



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Aplicación del TPM para mejorar la eficiencia global de los  
equipos en la empresa BJ EQUIPOS S.A.C, Cañete 2021.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

**AUTORES:**

Gómez Marcos, Andrés Sunmar (ORCID: 0000-0002-1885-304)

Valdiviezo Otero, Danilo Esgardo (ORCID: 0000-0001-5250-8322)

**ASESOR:**

Mgtr. Molina Vílchez, Jaime Enrique (ORCID: 0000-0001-7320-0618)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión empresarial y productiva

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico este informe a mi familia los cuales son mi motor y motivo que me inspiran a seguir adelante y dar lo mejor cada día, para desempeñarme y ejercer este gran reto que es ser Ing. Industrial.

Así mismo no decaer en cada obstáculo y seguir en pie, con la ayuda de nuestro padre celestial que sin él no pudiésemos ser lo que nos proponemos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a nuestro creador Dios que nos permite gozar de buena salud y aun en momentos difíciles, como es la batalla del día a día con esta pandemia, seguir adelante, pesar de estos momentos difíciles no desistimos en seguir estudiando con trabajo y salud.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. MARCO TEÓRICO.....	12
II. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.3. Población, muestra y muestreo.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de análisis de datos.....	81
3.7. Aspectos éticos.....	81
III. RESULTADOS.....	82
IV. DISCUSIONES.....	92
V. CONCLUSIONES.....	96
VI. RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Correlación .....	5
Tabla 2. Ponderación total .....	5
Tabla 3. Ponderación de puntajes para Pareto .....	6
Tabla 4. Estratificación de causas .....	8
Tabla 12. Presupuesto .....	40
Tabla 14. Introducción al TPM .....	43
Tabla 15. Cronograma de la mejora .....	46
Tabla 17. Frecuencia de uso.....	51
Tabla 18. Funciones relacionadas a mantenimiento.....	53
Tabla 19. Ficha estándar de mantenimiento.....	57
Tabla 22. Capacitaciones enfocadas .....	60
Tabla 23. Lista de ítems .....	64
Tabla 24. Programa de lubricación y revisión de repuestos.....	65
Tabla 25. Plan de mantenimiento .....	66
Tabla 26. Ficha de control de fallas .....	68
Tabla 27. Registro de fallas .....	69
Tabla 28. Registro Mantenimiento Planificado Post test .....	71
Tabla 29. Registro de Mantenimiento Autónomo Post test.....	73
Tabla 30. Hoja de registro Eficiencia Global de Equipos Post test.....	75
Tabla 31. Mejora de indicadores de OEE .....	76
Tabla 32. Resumen de inversión .....	77
Tabla 33. Costos de servicio de mantenimiento .....	77
Tabla 34. Costos por servicio de mantenimiento Pre test.....	78
Tabla 35. Costos por servicios de mantenimiento Post test .....	78
Tabla 36. Ahorro mensual.....	78
Tabla 37. Costos necesarios para mantener la mejora .....	79
Tabla 38. Flujo económico .....	80
Tabla 39. Estadísticos descriptivos de OEE.....	82
Tabla 40. Estadísticos descriptivos de Disponibilidad .....	83
Tabla 41. Estadísticos descriptivos de Rendimiento .....	84
Tabla 42. Estadísticos descriptivos de Calidad .....	85
Tabla 43. Normalidad OEE .....	86
Tabla 44. Wilcoxon OEE .....	87
Tabla 45. Normalidad Disponibilidad .....	87
Tabla 46. Wilcoxon Disponibilidad .....	88
Tabla 47. Normalidad de Rendimiento .....	89
Tabla 48. T-Student Rendimiento .....	90
Tabla 49. Normalidad de Calidad .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ranking mundial de los mayores índices de eficiencia .....	2
Figura 2 Diagrama de Ishikawa .....	4
Figura 3. Pareto 80-20.....	7
Figura 4. Estratificación.....	9
Figura 5. Alternativas de solución .....	9
Figura 12. Eficiencia Global de Equipos Pre test .....	38
Figura 13. Causas principales .....	39
Figura 14. Tarjeta roja .....	49
Figura 15. Atribuciones de estandarización de mantenimiento.....	54
Figura 16. Frecuencia de inspección .....	54
Figura 17. Etiquetas de inspección.....	55
Figura 18. Inspección general .....	58
Figura 19. Afiche filosofía 5S.....	61
Figura 20 Afiche TPM .....	63
Figura 21. Mantenimiento Planificado Post test.....	72
Figura 22. Mantenimiento Autónomo Post test .....	74
Figura 23. Mejora de indicadores del TPM .....	74
Figura 24. Eficiencia Global de Equipos Post test.....	76

## **RESUMEN**

La investigación desarrollada tuvo como objetivo general determinar cómo la aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Para ello se reunió e investigó teoría relacionada y previa del Mantenimiento Productivo Total (TPM), específicamente de sus 2 principales pilares, el mantenimiento autónomo y el planificado. La investigación, metodológicamente, fue de tipo aplicada, nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño pre experimental. Además, se tomaron como variables al TPM (independiente) y a la eficiencia global de equipos (dependiente); cada una con sus dimensiones e indicadores respectivos.

A través de la implementación ordenada por pasos específicos de los pilares principales del TPM se obtuvo como resultados que la OEE mejoró más del doble (111.95%); así como también la disponibilidad (38.37%), el rendimiento (26.07%) y la calidad (21.51%) de los equipos.

En conclusión, se pudo deducir que la aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos; así como su disponibilidad, rendimiento y calidad en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

**Palabras clave:** TPM, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, OEE

## **ABSTRACT**

The general objective of the research was to determine how the application of TPM improves the overall efficiency of the equipment in the company BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

For this purpose, related and previous theory of Total Productive Maintenance (TPM) was gathered and investigated, specifically about its 2 main pillars, autonomous and planned maintenance. The research, methodologically, was of applied type, explanatory level, quantitative approach and pre-experimental design. In addition, TPM (independent) and overall equipment efficiency (dependent) were taken as variables, each with their respective dimensions and indicators.

Through the implementation ordered by specific steps of the main pillars of the TPM, it was obtained as results that OEE improved more than twice (111.95%); as well as the availability (38.37%), the performance (26.07%) and the quality (21.51%) of the equipment.

In conclusion, it could be deduced that the application of TPM improves the overall efficiency of the equipment; as well as its availability, performance and quality in the company BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

**Keywords:** TPM, autonomous maintenance, planned maintenance, OEE



## I. INTRODUCCIÓN

El término Eficiencia global de los equipos (OEE), tiene como referencia, el sistema de cálculo de la eficiencia especialmente para los trabajos específicos con equipos.

Para Cruelles (2012, p. 750), “el OEE es una técnica en el cual se puede calcular la eficiencia y la productividad de los equipos que desempeñan un papel muy importante”.

Dadas las exigencias, en cuanto, a las actividades de producción, resalta necesariamente optimizar el uso de los recursos, disminuir los tiempos, eliminar las fallas, desperfectos en los equipos, todo esto con el propósito de mejorar la eficiencia global tanto de los procesos como de los equipos de producción. Ante este panorama surge el mantenimiento productivo total (TPM), como el instrumento más eficaz de gestión del mantenimiento, brindando a las empresas ventajas tanto en la eficiencia como en productividad y calidad, de esta forma incrementan su competitividad en el mercado.

“La productividad industrial se encuentra ligada a la eficiencia de los equipos de producción. Una manera de aumentar la productividad, es mejorar la eficiencia de la gestión del mantenimiento sobre los equipos de producción y esto dependerá en la medida que se aplique el TPM” (Cuatrecasas y Torrel, 2010, p. 32).

Para hacer una breve reseña sobre el TPM, Siguenza sostiene al respecto: El TPM es una nueva filosofía de trabajo surgida en Japón el año 1961, gestionada en el área de mantenimiento, en donde se busca la eficiencia global de los equipos de producción a través de una línea de gestión de los equipos que inicia desde su fabricación hasta su corrección y prevención de los mismos. A nivel mundial la industria Toyota es la empresa que lidera en la implementación del TPM, disminuyendo los problemas, y con el tiempo surgen: Ford, Eastman, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson, son las empresas que han implementado el TPM con éxito reportando una mayor producción, producto de la implementación han elevado al máximo la eficiencia de sus equipos reduciendo sus tiempos por fallas en un 50% (Siguenza 2006, p. 2-5).

La OEE está conectada directamente con las herramientas del TPM con el objetivo de analizar y mejorar la operatividad de los equipos, identificando de esta forma las seis grandes pérdidas de tiempo que incurren dentro de los procesos producción a través de sus tres principales indicadores: Disponibilidad, Rendimiento, Calidad que son determinados en porcentajes. (Cuatrecasas y Torrel, 2010, p. 32).

Actualmente en el marco global, de acuerdo con la información de la revista Alnavío publicada en España; el país que tiene el mayor porcentaje de eficiencia en sus organizaciones y por ende una mayor eficiencia en sus equipos es EEUU, como se puede observar en la Sgte. figura.

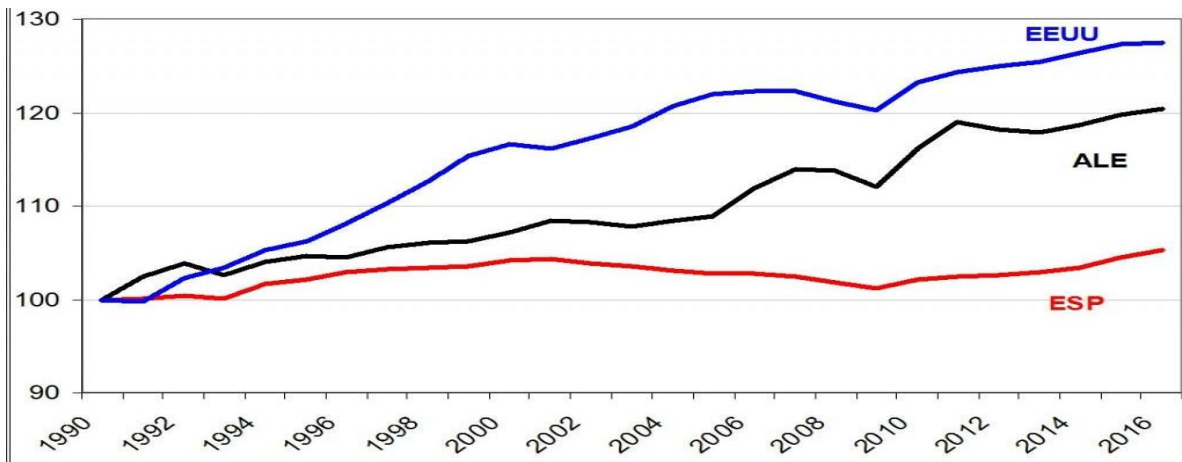


Figura 1 Ranking mundial de los mayores índices de eficiencia

La figura nos muestra cómo ha evolucionado la eficiencia total de los equipos, a través del tiempo en estos tres países líderes mundiales; esto refleja la mejora alcanzada en las empresas en cuanto a la eficiencia productiva de sus máquinas y a la renovación de sus tecnologías en sus organizaciones, producto de una correcta implementación del TPM.

