.1	2685.4	2328.1	2839.2	2677.1	2779.1	75619.2	75033.8	461133.83
13/09/2020 07:00	14/09/2020 06:59	2432.0	2824.9	2528.9	2607.9	2438.3	3043.4	2763.8	2537.0	84037.2	74055.4	428227.49
14/09/2020 07:00	15/09/2020 06:59	2871.3	3193.9	0.0	2802.0	2365.2	3018.9	2754.4	2623.7	86077.0	58438.4	471108.05
15/09/2020 07:00	16/09/2020 06:59	2063.3	2439.5	2210.8	2355.0	1780.3	2216.2	2378.5	2144.4	56167.5	51959.7	422112.50
16/09/2020 07:00	17/09/2020 06:59	2626.9	2274.0	2461.4	2599.7	0.0	2173.0	2368.8	2546.0	79457.9	47542.1	409192.39
17/09/2020 07:00	18/09/2020 06:59	2388.9	2393.9	2338.6	2742.2	2208.1	2305.3	2134.7	2347.7	79993.5	50197.5	452628.59
18/09/2020 07:00	19/09/2020 06:59	2594.4	2712.7	2694.3	0.0	2340.8	2612.9	2397.9	2375.2	75738.4	50561.5	425478.24
19/09/2020 07:00	20/09/2020 06:59	2678.2	2894.6	2913.5	0.0	2543.4	2629.8	2425.0	2283.3	77125.5	70377.9	442336.72
20/09/2020 07:00	21/09/2020 06:59	2033.8	2101.9	1948.0	837.6	2596.5	2665.2	2463.6	2581.9	55605.7	74409.1	413486.87
21/09/2020 07:00	22/09/2020 06:59	0.0	0.0	0.0	0.0	2750.5	3015.0	2850.6	2862.5	2366.1	77381.2	275486.65
22/09/2020 07:00	23/09/2020 06:59	0.0	0.0	0.0	0.0	2763.2	2736.3	2700.0	2592.1	0.0	75390.0	258999.22
23/09/2020 07:00	24/09/2020 06:59	0.0	0.0	0.0	0.0	2378.7	2434.7	2413.9	2360.0	0.0	68566.7	230094.06
24/09/2020 07:00	25/09/2020 06:59	1909.0	2279.2	1988.2	433.8	1994.5	2553.9	2425.1	2116.0	42387.5	67889.3	376795.50
25/09/2020 07:00	26/09/2020 06:59	2650.5	2767.8	2829.9	0.0	2295.0	2528.0	2177.2	2528.2	66143.0	68095.0	426636.84
26/09/2020 07:00	27/09/2020 06:59	2903.8	3137.1	2823.6	2994.3	2046.1	3191.0	2559.5	3019.6	73607.0	75759.2	454200.99
27/09/2020 07:00	28/09/2020 06:59	2874.1	2880.3	2850.8	2860.3	0.0	1182.2	940.6	850.6	80169.1	75833.4	346531.545
28/09/2020 07:00	29/09/2020 06:59	2895.3	2958.1	2790.2	2857.4	0.0	0.0	0.0	0.0	79011.8	0.0	276024.22
29/09/2020 07:00	30/09/2020 06:59	3086.4	3217.2	3062.4	3152.4	0.0	0.0	0.0	0.0	83755.5	0.0	300442.26
30/09/2020 07:00	1/10/2020 06:59	3046.3	3068.3	3012.5	3101.1	0.0	1695.4	1665.7	1642.9	84148.2	5767.4	413573.09
		68185.7	69902.8	67118.0	58285.5	62839.5	75544.2	68980.8	70457.7	1863161.1	1879073.6	12071538.5
1/11/2020 07:00	2/11/2020 06:59	2744.2	2759.4	2520.9	2122.2	1956.1	2633.3	2466.5	2352.3	71314.1	73555.2	459317.47
2/11/2020 07:00	3/11/2020 06:59	2671.9	2644.6	2602.2	2740.0	1562.1	2669.5	2295.0	2682.4	69911.5	62775.4	446826.65
3/11/2020 07:00	4/11/2020 06:59	2809.3	2924.8	2823.2	2891.9	2820.7	2795.1	2581.2	2691.4	78836.7	81897.3	416103.74
4/11/2020 07:00	5/11/2020 06:59	2798.8	2524.2	2952.8	3024.3	2760.9	2891.0	2775.7	2893.8	77458.1	75845.2	472918.42
5/11/2020 07:00	6/11/2020 06:59	2607.5	2891.1	2856.1	0.0	2844.5	2988.4	2602.3	2852.1	73965.7	59931.5	471409.33
6/11/2020 07:00	7/11/2020 06:59	2816.8	3052.0	2880.3	3067.9	2929.9	3010.4	2865.2	2814.6	75625.0	76107.7	462487.44