En Colombia debido a los desafíos de la competencia en la Industria Colombiana ha innovado una mejora de la gestión de mantenimiento a través de la aplicación del TPM, dentro de la organización ha logrado maximizar la eficiencia global de sus equipos. La Cervecería Unión de Colombia tiene en sus sedes implementado el TPM, por consiguiente ha obtenido un crecimiento histórico, a través de su desarrollo, la producción más amplia y la implementación de técnicas provenientes del TPM, extendiendo sus mejoras continuas en las condiciones de las líneas de producción. (revista Alnavío).

En el Perú son pocas las organizaciones que están usando técnicas que les permitan aumentar la eficiencia global de los equipos productivos, por ejemplo, las organizaciones que han implementado el TPM son muy pocas. Estas son las más reconocidas en el mercado como Kimberly Clark, Grupo Gloria, Ajeper, Lindley, Alicorp, entre otras; las cuales han conseguido racionalizar la gestión de sus equipos, optimizando su rendimiento y maximizando la producción; esto permite alcanzar una mejor posición en el mercado. (Gonzalo Asunción García Cabello, 2018).

La empresa BJ EQUIPOS SAC, se dedica al mantenimiento de maquinaria pesada a nivel nacional, se ubica en el departamento de Lima, distrito de Lurín. En la unidad de Cañete la elaboración de ordenes de servicio y reparación se encarga el jefe de mantenimiento, 1 supervisor de campo que se encarga de revisar las ordenes de servicio, que estén de acuerdo a las cartillas de mantenimiento. para realizar los servicios actualmente la empresa tiene problemas en trasladar a su personal a interior mina, el traslado se realiza en una camioneta 4x4 solo 2 técnicos por protocolos de sanidad, esto representa un problema para iniciar las operaciones, adicional tenemos la demoran en el almacén de 30 minutos para recepciona los consumibles y repuestos. Tenemos una representación de 20% de demoras donde influye las actividades de los técnicos.

Por cada equipo programado a ejecutar actualmente existe un tiempo de 8 horas aproximadamente por cada guardia (día/ noche), siguiendo la secuencia de la cartilla de mantenimiento tenemos 20 ítems, y por ítem existe una demora de aproximadamente 15 minutos, es lo que se ha podido observar durante el periodo de 2 meses, que se toma como referencia la implementación del TPM, se espera reducir las fallas y paradas con la finalidad de aumentar la disponibilidad en los equipos mejorando la gestión de mantenimiento.

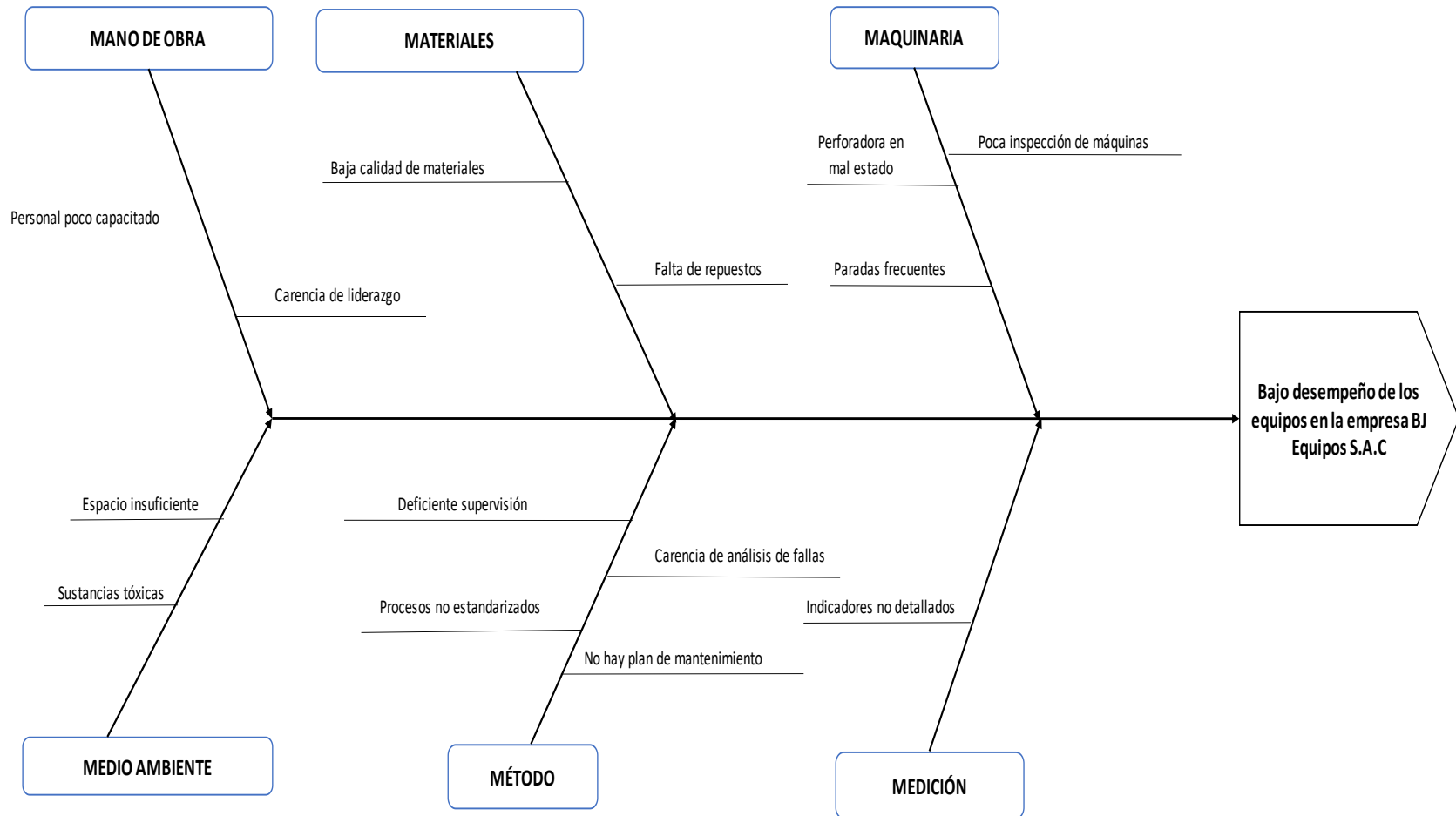


Figura 2 Diagrama de Ishikawa

Para un mejor y mayor análisis se calcula con la técnica de Pareto, para ello se realiza una matriz de correlación; considerando que las causas mostradas tienen una relación; fuerte =5, media =3, débil =1, no hay relación =0.

Tabla 1 Matriz de Correlación

ITEM	CAUSAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	PUNTAJE
C1	Deficiente supervisión		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
C2	Perforadora en mal estado	0		0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
C3	Sustancias tóxicas	0	0		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C4	Paradas frecuentes	1	1	0		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
C5	Carencia de liderazgo	0	0	0	0		0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
C6	No hay plan de mantenimiento	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	39
C7	Poca inspección de máquinas	3	3	3	3	3	2		3	3	3	3	3	3	3	38
C8	Personal poco capacitado	1	1	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	3
C9	Procesos no estandarizados	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0	1
C10	Baja calidad de materiales	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	1
C11	Falta de repuestos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1		0	0	0	2
C12	Carencia de análisis de fallas	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3		3	3	37
C13	Espacio insuficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0	1
C14	Indicadores no detallados	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1
<b>PUNTAJES TOTALES</b>																<b>141</b>

Fuente: Elaboración propia

En la matriz de correlación se puede observar las causas con mayor correlación como: en primer lugar; no hay un plan de mantenimiento con un total de suma de 39, en segundo lugar; poca inspección de equipos con una suma de 38, el tercer lugar, carencia de análisis de fallas 37, el cuarto lugar paradas frecuentes con la suma de 10.

Tabla 2. Ponderación total

ITEM	CAUSAS	PUNTAJE RELATIVO	FRECUENCIA	PONDERACIÓN TOTAL
C6	No hay plan de mantenimiento	39	5	195
C7	Poca inspección de máquinas	38	3	114
C12	Carencia de análisis de fallas	37	3	111
C4	Paradas frecuentes	10	5	50
C8	Personal poco capacitado	3	3	9
C2	Perforadora en mal estado	3	3	9
C1	Deficiente supervisión	2	3	6
C5	Carencia de liderazgo	2	1	2
C11	Falta de repuestos	2	3	6
C9	Procesos no estandarizados	1	3	3
C3	Sustancias tóxicas	1	1	1
C10	Baja calidad de materiales	1	5	5
C13	Espacio insuficiente	1	5	5
C14	Indicadores no detallados	1	3	3
		<b>141</b>		<b>519</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se demuestra la ponderación total resultado del producto entre el puntaje relativo obtenido en la correlación con la frecuencia, la cual tuvo valores entre 1, 3 y 5; ordenados de menor a mayor frecuencia.

Tabla 3. Ponderación de puntajes para Pareto

ITEM	CAUSAS	PONDERACIÓN TOTAL	PONDERACIÓN ACUMULADO	% RELATIVO	% ABSOLUTO	LEY 80-20%
C6	No hay plan de mantenimiento	195	195	37.6%	37.6%	80%
C7	Poca inspección de máquinas	114	309	22.0%	59.5%	80%
C12	Carencia de análisis de fallas	111	420	21.4%	80.9%	80%
C4	Paradas frecuentes	50	470	9.6%	90.6%	80%
C8	Personal poco capacitado	9	479	1.7%	92.3%	80%
C2	Perforadora en mal estado	9	488	1.7%	94.0%	80%
C1	Deficiente supervisión	6	494	1.2%	95.2%	80%
C3	Sustancias tóxicas	6	500	1.2%	96.3%	80%
C9	Procesos no estandarizados	5	505	1.0%	97.3%	80%
C10	Baja calidad de materiales	5	510	1.0%	98.3%	80%
C11	Falta de repuestos	3	513	0.6%	98.8%	80%
C13	Espacio insuficiente	3	516	0.6%	99.4%	80%
C14	Indicadores no detallados	2	518	0.4%	99.8%	80%
C5	Carencia de liderazgo	1	519	0.2%	100.0%	80%
		<b>519</b>		<b>100%</b>		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se observa los resultados de la escala de ponderación con su respectivo porcentaje acumulado, cumpliendo que el 20% son los problemas ocasionados del 80% del bajo desempeño de los equipos.

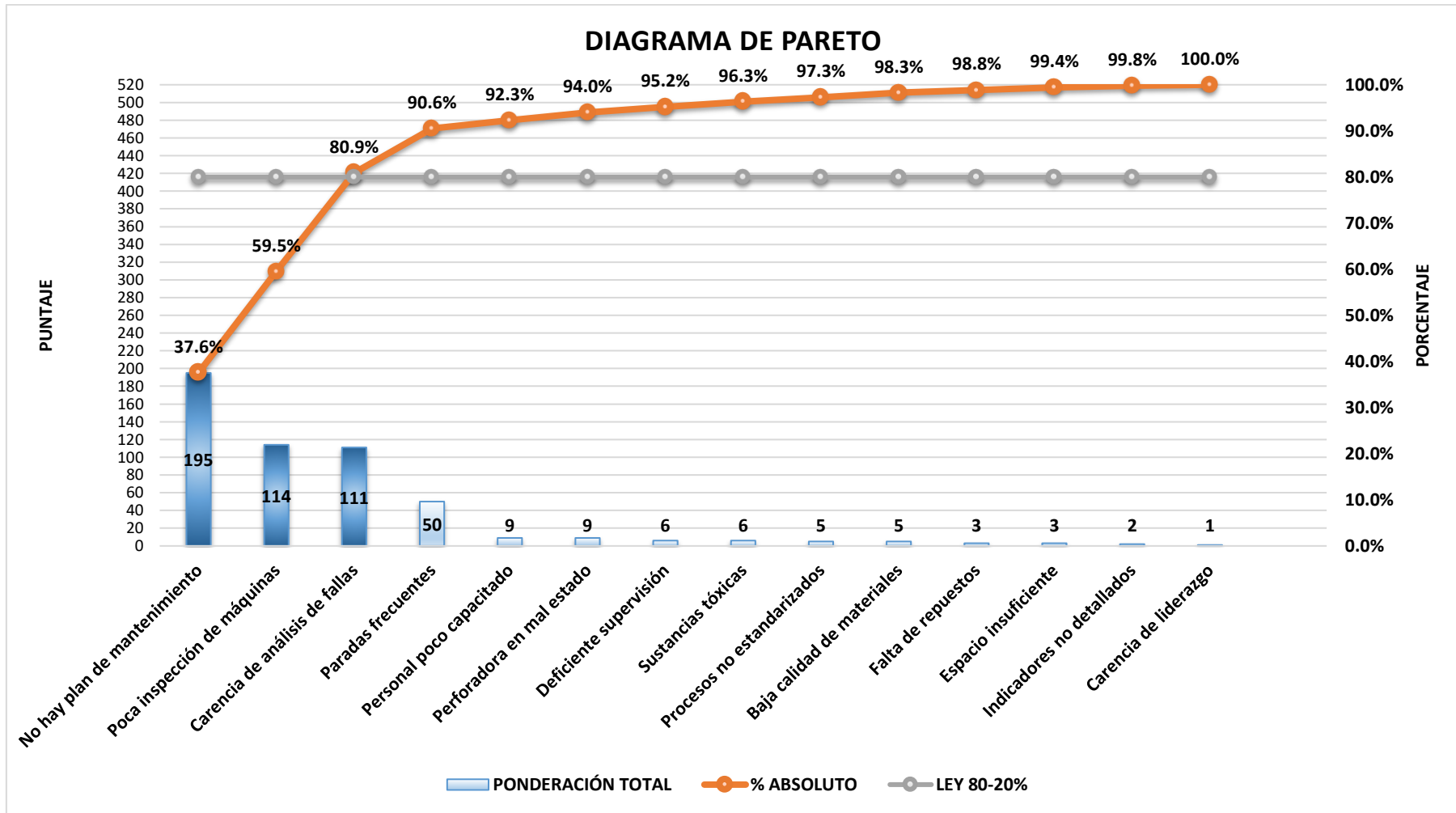


Figura 3. Pareto 80-20

Por medio del diagrama de Pareto podemos visualizar que tenemos problemas el cual no se tiene un plan de mantenimiento, muy poco se realiza las inspecciones a los equipos se carece de conocimiento técnico para realizar los análisis de fallas y es por ello que se tiene paradas frecuentes en la operación. Por esta razón se tomó al área de mantenimiento en aplicar la investigación.

Tabla 4. Estratificación de causas

ITEM	CAUSAS	PUNTAJE	TOTAL	ESTRATIFICACIÓN
C10	No hay plan de mantenimiento	195	368	<b>Mantenimiento</b>
C5	Poca inspección de máquinas	114		
C1	Paradas frecuentes	50		
C6	Perforadora en mal estado	9		
C1	Carencia de análisis de fallas	111	143	<b>Gestión</b>
C2	Personal poco capacitado	9		
C7	Deficiente supervisión	6		
C8	Procesos no estandarizados	5		
C15	Carencia de liderazgo	1		
C4	Indicadores no detallados	2		
C13	Espacio insuficiente	3		
C11	Sustancias tóxicas	6		
C12	Baja calidad de materiales	5	8	<b>Procesos</b>
C9	Falta de repuestos	3		

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se observa las causas que fueron asignadas por áreas, se puede mostrar que el área de mantenimiento lidera el resultado con un total de 368 puntos, lo cual se visualiza también en la siguiente figura:



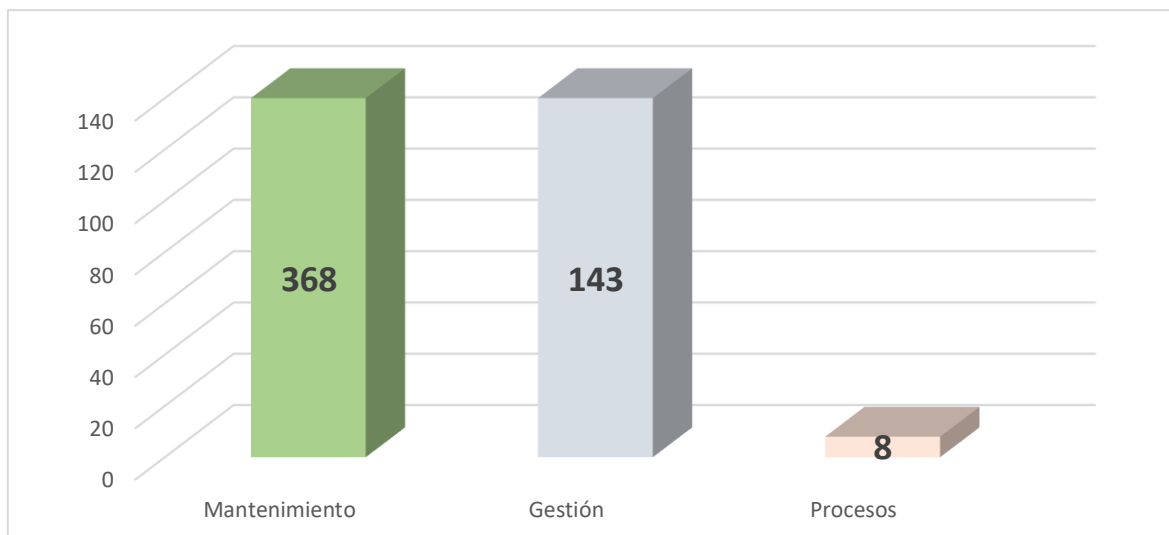


Figura 4. Estratificación

Finalmente se proponen y analizan las alternativas de solución, y mediante una comparación entre ellas tomando en cuenta los criterios, se obtuvo la mejor alternativa.

Figura 5. Alternativas de solución

Alternativas	Criterios				Total
	Solución al problema	Costos de implementación	Facilidad de implementación	Tiempo de aplicación	
RCM	1	1	1	1	4
RCA	1	2	2	2	7
TPM	2	2	2	2	8

No accesible (0) - Accesible (1) - Muy accesible (2)

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°4, se analizó cada una de las principales alternativas; para la alternativa RCM se obtuvo un puntaje de 4 en este caso la empresa no la considera ya que esta metodología está enfocada netamente a la gestión del mantenimiento para desarrollar estrategias que se enfocan en la confiabilidad de los equipos. En el caso de RCA obtuvo un resultado de 7, para este punto la empresa no lo considera idóneo implementarla por ser caro. Por último, la metodología del TPM, obtuvo un

puntaje de 8 y es el más recomendable y accesible para poder dar solución a la poca disponibilidad de los equipos, la empresa busca que sus trabajadores cuenten con la participación en el mantenimiento de sus propios equipos, siendo lo más óptimo la aplicación del TPM.

De esta manera, se logró formular el problema de la investigación general:

¿Cómo la aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?

Así mismo, resultaron los siguientes problemas específicos:

¿Cómo la aplicación del TPM mejora la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?

¿Cómo la aplicación del TPM mejora el rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?

¿Cómo la aplicación del TPM mejora la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?

Una investigación se justifica en relación a la solución de un problema, basado en argumentos científicos (Fernández Bedoya 2020).

La presente investigación tiene una justificación metodológica, es un proceso sistemático que determina las funciones de las organizaciones, en este caso la investigación ayudará a mejorar los objetivos de la empresa aplicando la ingeniería TPM que ayudará a optimizar los procesos correctivos del funcionamiento de la máquinas en mantenimiento.

Así mismo, presenta una justificación económica debido a que, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), debe influir en ganancias monetarias, lo cual si se cumple en esta investigación; lo cual se puede visualizar detalladamente en el flujo económico.

Finalmente, esta investigación tiene justificación práctica debido a que se aplica un problema determinado existente en la organización, en este caso, se mejoró la eficiencia global de equipos a través de la implementación adecuada del mantenimiento productivo total. Incluso se podría precisar que la investigación tuvo

justificación metodológica puesto que se usa una forma sistemática de implementar la alternativa de solución.

Teniendo en cuenta el problema; se planteó el objetivo general de la investigación: Determinar cómo la aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Así como también se plantearon los objetivos específicos:

Determinar cómo aplicación del TPM mejora la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Determinar cómo la aplicación del TPM mejora el rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Determinar cómo la aplicación del TPM mejora la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Finalmente, la hipótesis general fue:

La aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Y las hipótesis específicas resultantes fueron:

La aplicación del TPM mejora la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

La aplicación del TPM mejora el de rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

La aplicación del TPM mejora la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021

La presente información se puede visualizar al detalle en Anexos - Tabla 01.

## I. MARCO TEÓRICO

La base teórica se muestra iniciando por el detalle de los antecedentes, sean internacionales y nacionales, a continuación:

En primer lugar, Uddin, Sakaline y Khan (2021), en su artículo de investigación titulado *Enhancing OEE as a Key Metric of TPM Approach-A Practical Analysis in Garments Industries* tuvo como objetivo mejorar la eficiencia global de equipos como una clave a través del enfoque del mantenimiento productivo total en las industrias de confección. Esta investigación fue de tipo aplicada con nivel explicativo, buscando analizar de manera práctica lo mencionado mediante los indicadores finales de la OEE: disponibilidad, rendimiento y calidad. Como resultado de las implementaciones realizadas se obtuvo que el valor de la disponibilidad de equipos se incrementó en 2.44%; mientras que el rendimiento, en 13% y la calidad, en 1.05%; lo cual significó también un incremento de la OEE. En conclusión, se pudo decir que el mantenimiento productivo total pudo incrementar los valores de los indicadores de la eficiencia global de equipos, así como el valor del mismo. Como aporte de la investigación, se logró recoger ideas de implementación específicas relacionadas al TPM, y en especial, directamente relacionadas a las 5S; así como también, se pudo tener un mejor panorama del cálculo de los indicadores de la OEE.