7/11/2020 07:00	8/11/2020 06:59	2865.6	3020.9	2905.5	3296.4	2796.4	2924.8	2860.3	2861.9	80756.2	83522.4	474764.35
8/11/2020 07:00	9/11/2020 06:59	2934.6	3120.7	3154.9	3067.1	3023.1	3223.6	2377.6	3092.2	80186.9	78633.8	465851.23
9/11/2020 07:00	10/11/2020 06:59	3033.5	3441.6	3332.1	2916.0	2970.3	3272.0	0.0	3064.1	75983.1	77781.7	418710.61
10/11/2020 07:00	11/11/2020 06:59	2284.8	2665.2	1814.7	679.6	3101.8	3250.3	2252.8	2173.3	20741.8	77737.3	437339.77
11/11/2020 07:00	12/11/2020 06:59	0.0	0.0	0.0	0.0	2912.4	3190.2	3116.2	3072.4	0.0	82316.7	294988.67
12/11/2020 07:00	13/11/2020 06:59	2208.9	2200.1	2184.0	1887.4	2583.2	2894.9	2837.7	2583.4	18729.7	88556.8	465114.54
13/11/2020 07:00	14/11/2020 06:59	2958.4	3150.6	2611.5	3058.9	2060.6	3012.7	2686.5	2865.7	58960.1	82730.3	427717.44
14/11/2020 07:00	15/11/2020 06:59	2891.2	3176.0	1967.3	3354.9	2758.0	3268.4	2635.8	3053.0	71551.1	80855.2	464511.95
15/11/2020 07:00	16/11/2020 06:59	2897.4	3043.8	2398.8	3502.0	2682.4	2797.0	2393.5	2767.9	78064.5	78585.8	409589.75
16/11/2020 07:00	17/11/2020 06:59	2542.2	3159.7	2400.0	3351.3	2868.5	3042.3	2614.2	2974.0	76539.0	78699.5	450853.13
17/11/2020 07:00	18/11/2020 06:59	2315.3	3152.5	2626.3	3492.7	2736.3	2869.2	2416.6	2755.0	79074.5	72126.6	466733.35
18/11/2020 07:00	19/11/2020 06:59	2335.1	3251.8	2973.3	3668.2	2715.6	2788.6	2369.6	2738.7	80747.4	70569.3	458181.06
19/11/2020 07:00	20/11/2020 06:59	2007.5	2884.9	2959.1	3444.3	2473.0	2770.5	2489.0	2781.1	77682.0	74821.4	463426.82
20/11/2020 07:00	21/11/2020 06:59	0.0	3206.3	3059.7	3266.6	3112.6	3309.0	2782.2	3207.3	78812.4	78043.0	476647.24
21/11/2020 07:00	22/11/2020 06:59	0.0	3259.9	3245.6	3528.5	2893.4	2914.9	2671.3	2901.0	77436.4	72344.2	453946.66
22/11/2020 07:00	23/11/2020 06:59	2128.0	3458.4	3439.0	3612.2	2702.8	3380.9	2682.6	3106.9	78749.6	76195.9	438257.30
23/11/2020 07:00	24/11/2020 06:59	2804.5	3305.8	3328.2	3376.2	0.0	3525.7	2831.5	3238.5	80168.7	74872.9	447850.26
24/11/2020 07:00	25/11/2020 06:59	2205.7	2470.6	2414.4	2606.6	1728.6	2843.9	1995.8	2586.1	90474.9	10097.3	452442.56
25/11/2020 07:00	26/11/2020 06:59	2993.0	3273.4	3176.0	3324.7	0.0	0.0	0.0	0.0	90017.7	0.0	306411.35
26/11/2020 07:00	27/11/2020 06:59	2439.5	2258.6	3093.7	3359.1	11.2	838.9	823.4	115.7	85295.3	0.0	310563.46
27/11/2020 07:00	28/11/2020 06:59	2274.7	2259.9	2288.1	1805.2	1522.2	2533.5	2316.4	2586.0	84340.6	47592.3	422061.88
28/11/2020 07:00	29/11/2020 06:59	2450.1	2878.7	3000.2	3078.3	2710.1	3057.1	2688.6	2957.2	85635.5	56831.4	407685.61
29/11/2020 07:00	30/11/2020 06:59	1738.1	3059.2	2945.1	3156.5	2967.2	3022.3	2524.3	2913.0	86915.1	60028.0	475814.98
30/11/2020 07:00	1/12/2020 06:59	2663.9	3024.4	2947.9	3452.9	3014.2	2982.8	2511.3	2812.1	88879.8	59893.0	471828.15
		69420.5	85519.3	80900.9	84131.9	71218.2	84701.1	70463.0	79493.1	2172853.1	1992947.2	13090355.2