Suryaprakash et al. (2020), en su artículo de investigación *Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using TPM*, tuvo como objetivo mejorar la eficiencia global de equipos de un centro de mecanizado usando TPM; puesto que se encontraron deficiencias y valores poco óptimos de la disponibilidad. La investigación fue de tipo aplicada y de nivel explicativo, descriptivo, exploratorio. A través de la implementación del TPM, se logró incrementos en los valores de la OEE; la disponibilidad aumentó en 4.01%, el rendimiento en 5.76% y la calidad, en 1%; todo ello permitió que el valor de la OEE incrementara en 11.20%. Mediante estos resultados se pudo llegar a la conclusión que la implementación del TPM mejoró la OEE en un centro de mecanizado. Como aporte se tuvo valores de cálculo importantes para el mantenimiento productivo total; y sumado a los de la OEE.

Nurprihatin, Angely y Tannady (2019), en su artículo científico *Total productive maintenance policy to increase effectiveness and maintenance performance using overall equipment effectiveness* tuvo como objetivo la implementación del mantenimiento productivo total y sus políticas requeridas para incrementar la efectividad y rendimiento de mantenimiento, enfocado en la eficiencia global de equipos. La investigación fue de tipo

aplicada y se desarrolló a través de la técnica de la observación directa con instrumentos de recolección de datos de los valores de disponibilidad, rendimiento y calidad de una máquina específica del área de empaquetado. Se obtuvo como resultado que la disponibilidad, rendimiento y calidad tenían un valor de 82.56%, 90.83%, 95.04%, respectivamente; es decir eso significó un valor de OEE de 71.27%; todos ellos por debajo de los estándares requeridos de clase mundial; debido a ellos encontraron deficiencias en algunas pérdidas (propias de las 6 grandes pérdidas); para lo cual usaron indicadores de MTBF y MTTR para poder conocer su valor actual y el después de la implementación realizada. En conclusión, la implementación del TPM puede no sólo incrementar, sino también medir y comparar los valores de la eficiencia global de equipos antes, durante y después del desarrollo de aplicación. Como aporte se sustrajo algunos pasos muy bien detallados para la implementación del TPM, además de la importancia de las 5S dentro de ello; incluso, fue muy notable el aporte del cálculo de los indicadores propios de la OEE; así como los 8 pilares del TPM, que sirvieron en conjunto con otros antecedentes, para obtener a los 2 más importantes y que tomaron el papel de dimensiones en la presente tesis.

Chandra, Chaturvedi y Kumar (2018), en su artículo *OEE Enhancement Using TPM in Light Machine Shop: a Case Study*, tuvo como objetivo mejorar la eficiencia global de equipos usando el mantenimiento productivo total en una tienda de máquinas ligeras. Metodológicamente, la investigación fue aplicada y de nivel explicativo. Mediante la implementación del TPM, resultó que el valor de la OEE pasó de 58.79 a 70.08%; debido a que sus indicadores también se incrementaron. El valor de la disponibilidad incrementó de 80 a 85.13%, el rendimiento de 76.92 a 83.13% y la calidad de 95.55 a 99.03%. Por lo tanto, se pudo concluir que la implementación del TPM mejoró la eficiencia global de equipos, la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. El aporte de este caso de estudio fueron las fórmulas para calcular los valores de OEE y los indicadores; así como las 6 grandes pérdidas.

Fam et al. (2018), muestra su artículo científico titulado *Total productive maintenance practices in manufacture of electronic components & boards industry in Malaysia*, con el objetivo de demostrar que la eficiencia global de equipos puede mejorar en una industria manufacturera de componentes y bandas electrónicas a través de las prácticas del mantenimiento productivo total. La investigación fue aplicada y se usó data primaria; es decir data medida en tiempo real a través de un software. Los resultados obtenidos muestran que existe una significativa y positiva relación entre la implementación de

prácticas de mantenimiento productivo total y la mejora de la eficiencia global de equipos durante el periodo determinado en dicho artículo; lo cual se dio principalmente por prácticas (pilares) del TPM: mantenimiento planificado, autónomo y enfocado. Como aporte se resalta los pilares principales del mantenimiento productivo total, así como el argumento no sólo de dicho artículo, sino también de otras fuentes citadas en el mismo.

Kasim et al. (2015), en su artículo de investigación *Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in Manufacturing Industries*, tuvo como objetivo principal mejorar la eficiencia global de equipo a través de la implementación del mantenimiento productivo total en industrias manufactureras, de las más importantes alrededor del mundo. Esta investigación es de tipo aplicada y de nivel explicativo/descriptivo. Mediante la implementación del TPM en 2 etapas, se pudo obtener como resultados que la OEE para tres industrias de Taiwán mejoraron en 51.46%, 67.27% y 26.78 cada una. Mientras que para una celda ensambladora el valor de la disponibilidad mejoró en 17%, el rendimiento en 8% y la calidad en 20%; por lo tanto, la OEE logró pasar de 39 a 69%, es decir mejoró en 76.92%. En conclusión, la implementación del TPM logró mejorar la eficiencia global de equipos. El aporte del artículo científico fueron los valores de los indicadores para la variable dependiente de la presente tesis (OEE), así como su cálculo, implementación y ciertos conceptos recabados dentro del mismo.

La Jara (2018), en su tesis titulada *Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global de los Equipos, en una fábrica de alimentos, en el área de hojalatería, Cercado, 2018*, tuvo como objetivo mejorar la OEE a través de la aplicación del TPM en una empresa de alimentos. Esta investigación fue aplicada, de nivel explicativo y enfoque cuantitativo; tomando como muestra a la producción diaria del área de hojalatería de la empresa de alimentos mencionada. Mediante dichas implementaciones del TPM se logró mejorar la eficiencia global de equipos de 65% a 81%. Como aporte se tomó la matriz de operacionalización, donde permitió tener mucho más claras las dimensiones posibles para una investigación similar; así como distintas propuestas relacionadas al TPM.

Caceres Carbajal (2018), en su tesis de grado titulada *Propuesta de mejora de la eficiencia global de los equipos orientado en el TPM para una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica*, tuvo como objetivo mejorar la eficiencia global de equipos enfocado en mantenimiento productivo total en una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica. Esta investigación fue tipo aplicada, nivel explicativo y enfoque cuantitativo; enfocando el TPM en el mantenimiento autónomo y el análisis modo de efecto

- falla; mientras que la OEE, en relación a la disponibilidad, efectividad y calidad. Finalmente se tuvo como resultado de la implementación del TPM una mejora de la disponibilidad de equipos de 3.1% (de 85.2% a 88.3%), de la efectividad o rendimiento de 6.8% (de 79.5% a 86.3%) y de la calidad de 0.1% (de 67.6% a 76.2%); consecuentemente, una mejora la OEE de 8.5% (de 67.6% a 76.2%). En conclusión, el TPM mejoró la OEE de la empresa mencionada. El aporte resaltante de esta investigación fueron los formatos para obtención de valores de indicadores, así como de las implementaciones relacionadas al TPM.

Así mismo se describe la base teórica relacionada a la investigación y sus variables, Mantenimiento Productivo Total y la Eficiencia Global de Equipos.

El Mantenimiento Productivo Total, de acuerdo con Díaz-Reza, García-Alcaraz y Martínez-Loya (2019), es una metodología que busca mantener en condiciones óptimas los equipos y maquinaria usados en una organización, sea de bienes y/o servicios.

Gandhi y Deshpande (2018) separan y definen cada una de las palabras del TPM; en primer lugar, "Total" hace referencia a la eficiencia global de las plantas incluyendo a la labor de todos los colaboradores, sin excepción por nivel jerárquico. "Productivo" está relacionado a producir productos libres de defectos teniendo en cuenta la seguridad; y por último, "Mantenimiento" significa incrementar el ciclo de vida de un producto o un sistema de producción.

Según Martomo y Laksono (2018), el TPM es un enfoque que sirve para maximizar la eficiencia de las máquinas usadas, involucrando no sólo al mantenimiento propiamente dicho, sino además, a los aspectos de operación e instalación de máquinas, así como la motivación a los trabajadores para seguir en la organización.

El TPM es un enfoque innovador del mantenimiento que optimiza la eficiencia de equipos, elimina las fallas y promueve la autonomía en los operadores en el día a día del trabajo (Pinto, Pimentel y Cunha 2016).

Azizi (2015), menciona que el mantenimiento productivo total se enfoca en maximizar la eficiencia y/o efectividad de equipos a través de su ciclo de vida por la participación y motivación de la fuerza de trabajo entera.

Ahuja y Khamba (2008), toman al TPM como una práctica y relativamente nueva aplicación del TQM (*Total Quality Management*) y se basa en fomentar una cultura en la cual los operadores desarrollen autonomía en sus máquinas, aprendiendo más de ellas y comprobar habilidades en el proceso relacionado a proyectos de diagnóstico y mejora de equipos.

Muy similar, lo define Mwanza y Mbohwa (2015), pues el mantenimiento productivo total (TPM) es una práctica de mejora de la productividad análoga al uso de la gestión de calidad total (TQM), mientras que lo describe como un concepto japonés de gestión de equipos que permite a una instalación mejorar decisivamente el rendimiento del equipo en el área de fabricación con la ayuda e implicación de todos los empleados.

Según Zarreh et al. (2019), el Mantenimiento Productivo Total ha utilizado ampliamente la estrategia de mantenimiento para mejorar la satisfacción del cliente y, por lo tanto, obtener un avance competitivo.

El mantenimiento productivo total (TPM) es una metodología de mantenimiento que se originó en Japón y consiste en la optimización de los procesos industriales, maximizando el desempeño de los equipos para generar una mayor productividad (dos Reis et al. 2019). El TPM tiene como objetivo la mejora continua y a largo plazo del rendimiento y, por lo tanto, también se traduce en la mejora del rendimiento financiero y la rentabilidad de las organizaciones (Sahoo y Yadav 2020).

Incluso otro autor como Mishra, Gupta y Sharma (2021), precisa que el TPM es una estrategia que se propone para exagerar la productividad de una empresa manufacturera así como la eficiencia de los equipos durante el transcurso de su uso en las operaciones mediante el aporte total y el entusiasmo de todo su personal.