ANEXO N°13: PROTOCOLO DE REPARACIÓN Y PRUEBA DE MOTORES ELÉCTRICOS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

ACONDICIONAMIENTO DE CAJAS EN MOTOR DE 2500 KW SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A

1. Información General

Ord. No.:	MOSE- 1920051	Preparado por:	Jack Torres
Orden:	1920051	Revisado por:	
Departamento:	MOSE taller Arequipa	E-mail:	Jack.torres@pe.abb.com
Fecha:	17/10/2020	QC:	

1.1. Detalles de la Maquina

Serial No	HM1007243
Marca	ABB
Modelo / Tipo	TNCC630LC06B3MVW
Potencia (KW)	2500
Voltaje (V)	4000
Corriente (A)	425.4
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (rpm)	1194
Numero de Polos	6
Clase de Aislamiento	F
Factor de servicio	-

1.2. Comentarios

Motor paso las pruebas eléctricas estáticas y dinámicas satisfactoriamente después de su mantenimiento.

En el estator se realizó el desmontaje, cambio de los cables de salida, reacondicionamiento de los ductos de salida de cables en el estator, fabricación de dos ductos para la fijación de las cajas de conexiones proporcionadas por el cliente, mantenimiento de las 02 cajas de conexiones, aisladores y platinas de conexiones, además se realizó el cambio de grasa por indicación del cliente, es suministro y colocación de 02 bases soporte para acelerómetro.

Nota: Se les aplicó a los rodamientos grasa MOBILITH SHC 100, suministrada por el cliente

2. Protocolo Final

2.1. Resistencia Óhmica

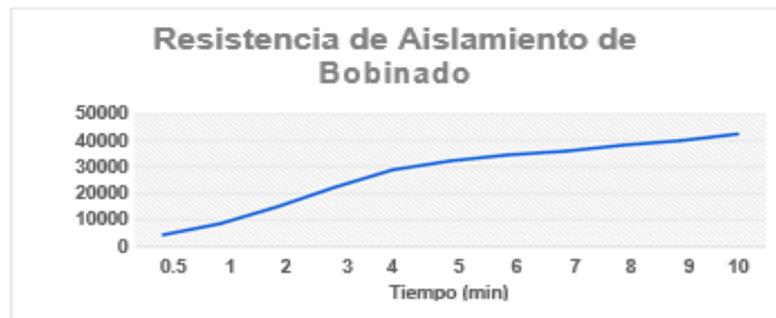


Equipo	MICROHMIMETRO		Código	DM-MS-1C-144	
Bobinado	T_{amb} (°C)	T_{bob} (°C)	U-V(Ω)	V-W(Ω)	U-W(Ω)
Estator	21	21	0.0373	0.0374	0.0375

Equipo	MULTIMETRO		Código	DM-MS-1C-093	
Sensores de Temperatura					
Terminales		(Ω)	Ubicación		
1R1 – 1R1		107.3	Bobinado		
2R1 – 2R1		108.2	Bobinado		
3R1 – 3R1		108.4	Bobinado		
4R1 – 4R1		107.7	Bobinado		
5R1 – 5R1		107.8	Bobinado		
6R1 – 6R1		107.8	Bobinado		
7R1 – 7R1		108.1	Lado acople		
8R1 – 8R1		107.9	Lado no acople		
Resistencia de Calefacción					
Terminales		(Ω)	Ubicación		
H1-H1		213.0	Carcaza		
H2-H2		218.1	Carcaza		

2.2. Resistencia de Aislamiento

Equipo	MEGOHMETRO		Código	DM - MSA - 01V - 105		
Bobinado	Voltaje (V)	T_{bob} (°C)	IR_{1min} (MΩ)	IA	IP	
Estator (U V W - G)	2500	20	8 810	1.88	4.82	



2.3. Funcionamiento en Vacío

Equipo	DM – MS – 01V - 029	Equipo	DM – MSA – 01C - 102	Equipo	DM-MS-2C-044
Parámetro	Valor		Parámetro	Valor	
Voltaje (V)	4000 – 4000 - 4000		Corriente (A)	121 – 122 - 121	
Frecuencia (Hz)	60		Velocidad (RPM)	1194	
T _{bob} (°C)	19		T _{amb} (°C)	19	
T Rodamiento LA	58		T. Rodamiento LNA	51	
Tiempo de Prueba (Hrs)	1 ½		Dirección	HORARIO	

2.4. Vibraciones

Equipo		DM-MS-3C-079	
Punto	Valor RMS (mm/s)	Punto	Valor RMS (mm/s)
1VH	0.58	2VH	0.57
1VV	0.67	2VV	0.69
1VA	0.86	2VA	0.62



Jack Torres
Quality Tester
Motors and Generators

ANEXO N°14: FORMATO CAMBIO DE LÍMITES DE TEMPERATURAS EN RODAMIENTOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

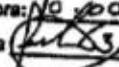
ANEXO 1 - Permiso de Puente o bypass y Cambio de Límites

IDENTIFICACIÓN			
Equipo (Tag):	C2_3230CR025 M1/M2 Coloquial: Motor Rodillo Fijo / Movil HPGR25 Área: Chancado Terciario		
Puente / Límite (Tag):	(M1) C2_3230_TI_37220/ (M2) C2_3230_TI_37225		
Coloquial Puente / Límite:	Se aumenta el límite Hi de 90°C a 95°C de motor de rodillo fijo HPGR25. Se aumenta el límite Hi Hi de 95°C a 106°C de motor de rodillo fijo HPGR25.		
Fecha de Solicitud (dd/mm/aaaa):	01/12/2020	Hora de Solicitud:	10:00
Solicitante (Nom / Ape.):	Brandon Zapana Flores	Área:	Lubricación C2 ID: 070342
EVALUACIÓN Y CONTROL DEL RIESGO			
Descripción del problema y/o falla:	Aumento de T° por flumbeo de grasa en rodamientos lado libre de motor HPGR25		
Evaluación del Riesgo:	Daño de componentes por aumento de T° VEP (A) (B) (C)		
Control del Riesgo:	Monitoreo de Temperatura de Motor eléctrico rodillo fijo de HPGR25 cada 02 horas. Monitoreo por parte de RAMP y Lubricación.		
Superintendencia:	Mantenimiento Mecánico Molienda C2	Fecha (dd/mm/aaaa):	01/12/2020 Hora: 10:00
Supervisor (Nom / Ape.):	Brandon Zapana Flores	ID:	070342 Firma: 

AUTORIZACIONES

He tomado conocimiento de las razones y de los riesgos asociados a este puente y/o cambio de límite y estoy de acuerdo con su implementación. Con mi firma autorizo tal implementación:

Área Operativa: OP. CHANCADO C2 Fecha (dd/mm/aaaa): 01/12/20 Hora: NO VO

Supervisor Op. (Nom / Ape.): JAIINE BENECIA B. ID: 66117 Firma: 