Kigsirisin, Pussawiro y Noohawm (2016), relaciona el TPM a la práctica e implementación de la “Estrategia de los 8 pilares”, tomando en cuenta el concepto de una producción con cero defectos. Esos pilares se muestran en la siguiente figura:





Figura 5. Los 8 pilares del TPM

**Estos 8 pilares se describen a continuación:**

- **5S:** Comprenden el orden, clasificación, limpieza, disciplina y estandarización permitiendo gestionar mejor el lugar de trabajo.
- **Mantenimiento Autónomo:** Cuidar y reparar averías de equipos sin un especialista en mantenimiento, sino siendo manejada por el mismo operario.
- **Kaizen:** Relacionado a la mejora continua.
- **Mantenimiento planificado:** Previene las averías de equipos integrando el mantenimiento correctivo, preventivo y cero fallas.
- **Mantenimiento de calidad:** Mantener equipos para producir productos de calidad sin fallas.
- **Entrenamiento:** Capacitar/entrenar a operarios para manejar las fallas y equipos dañados incluyendo no solo el “Know-How”, sino también el “Know-Why”.
- **TPM en áreas administrativas:** Mejorar productividad y eficiencia en los roles administrativos.
- **Seguridad, Salud y Ambiente:** Predecir y prevenir peligros en el área de trabajo reconociendo campañas de cero accidentes, daños de salud e incendios.

Teniendo en cuenta estos pilares, se tomó como dimensiones de la variable independiente (TPM), al mantenimiento planificado y al mantenimiento autónomo, de acuerdo con el análisis de la problemática detallado en el anexo 1.

Definiendo con más detalles, el mantenimiento planificado reduce el tiempo de inactividad no planificado y permite planificar el mantenimiento para los momentos en que el equipo no está programado para las ejecuciones de producción activas (Agustiady y Cudney 2018).

Es el mantenimiento cuyo desarrollo se basa en la utilización del histórico de tasa de fallas del equipo (Adesta, Prabowo y Agusman 2018).

Mientras que el mantenimiento autónomo, es aquel que entrena y permite a los operadores de equipos encargarse de realizar el mantenimiento básico de los mismos (Adesta, Prabowo y Agusman 2018).

El mantenimiento autónomo es el pilar principal del TPM; pues brinda la autonomía y capacidad propia de mantener equipos y maquinarias al operario (Shinde y Prasad 2018). Martomo y Laksono (2018), menciona que, en empresas manufactureras, lo más común al implementar TPM en ellas, es medir su efecto a través de la Eficiencia Global de Equipos (OEE). Tal como menciona (Ferreira et al. 2020), el Mantenimiento Productivo Total se usa frecuentemente para mejorar la Efectividad Global de Equipos en distintas organizaciones. Por otro lado, la Eficiencia Global de Equipos (OEE) es una de las formas eficaces de analizar el rendimiento de una o más máquinas en una organización de fabricación. Ésta comprende la tasa de rendimiento, la disponibilidad y la tasa de calidad, que son medidas de las pérdidas del equipo (Chikwendu, Chima y Edith 2020).

El indicador de OEE se caracteriza por lo siguiente (Dobra y Jósваи 2021):

- Confiabilidad de la línea de producción
- Herramienta de valor para liberar la capacidad oculta
- Usada para medir la productividad de equipos
- Relación entre la fabricación real y la ideal
- Beneficios por parte del equipo, el personal, el proceso y la calidad

La eficacia global del equipo (OEE) se usa constantemente como una herramienta cuantitativa esencial para la medición de la productividad en las industrias manufactureras, así identificar y eliminar las pérdidas relacionadas para mejorar el rendimiento y la confiabilidad entre instalaciones (Heng et al. 2019).

La OEE es un indicador comúnmente utilizado en la industria para calcular la utilización de la capacidad de los instrumentos y se basa en tres categorías: disponibilidad, rendimiento y calidad (Settanni et al. 2021).



Figura 6. Factores de la OEE

**La disponibilidad** tiene en cuenta la pérdida de tiempo planificada y determina qué tan fuerte es la capacidad de la máquina para las funciones de valor agregado relacionadas con la disponibilidad planificada (Settanni et al. 2021). La disponibilidad se define como una relación entre el tiempo de producción planificado menos el tiempo de inactividad (averías y cambios) sobre el tiempo de producción planificado.

**El rendimiento** representa la medida de eficacia de un proceso y tiene en cuenta los retrasos y la pérdida de velocidad (Settanni et al. 2021). La eficiencia del rendimiento es el tiempo de ciclo ideal multiplicado por la cantidad de productos producidos durante el tiempo de ejecución real (Hedman, Subramaniyan y Almström 2016).

**La calidad** es la relación entre la cantidad adecuada y la cantidad producida y tiene en cuenta las pistas de pérdida de piezas (Settanni et al. 2021). La tasa de calidad es la relación entre los productos aceptados sobre el número de productos producidos (Hedman, Subramaniyan y Almström 2016).

Estos tres factores apuntan a capturar las seis grandes pérdidas en la producción, las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Las 6 Grandes Pérdidas

<b>Pérdidas por tiempo de inactividad</b>
1) Las fallas del equipo se clasifican como pérdidas de tiempo cuando se reduce la productividad y pérdidas de cantidad causadas por productos defectuosos
2) Las pérdidas de tiempo de configuración y ajuste son el resultado del tiempo de inactividad y los productos defectuosos que ocurren cuando finaliza la producción de un artículo y el equipo se ajusta para cumplir con los requisitos de otro artículo.
<b>Pérdidas de velocidad</b>
3) Al ralentí y las pérdidas por paradas menores se producen cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando una máquina está inactiva.
4) Las pérdidas de velocidad reducidas se refieren a la diferencia entre la velocidad de diseño del equipo y la velocidad de funcionamiento real.
<b>Pérdidas de calidad</b>
5) Se produce una reducción del rendimiento durante las primeras etapas de producción desde el inicio de la máquina hasta la estabilización
6) Los defectos de calidad y el retrabajo son pérdidas de calidad causadas por un equipo de producción defectuoso

Fuente: Hedman, Subramaniyan y Almström (2016).

Las metas de clase mundial para OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad tienen 85%, más del 90%, más del 95% y más del 99%, respectivamente. Si la OEE calculada es igual a la OEE de clase mundial, se interpreta que la organización manufacturera está en condiciones buenas; pero si el valor de la OEE es menor a dicha meta, significa que se requiere una mejora urgente de las políticas y estrategias de mantenimiento (Chikwendu, Chima y Edith 2020).

Tabla 6. Rango de valores de OEE

<b>Valor de OEE</b>	<b>Calificación</b>	<b>Impacto</b>
< 65%	Inaceptable	Pérdidas económicas Menor competitividad
≥ 65% < 75%	Regular	Pérdidas económicas Sólo aceptable si tiende a mejorar
≥ 75% < 85%	Aceptable	Leves pérdidas económicas Leve baja de competitividad Es necesaria una mejora
≥ 85% < 95%	Bueno	Buena competitividad
≥ 95%	Excelente	Excelente competitividad

Fuente: Cercós, Calvo y Domingo (2019).

## II. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue aplicada debido a que busca dar solución a un problema específico a partir de base científica recolectada; es decir del conocimiento, tal como lo indican Müggenburg y Pérez (2007). Lo mismo menciona Rojas (2015), pues busca dar alternativas de solución a un problema real.

El enfoque de la presente investigación fue cuantitativo; pues como precisa Fernández (2016), depende de la naturaleza de la variable en estudio; y ellas son también cuantitativas. O como menciona Liesa, Arranz y Vázquez (2013) se reduce a los visible, medible y cuantificable.

La investigación fue de nivel explicativo; debido a que, según Müggenburg y Pérez (2007), contestan detalladamente la razón de cierto fenómeno o conducta, dado por dos o más variables. Hernández, Fernández y Baptista (2014), también mencionan que es de este nivel debido a que dan respuesta a fenómenos a través de la segregación y análisis de causas.

El diseño de esta investigación fue preexperimental, puesto que según, Liesa, Arranz y Vázquez (2013), hay un grupo de control no equivalente y la asignación de los participante no es aleatoria; sumado a la existencia de pre y post test.

### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología que busca mantener en condiciones óptimas los equipos y maquinaria usados en una organización, sea de bienes y/o servicios. (Díaz-Reza, García-Alcaraz y Martínez-Loya 2019).

**Dimensión 1:** Mantenimiento planificado

Es el mantenimiento programado, cuyo desarrollo se basa en la utilización del histórico de tasa de fallas del equipo (Adesta, Prabowo y Agusman 2018).

El mantenimiento planificado reduce el tiempo de inactividad no planificado y permite planificar el mantenimiento para los momentos en que el equipo no está programado para las ejecuciones de producción activas (Agustiady y Cudney 2018).

$$\text{Mant. Planificado} = \frac{N. \text{órdenes terminadas}}{N. \text{órdenes programadas}} \times 100\%$$

N: Número o cantidad

## **Dimensión 2: Mantenimiento autónomo**

Es el mantenimiento que entrena y permite a los operadores de equipos encargarse de realizar el mantenimiento básico de los mismos (Adesta, Prabowo y Agusman 2018).

El mantenimiento autónomo es el pilar principal del TPM; pues brinda la autonomía y capacidad propia de mantener equipos y maquinarias al operario (Shinde y Prasad 2018).

$$\text{Mant. Autónomo} = \frac{\text{HH Ejecutadas M.A.}}{\text{HH Programadas M. A.}} \times 100\%$$

HH: Horas Hombre

M.A.: Mantenimiento Autónomo

## **Variable dependiente: Eficiencia de Global de Equipos**

La Eficiencia Global de Equipos (OEE) es una herramienta muy usada en distintas empresas para evaluar el nivel de utilización exitosa de los equipos dentro de la organización (Stadnicka y Antosz 2018).

## **Dimensión 1: Disponibilidad**

La disponibilidad es el área de la eficiencia global de equipos que compara entre la cantidad de tiempo que la máquina está produciendo y la cantidad de tiempo que estaba programada para producir (Ahmad, Hossen y Ali 2018).

$$D = \frac{\text{Total de equipo operativo}}{\text{Total de equipo}} \times 100\%$$

D: Indicador de Disponibilidad

**Dimensión 2: Rendimiento**

El rendimiento es el área de la eficiencia global de equipos que mide el nivel de unidades producidas en el tiempo total del turno con relación al número total de unidades previstas que se producirían (Ahmad, Hossen y Ali 2018).

$$R = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento real}}{\text{Tiempo de funcionamiento programado}} \times 100\%$$

R: Indicador de Rendimiento

**Dimensión 3: Calidad**

La calidad es el área de la eficiencia global de equipos que muestra la relación entre la entrada de producción en el proceso o equipo menos el volumen o número de defectos de calidad con respecto a la entrada de producción (Ahmad, Hossen y Ali 2018).

$$C = \frac{\text{N. Equipos adecuados}}{\text{N. Total de equipos}} \times 100\%$$

C: Indicador de Calidad





### 3.3. Población, muestra y muestreo

La población es el conjunto de elementos cuyas descripciones o características son similares, por lo cual son tomadas como objetos de estudio (Sánchez Carlesi, Reyes Romero y Mejía Sáenz 2018).

Por ello, en esta investigación la población fueron 60 datos diarios de la producción de los 4 equipos del área de mantenimiento de la empresa BJ EQUIPOS S.A.C, pues se tomaron 30 datos representativos antes de la mejora (julio) y 30 datos para después de la mejora, cuyos valores son similares a los históricos mostrados en la figura inferior.

Así mismo, se tuvo ciertos criterios para la delimitación de la población:

Criterio de inclusión: Se incluyen todos los datos de producción de los equipos durante la jornada laboral de 8 horas diarios de lunes a domingo.

Criterio de exclusión: Se excluyen todos los datos de producción dados por horas extras no incluidas en la jornada laboral y feriados acumulados

La muestra, de acuerdo con Sánchez Carlesi, Reyes Romero y Mejía Sáenz (2018), es el grupo de elementos salientes de la población mediante algún tipo de muestreo, sea probabilístico o no. Debido a que el muestreo de la investigación fue no probabilístico por conveniencia, se tomó como muestra a la producción de los equipos dentro de la empresa BJ EQUIPOS S.A.C. 30 días para el pre test y 30 días para el post test.

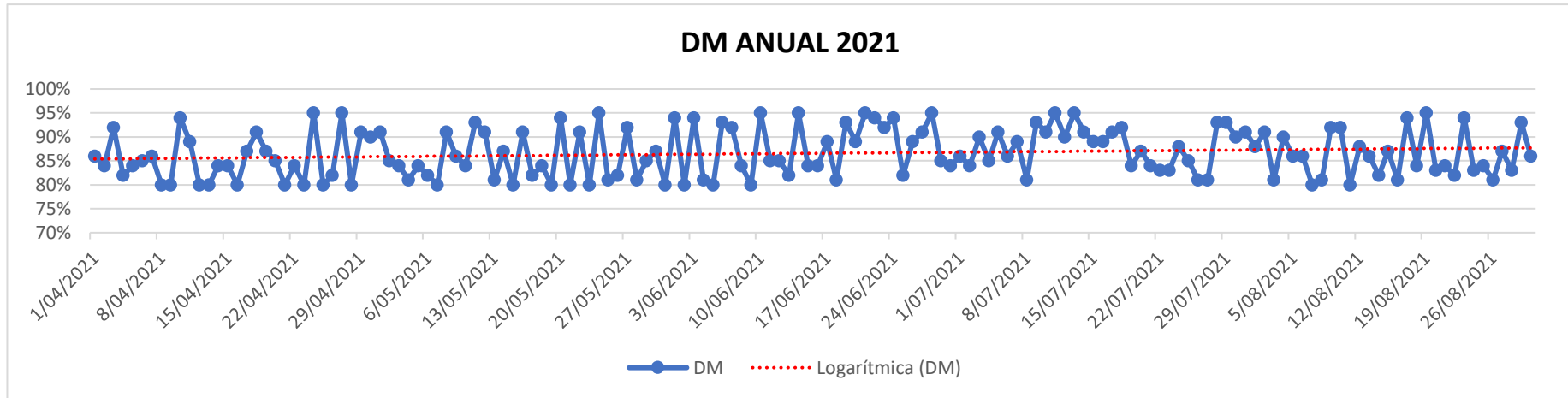


Figura 7. Datos históricos de DM

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Sánchez y Mavillard (2020) definen la “técnica” como una manera de realizar las mediciones de la investigación, tomando en consideración distintas especificaciones descritas en los instrumentos, según lo que se desee estudiar. En esta investigación se usó la técnica propia del registro de datos, la observación específicamente directa.

Mientras que los instrumentos son los medios usados para aplicar la técnica; por lo que se necesita siempre de un instrumento para realizar la técnica correspondiente, no son excluyentes según Sánchez y Mavillard (2020). En esta investigación se usaron como instrumentos de medición a las hojas de registros o simplemente registros. Se usó 1 hoja de registro para cada dimensión de la variable independiente (mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado) y 1 hoja de registro para la variable dependiente incluyendo a sus dimensiones (eficiencia global de equipos).

Variable	Técnica	Instrumento
Mantenimiento productivo total (TPM)	Análisis Documental	Hoja de registro
Eficiencia global de los equipos	Análisis Documental	Registro diario de campo

Fuente: Elaboración propia

La validez de los mismos se realizó mediante el juicio de expertos entregado y aprobado por 3 profesionales de la carrera cuyo título se opta. Pues de acuerdo con Cadena-Iñiguez et al. (2017), la validez es el grado en que una medición real se acerque o aleje de la medición ideal o deseada.



- Mg. Jaime Enrique Molina Vílchez.
- Mg. José la Rosa Zeña Ramos.
- Mg. Lino Rolando Rodríguez Alegre.

Por otro lado, la confiabilidad, según el mismo autor, es el grado en el que un instrumento logra obtener resultados iguales; además indica que, para términos, variables o dimensiones frecuentemente utilizadas y estudiadas, se toman como confiables por la base científica ya comprobada y sostenible. Por lo tanto, los instrumentos usados en esta investigación fueron confiables tomando temas muy comunes como el mantenimiento productivo total y la eficiencia global de equipos.

### 3.5. Procedimientos

#### Información de la empresa

BJ EQUIPOS S.A.C. es una empresa peruana ubicada en Cañete, Lima incorporada el 24 de febrero de 1997. Esta empresa se encarga de explotación de minas y canteras.

La información principal y pública de esta empresa es la siguiente:

Tabla 7. Datos principales de la empresa

<b>Nombre completo:</b>	BJ EQUIPOS S.A.C.
<b>Principales actividades:</b>	Mantenimiento Programados, preventivos, correctivos y predictivos. Servicios de Overhaul en maquinaria pesada. Servicios de desarrollo y extracción de metales y no metales.
<b>RUC:</b>	20606299720
<b>Fecha de inicio:</b>	20/02/1997
<b>Departamento</b>	Lima
<b>Provincia:</b>	Cañete
<b>Distrito</b>	Mala

Fuente: BJ Equipos S.A.C



## **Misión**

“Somos una empresa de servicios que cuida e incentiva la labor de sus trabajadores constantemente, en beneficio de todos”.

## **Visión**

“Ser una empresa reconocida mundialmente por sus actividades y resultados de calidad; así como, por las adecuadas condiciones de trabajo”.

## **Valores**

- Excelencia
- Seguridad
- Integridad
- Equidad

## **Descripción del área de mantenimiento**

Es el área encargada de gestionar y direccionar el mantenimiento realizando el ajuste, instalación, revisión, acondicionamiento y reparación de motores, maquinaria pesada e industrial y otros equipos mecánicos.

Para esta labor, se tienen los mecánicos o especialistas de mantenimiento, quienes además de realizar las actividades mencionadas anteriormente; desarrollan revisiones sistemáticas y asistemáticas para localizar e identificar averías y anomalías en el funcionamiento y así aplicar las acciones correctivas para disponer de la maquinaria en óptimas condiciones.

Las funciones principales de los mecánicos de mantenimiento son las siguientes:

- Diagnosticar, reparar y ajustar distintos tipos de maquinaria, instalaciones y elementos mecánicos.
- Montaje, instalación, puesta en marcha y reparación de equipos industriales.
- Análisis y reparación de maquinaria agrícola autopropulsada (tractores, empacadoras y cosechadoras).
- Proponer modificaciones de las instalaciones de acuerdo con la documentación técnica para garantizar la viabilidad del montaje, resolviendo los problemas de su competencia e informando de otras contingencias.

- Realizar las operaciones asociadas al montaje y mantenimiento de instalaciones.
- Fabricar y/o unir componentes mecánicos para el mantenimiento y montaje de instalaciones electromecánicas.
- Realizar el diagnóstico de las disfunciones o averías en los equipos o sistemas, a partir de los síntomas detectados, información aportada por el usuario, información técnica e historial de la instalación.

## Organigrama

La empresa está constituida por distintas áreas, teniendo en el mayor nivel jerárquico al Gerente de Proyectos, seguido por el Residente de Obra y el Jefe de Seguridad. Entre las 4 subáreas se encuentran el de mantenimiento dirigido por el jefe de Mantenimiento. El detalle en la siguiente figura:

Organigrama de la empresa

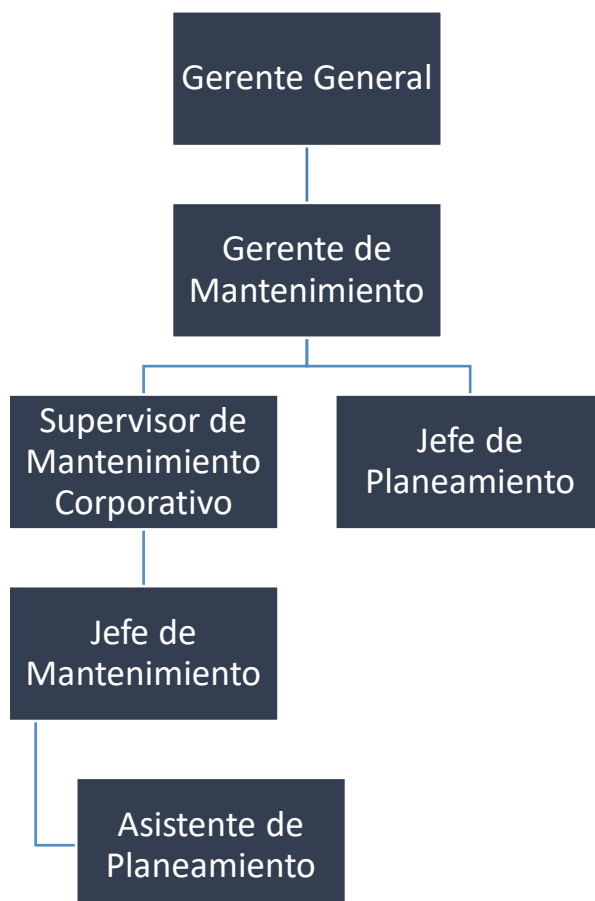


Figura 8. Organigrama del área de mantenimiento



Estas actividades se desarrollan siguiendo determinado orden. En primer lugar, se recepciona la(s) orden(es) de trabajo, para luego, previa capacitación breve, trasladarse al taller mina.

En el lugar se lavan los equipos con las herramientas adecuadas, luego se ubican en la zona de trabajo. Se ajustan los pernos de laterales y anclaje, ajustando COP según cartilla. Se realiza el cambio de grasa a la perforadora y de mangueras hidráulicas.