Requiere autorización de Gerencia (Interlocks de Seguridad / Planta de Molibdeno):

Gerencia: _____ Fecha (dd/mm/aaaa): ____/____/____ Hora: ____:____

Gerente (Nom / Ape.): _____ ID: _____ Firma: _____

IMPLEMENTACIÓN

Con mi firma doy fe de que estoy implementando el puente o cambio de límite solicitado, bajo conocimiento de que se ha respetado el procedimiento establecido para tal fin:

Cargo: Supervisor M1/M2 C2 Fecha (dd/mm/aaaa): 01/12/2020 Hora: 11:35

Nombres y Apellidos: Jaiine Medina ID: 21160 Firma: 

LEVANTAMIENTO

Con mi firma autorizo el levantamiento del puente o cambio de límite, a petición del área solicitante:

Área Operativa: CHANCADO C2 Fecha (dd/mm/aaaa): 05/12/2020 Hora: 03:00

Supervisor Op. (Nom / Ape.): Luis Vaccari ID: 67148 Firma: 

Con mi firma doy fe de que he retirado el puente o cambio de límite antes implementado, quedando operativas las condiciones de operación y funciones de protección originales:

Cargo: SUPERVISOR E/I C2 Fecha (dd/mm/aaaa): 05/12/20 Hora: 03:00

Nombres y Apellidos: JOSE LUIS QUIROZ CASTRO ID: 71153 Firma: 

**ANEXO N°16: REGISTRO DE CAPACITACIÓN DE DIFUSIÓN DE
PROCEDIMIENTO PARA CAMBIO DE RODILLOS DE MOLIENDA DE ALTA
PRESIÓN**

		REGISTRO DE CAPACITACIÓN		Registro: 001-P-02-2
				Revisión: 02
				Fecha Actualización: 09/01/2013
TIPO DE ORIENTACION / ENTRENAMIENTO				
CHARLA DE INICIO DE TURNO <input type="checkbox"/> CURSO DE CAPACITACION <input type="checkbox"/> <u>OTROS(Especificar) Difusión</u>				
AREA RESPONSABLE: <u>Operaciones</u>			LUGAR: <u>Campo</u>	
TEMA: <u>Procedimiento para el cambio de Rodillos de Alta Presión</u>				
EXPOSITOR: <u>Marco Velásquez</u>		FECHA: <u>14-10-2012</u>	DURACIÓN (MIN): <u>15</u>	
CARGO DEL EXPOSITOR: <u>SR. OP</u>		FIRMA:		
N°	NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FIRMA	
1	<u>Luis SAGSI RENDÓN</u>	<u>4155719</u>		
2	<u>Walter Chirinos López</u>	<u>41917231</u>		
3	<u>Wilmer Burgos</u>	<u>10349239</u>		
4	<u>Macobail Roper Uchisi</u>	<u>16242301</u>		
5	<u>Marco Huanca Torres</u>	<u>7045814</u>		
6	<u>Christian Rana Cuyo</u>	<u>4217854</u>		
7	<u>Miguel A. Lomdon</u>	<u>2021999</u>		
8	<u>Rene Yane Quiroga</u>	<u>47781866</u>		
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
Emitido Por:		Revisado Por:		Aprobado Por:
Nombre y Cargo:		Nombre y Cargo:		Nombre y Cargo:
Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma

ANEXO N°17: HOJA TÉCNICA DE LUBRICANTE PARA MOTORES ELÉCTRICOS

Grasa sintética, aplicaciones hasta 180 °C

Mobilith SHC 100, 220 y 460

Grasas sintéticas

Descripción

Las Mobilith SHC 100, 220 y 460 son grasas super premium que combinan las características únicas de un fluido base sintético con un espesante de jabón complejo de litio. La naturaleza libre de ceras del fluido base sintético provee excelentes movilidad y bombeabilidad a baja temperatura y valores muy bajos de torques de arranque y operación. Su bajo coeficiente de fricción comparado con aceites minerales provee una excelente lubricación a baja temperatura, además del potencial ahorro de energía y reducción de las temperaturas de operación en la zona de carga de los rodamientos.