Continuamente, se inspecciona el Boom, se ajustan los pernos de la viga de perforación; realizando el mantenimiento correspondiente a la compresora, para finalmente realizar las pruebas finales y el seguimiento.

El detalle se muestra en la siguiente figura (DAP):



DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO DE MANTTO. PROGRAMADO									
Proceso: Mantto. Programado									
Empresa:		BJ EQUIPOS SAC							
Departamento/ Area:		Mantto. Mecanico Trackless							
Seccion:		Mantto. 40h Ajustes de Perforadora							
ACTIVIDAD	METODO ACTUAL	METODO MEJORADO	DIFERENCIA	OBSERVADOR					
Operación									
Inspección				Fecha:	8/09/2021				
Transporte				Metodo:	Actual	X			
Demora					Mejora				
Almacenaje				Tipo:	Operario				
Total					Material				
					Maquina	X			
N°	DESCRIPCION			●	■	→	⬇	⬇	TIEMPO (min)
1	Recepcion de Orden de Trabajo						X		20
2	Capacitacion 5 min			X					5
3	Traslado al Taller Mina					X			25
4	Ubicar el Equipo en el Lugar de Lavado			X					5
5	Selección de Herramientas Adecuadas - Formatos					X			10
6	Lavado de Equipos			X					180
7	Ubicar el Equipo en Zona de Trabajo			X					10
9	Desajuste de Pernos Laterales COP			X					20
10	Desajuste de Pernos de Anclaje COP			X					15
11	Ajuste de COP Según Cartilla			X					45
12	Ajuste de Pernos de Laterales COP			X					45
13	Ajuste de Pernos de Anclaje COP			X					15
14	Cambio de Grasa a la Perforadora			X					20
15	Cambio de Mangueras Hidraulicas			X					120
16	Inspeccion Visual del Boom					X			10
17	Ajuste de Pernos de la Viga de Perforacion			X					15
18	Mantto. A la Compresora			X					25
19	Realizar Pruebas del Correcto Funcionamiento			X					25
20	Seguimiento en Operación			X					45
21	<b>Tiempo Total</b>								<b>655</b>

Figura 9. Diagrama de Análisis del Proceso de Mantenimiento

Con el fin de desarrollar ordenada y organizadamente todo el procedimiento mostrado en este apartado, se realizó un cronograma, en el cual se incluyen todas las actividades del desarrollo de la investigación.



**Medición Pre test****Variable independiente: TPM****Dimensión 1: Mantenimiento Planificado**

Tabla 8. Registro Mantenimiento Planificado Pre test

HOJA DE REGISTRO MANTENIMIENTO PLANIFICADO			
EMPRESA:	BJ EQUIPOS S.A.C.	TIPO DE MEDICION:	PRE TEST
		MES:	JULIO
FECHA	N° ORDENES TERMINADAS	N° ORDENES PROGRAMADOS	MANTTO. PLANIFICADO
1	2	4	50.00%
2	5	6	83.33%
3	3	4	75.00%
4	5	5	100.00%
5	6	7	85.71%
6	4	6	66.67%
7	5	5	100.00%
8	3	5	60.00%
9	5	6	83.33%
10	6	7	85.71%
11	5	5	100.00%
12	5	6	83.33%
13	3	7	42.86%
14	3	4	75.00%
15	3	5	60.00%
16	5	6	83.33%
17	4	5	80.00%
18	4	4	100.00%
19	6	7	85.71%
20	6	6	100.00%
21	4	6	66.67%
22	5	6	83.33%
23	5	7	71.43%
24	3	6	50.00%
25	3	5	60.00%
26	4	4	100.00%
27	3	5	60.00%
28	5	7	71.43%
29	6	7	85.71%
30	4	6	66.67%
<b>Total</b>	<b>130.00</b>	<b>169.00</b>	<b>77.17%</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en esta tabla, el indicador del mantenimiento planificado tuvo un valor de 77.17% durante el periodo de pre test. Según lo mostrado se evidencia el incumplimiento de las ordenes programadas no llegando a cumplir por

diversos factores que se presenta en la operación, falta de movilidad para trasladarse, falta de repuestos, tareas las cuales se requiere de 2 o más personas.

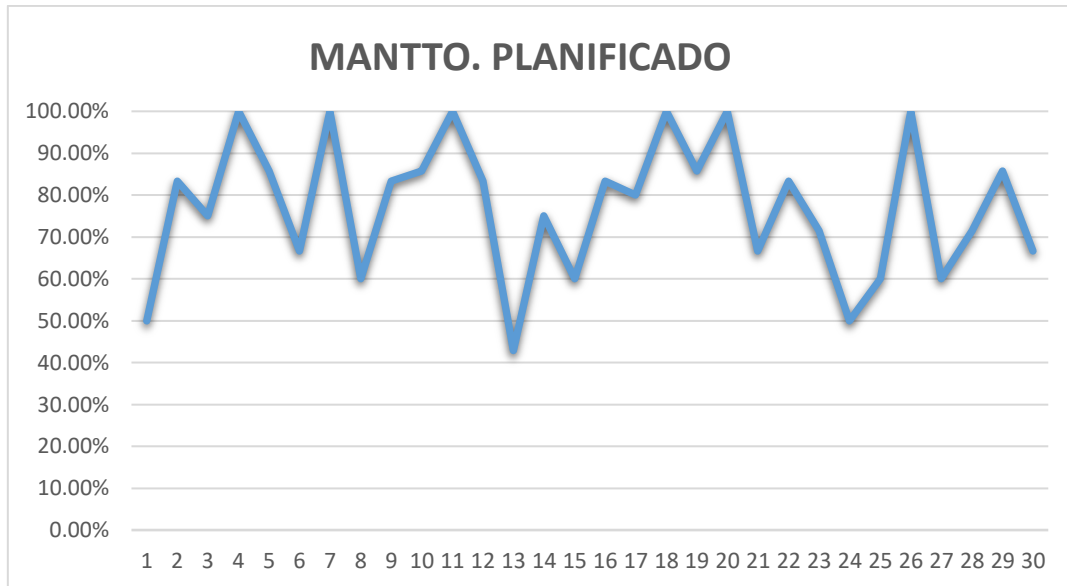


Figura 10. Mantenimiento Planificado Pre test

En esta figura se muestra el progreso del valor del mantenimiento planificado durante los 30 días del pre test que comprenden el mes de julio.

**Dimensión 2: Mantenimiento Autónomo**

Tabla 9. Registro Mantenimiento Autónomo Pre test

HOJA DE REGISTRO MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
EMPRESA:	BJ EQUIPOS S.A.C.	TIPO DE MEDICION:	PRE TEST
FECHA	HORAS EJECUTADAS	HORAS PROGRAMADAS	MANTTO. AUTONOMO
1	0.2	1	20.00%
2	0.8	1	80.00%
3	0.5	1	50.00%
4	0.7	1	70.00%
5	0.8	1	80.00%
6	0.6	1	60.00%
7	0.5	1	50.00%
8	0.7	1	70.00%
9	0.8	1	80.00%
10	0.2	1	20.00%
11	0.4	1	40.00%
12	0.6	1	60.00%
13	0.8	1	80.00%
14	0.5	1	50.00%
15	0.6	1	60.00%
16	0.7	1	70.00%
17	0.3	1	30.00%
18	0.5	1	50.00%
19	0.6	1	60.00%
20	1	1	100.00%
21	0.4	1	40.00%
22	0.5	1	50.00%
23	0.3	1	30.00%
24	0.5	1	50.00%
25	0.7	1	70.00%
26	0.2	1	20.00%
27	0.4	1	40.00%
28	0.6	1	60.00%
29	0.4	1	40.00%
30	0.8	1	80.00%
<b>Total</b>	<b>16.60</b>	<b>30.00</b>	<b>55.33%</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en esta tabla, el indicador del mantenimiento autónomo tuvo un valor de 55.33% durante el periodo de pre test. Según lo mostrado se evidencia el incumplimiento de las horas programadas, no llegando a cumplir con lo programado, inspecciones de acuerdo a los check list, no se concluye el tiempo de capacitación de acuerdo al programa, por temas operacionales que solicitan ingresar a mina lo más temprano posible y así cumplir con la meta de producción.

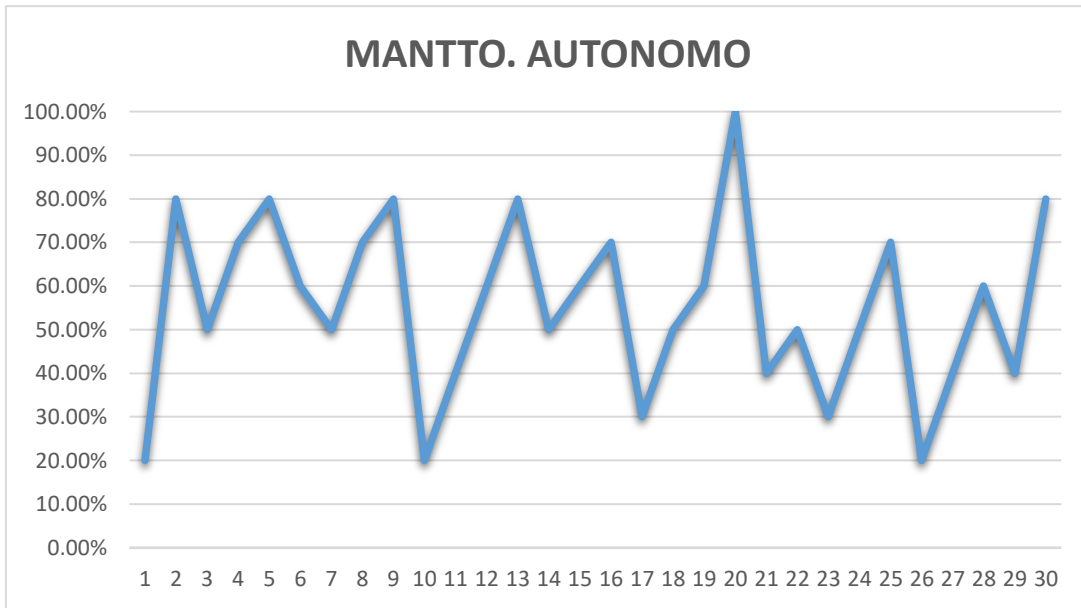


Figura 11. Mantenimiento Autónomo Pre test

En esta figura se muestra el progreso del valor del mantenimiento autónomo durante los 30 días del pre test que comprenden el mes de julio.