Aplicación

La Mobilith SHC 100 es una grasa antidesgaste particularmente adecuada para aplicaciones de rodamientos de velocidad elevada, como los presentes en motores eléctricos, donde se requiere reducción de fricción, bajo desgaste y larga vida de servicio. La grasa Mobilith SHC 100 posee un rango de temperaturas de aplicación entre -40 °C y 180 °C.

La Mobilith SHC 220 es una grasa de extrema presión multipropósito recomendada para aplicaciones industriales y automotores de servicio pesado. Tiene un grado NLGI 2 pero tiene la bombeabilidad a baja temperatura de la mayoría de las grasas minerales de grado NLGI 0. El rango de temperaturas apropiado se encuentra entre -40 °C y 180 °C.

La Mobilith SHC 460 es una grasa de extrema presión recomendada para aplicaciones industriales de servicio severo. Provee una excepcional protección a los rodamientos bajo cargas pesadas a velocidades moderadas y bajas y en aplicaciones donde un factor crítico es la resistencia al agua. El rango de temperaturas de operación adecuado es entre -40 °C y 180 °C. La grasa Mobilith SHC 460 ha demostrado una excepcional performance en aceras, fábricas de papel y aplicaciones marinas.

Beneficios

Las grasas sintéticas Mobilith SHC 100, 220 y 460 son reconocidas solucionadoras de problemas. Han demostrado un desempeño superior versus los productos de la competencia en aceras y ambientes húmedos incluyendo plantas de tratamiento de aguas y aplicaciones de ultramar.

Los ensayos de laboratorio a 180 °C confirman su menor volatilidad y mayor vida de servicio que las grasas competidoras.

- Amplio rango de aplicaciones
- Excepcional desempeño tanto a altas como a bajas temperaturas
- Excelente resistencia a la herrumbre, la corrosión y la oxidación
- Aumento de la protección contra la penetración del agua
- Reducción del desgaste bajo cargas pesadas (Mobilith SHC 220 y 460)
- Reducción del consumo de energía (Bajo coeficiente de fricción)
- Libres de cloro, plomo y nitratos

Salud y Seguridad

Basados en la información toxicológica disponible se ha establecido que estos productos no causan efectos adversos significativos a la salud cuando son manejados o usados apropiadamente. No es necesario tomar precauciones especiales adicionales a las buenas prácticas de higiene personal, las cuales incluyen el evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

Un Boletín con información detallada de salud y seguridad puede ser obtenido a través de su representante o distribuidor autorizado Mobil.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

Ensayos	Método de ensayo	Mobilith SHC		
		100	220	460
Grado NLGI	ADTM D 217	2	2	1-1/2
Espesante		Complejo de litio		
Color	Visual	Rojo		
Penetración trabajada	ADTM D 217	280	280	305
Punto de goteo, °C	ADTM D 2266	250	250	250
Viscosidad del aceite base				
CGI a 40 °C	ADTM D 446	100	220	460
CGI a 100 °C		14,6	23,8	46,6
Carga OK Timken, Kg	ADTM D 2609	AD	20,4	22,7
Desgaste en 4 bolas, mm	ADTM D 2266	0,6	0,6	0,6
Carga de soldadura en 4 bolas, Kg	ADTM D 2696	250	250	250
Ensayo de lavado por agua destilada Emcor	IP 220 Mod.	0-0	0-0	0-0
Dray de agua, % de pérdida	ADTM D 4049	90	85	60



ANEXO N°18: VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE HERRAMIENTAS HIDRÁULICAS

LISTA DE VERIFICACIÓN EN SISTEMAS HIDRAULICOS				
NOMBRE DEL EQUIPO/HERRAMIENTA: <i>Bomba Hidráulica</i>		CAPACIDAD: <i>10000 PSI 700 Bar</i>		
MARCA: <i>Tower Team SPX</i>		MODELO/N°: <i>B-373264</i>		
SUPERINTENDENCIA DE AREA / EE.CC.: <i>Mito Mecanica Charadillo C2</i>				
UTILIZACION: <i>Cambio de Rodillos HPGR 15</i>				
1. INSPECCIÓN DE EQUIPOS HIDRAULICOS	BUEN ESTADO	MAL ESTADO	N.A.	Observación
1.1 CONECTORES ROSCADOS				
Verificar desgaste, fisuras en bujes de acople	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificar desgaste, fisuras en hilos hembra y macho	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificar válvulas de retención, que no estén trabadas, que no presenten golpes	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificar fisuras, desgaste en acople roscado del conector	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.2 CONECTORES TIPO BILIA				
Verificar desgaste, fisuras en bujes de acople	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificar desgaste, fisuras en hilos hembra y macho	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificar válvulas de retención que no estén trabadas, que no presenten golpes	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificar fisuras, desgaste en acople roscado del conector	<input checked="" type="checkbox"/>			
Verificar anillo de bilias	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.2 MANGUERAS HIDRAULICAS				
Verificar estado de acoplos prensados	<input checked="" type="checkbox"/>			
Inspeccionar el estado de la manguera (revisar cortes, fisuras etc)	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.3 BOMBA HIDRAULICA				
Revisar las válvulas direccionales	<input checked="" type="checkbox"/>			
Revisar el pezunte de conectores	<input checked="" type="checkbox"/>			
Inspeccionar manómetros	<input checked="" type="checkbox"/>			
Revisar el estado de las juntas roscadas	<input checked="" type="checkbox"/>			
Inspeccionar visualmente las válvulas de alivio	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.4 REVISAR EL ESTADO DE LAS GATAS HIDRAULICAS				
Revisar el estado del cuerpo de la gata	<input checked="" type="checkbox"/>			
Revisar el estado del vstalago	<input checked="" type="checkbox"/>			
Revisar si existen fugas en algun componente del sistema	<input checked="" type="checkbox"/>			
Revisar visualmente las válvulas de alivio (golpes, fugas, deformaciones, etc)	<input checked="" type="checkbox"/>			
1.5 OTROS:				
Los manómetros de la herramienta o sistema están en buenas condiciones y funcionando	<input checked="" type="checkbox"/>			
2. CONSIDERACIONES	SI	NO	N.A.	Observación
Conecte y abra los pedregos y riesgo asociados a este equipo	<input checked="" type="checkbox"/>			
Conecte la presión del equipo al sistema herramienta a verificar	<input checked="" type="checkbox"/>			
Todos los componentes del equipamiento son de la misma capacidad	<input checked="" type="checkbox"/>			
La herramienta/equipo se encuentra correctamente. (Según manual del fabricante)	<input checked="" type="checkbox"/>			
Después de realizar esta verificación se recomienda UTILIZAR EL EQUIPO/HERRAMIENTA: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>				
NOMBRE: <i>[Firma]</i>		NOMBRE: <i>[Firma]</i>		
SUPERVISOR RESPONSABLE		SUPERVISOR DE SSO		

ANEXO N°19: ADQUISICION Y REPARACION DE HERRAMIENTAS



Bomba de Grasa



Engrasadora con contador de Fluido



Bombas Con Fallo



Bombas Reparadas



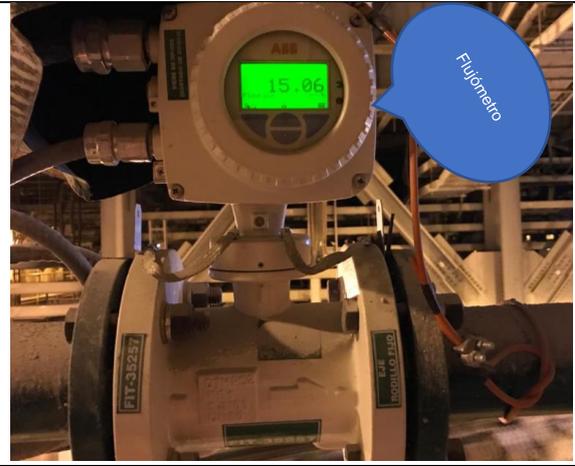
HERRAMIENTA DE PODER HYTORC

ANEXO N°20: INSTALACION DE LINEAS DE AGUA FRESCA



Intercambiador de calor

Intercambiador de calor



Flujómetro

Ingreso de línea de agua fresca