## Variable dependiente: Eficiencia Global de Equipos

Tabla 10. Registro Eficiencia Global de Equipos Pre test

HOJA DE REGISTRO DISPONIBILIDAD										
EMPRESA:		BJ EQUIPOS S.A.C.			TIPO DE MEDICION:			PRE TEST		
FECHA	TOTAL EQUIPO OPERATIVO	TOTAL EQUIPO	DISPONIBILIDAD	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO REAL	MES:			JULIO		
					TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO	RENDIMIENTO	N° EQUIPOS ADECUADOS	N° TOTAL DE EQUIPOS	CALIDAD	OEE
1	12.000	16	75.00%	7.2	16	45.00%	2	4	50.00%	16.88%
2	7.600	16	47.50%	4.6	16	28.75%	3	4	75.00%	10.24%
3	3.200	16	20.00%	5	16	31.25%	3	4	75.00%	4.69%
4	0.000	16	0.00%	5	16	31.25%	3	4	75.00%	0.00%
5	12.000	16	75.00%	5	16	31.25%	3	4	75.00%	17.58%
6	6.400	16	40.00%	5	16	31.25%	2	4	50.00%	6.25%
7	8.000	16	50.00%	6.8	16	42.50%	3	4	75.00%	15.94%
8	10.400	16	65.00%	7.1	16	44.38%	3	4	75.00%	21.63%
9	12.000	16	75.00%	9.2	16	57.50%	3	4	75.00%	32.34%
10	11.200	16	70.00%	8.1	16	50.63%	4	4	100.00%	35.44%
11	12.000	16	75.00%	5.6	16	35.00%	3	4	75.00%	19.69%
12	12.000	16	75.00%	4.1	16	25.63%	3	4	75.00%	14.41%
13	12.000	16	75.00%	5.7	16	35.63%	2	4	50.00%	13.36%
14	6.400	16	40.00%	6.5	16	40.63%	3	4	75.00%	12.19%
15	0.000	16	0.00%	6	16	37.50%	3	4	75.00%	0.00%
16	0.000	16	0.00%	5.8	16	36.25%	3	4	75.00%	0.00%
17	0.000	16	0.00%	4.1	16	25.63%	4	4	100.00%	0.00%
18	0.000	16	0.00%	3.8	16	23.75%	3	4	75.00%	0.00%
19	12.000	16	75.00%	4.5	16	28.13%	3	4	75.00%	15.82%
20	12.000	16	75.00%	5.6	16	35.00%	3	4	75.00%	19.69%
21	12.000	16	75.00%	6.1	16	38.13%	4	4	100.00%	28.59%
22	0.000	16	0.00%	5.4	16	33.75%	4	4	100.00%	0.00%
23	0.000	16	0.00%	6.5	16	40.63%	4	4	100.00%	0.00%
24	0.000	16	0.00%	4.8	16	30.00%	4	4	100.00%	0.00%
25	9.600	16	60.00%	5.9	16	36.88%	4	4	100.00%	22.13%
26	7.200	16	45.00%	6.4	16	40.00%	3	4	75.00%	13.50%
27	12.800	16	80.00%	6	16	37.50%	3	4	75.00%	22.50%
28	12.800	16	80.00%	6.8	16	42.50%	3	4	75.00%	25.50%
29	12.800	16	80.00%	7.2	16	45.00%	2	4	50.00%	18.00%
30	8.800	16	55.00%	7.5	16	46.88%	3	4	75.00%	19.34%
<b>Total</b>	<b>225.20</b>	<b>480.00</b>	<b>46.92%</b>	<b>177.30</b>	<b>480.00</b>	<b>36.94%</b>	<b>93.00</b>	<b>120.00</b>	<b>77.50%</b>	<b>13.43%</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en esta tabla, los indicadores del OEE, disponibilidad tuvo un valor de 46.92%, rendimiento tuvo un valor de 36.94%, calidad tuvo un valor de 77.50%, durante el periodo de pre test; así el valor de OEE fue de 13.43%

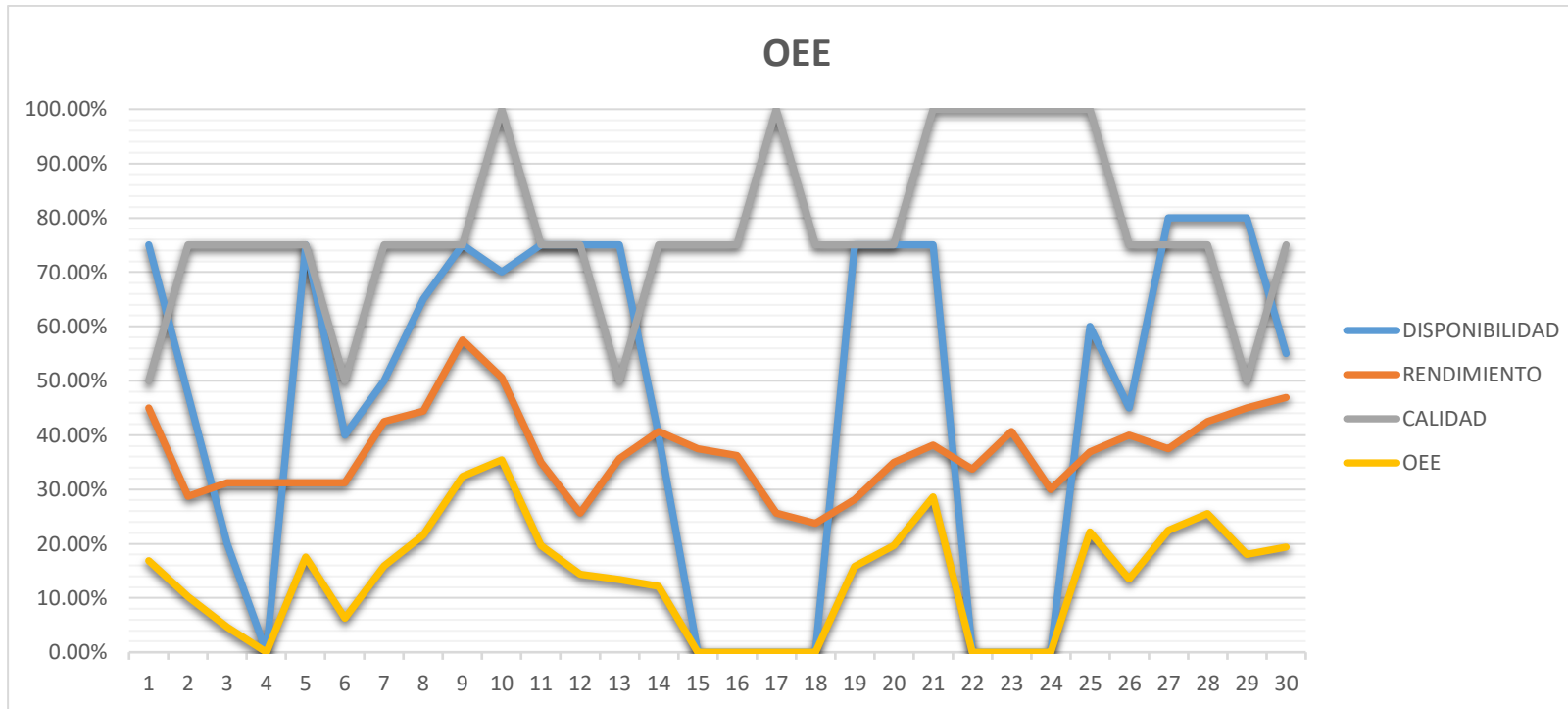


Figura 62. Eficiencia Global de Equipos Pre test

## Propuesta de mejora

Para iniciar a proponer, es necesario tomar en cuenta las causas principales que más afectan a la productividad; puesto que, las propuestas están enfocadas a dichas causas. La figura inferior muestra las 3 causas principales.



Figura 73. Causas principales

De esta forma, se plantean propuestas de solución relacionadas a la variable independiente (TPM) para reducir o eliminar el efecto de estas causas.

Tabla 11. Causa - Solución

CAUSAS PRINCIPALES	% RELATIVO	PROPUESTA DE SOLUCIÓN
No hay plan de mantenimiento	28%	Mantenimiento planificado
Poca inspección de máquinas	27%	Mantenimiento autónomo
Carencia de análisis de fallas	26%	Mantenimiento planificado Mantenimiento autónomo

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla anterior, las propuestas fueron el mantenimiento planificado y autónomo; puesto que estos son pilares del TPM que se pueden implementar dirigidas a las causas principales y cuyas mejoras se verían a corto plazo.



## Presupuesto

Los recursos usados se precisaron en la siguiente tabla, donde se separaron por materiales y mano de obra; tomando en cuenta el costo unitario, la cantidad y el tiempo usado sólo para el recurso de mano de obra.

Tabla 5. Presupuesto

Materiales			
Concepto	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Hojas (+ impresión)	S/ 0.10	100	S/ 10.00
Lapiceros	S/ 3.30	4	S/ 13.20
Papelotes	S/ 1.60	9	S/ 14.40
Carteles	S/ 2.40	4	S/ 9.60
Plumones	S/ 1.50	5	S/ 7.50
Paños de limpieza	S/ 2.50	10	S/ 25.00
Escobas	S/ 18.00	3	S/ 54.00
Recogedores de basura	S/ 15.00	3	S/ 45.00
Lubricante especial	S/ 26.00	10	S/ 260.00
Aceite	S/ 46.70	5	S/ 233.50
Desengrasante	S/ 32.90	10	S/ 329.00
<b>Total</b>			<b>S/ 1,001.20</b>

Mano de obra				
Concepto	Costo unitario	Cantidad (personas)	Tiempo (horas)	Costo total
Operarios	S/ 8.50	11	15	S/ 1,402.33
Comité TPM	S/ 14.50	3	24	S/ 1,043.65
Investigadores	S/ 13.04	2	320	S/ 8,342.55
Analista especialista	S/ 26.07	1	16	S/ 417.13
<b>Total</b>				<b>S/ 11,205.66</b>

<b>Total (materiales + mano de obra)</b>	<b>S/ 12,206.86</b>
--	---------------------

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la inversión en recursos materiales sumó un total de S/1,001.20 y la mano de obra, de S/11,205.66. Por lo tanto, el total invertido para desarrollar la implementación fue de S/12,206.86.





Un punto importante fue el costo unitario de la mano de obra, según el cargo o puesto; para lo cual no sólo se tomó el salario bruto; sino también los beneficios sociales hasta obtener el costo por hora de cada uno, sea operario, miembro del Comité del TPM, analista especialista o los investigadores. El detalle se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 13. Costos unitarios de mano de obra

OPERARIOS	
Concepto	Monto
Salario bruto (m)	S/ 1,630.00
<b>Salario bruto (a)</b>	<b>S/ 19,560.00</b>
Gratificaciones	S/ 1,630.00
CTS	S/ 2,347.20
Utilidad	S/ 7,824.00
<b>Beneficios Sociales</b>	<b>S/ 11,801.20</b>
<b>Salario final</b>	<b>S/ 31,361.20</b>
Salario mensual	S/ 2,613.43
Salario diario	S/ 87.11
<b>Salario por hora</b>	<b>S/ 8.50</b>

COMITÉ TPM	
Concepto	Monto
Salario bruto (m)	S/ 2,780.00
<b>Salario bruto (a)</b>	<b>S/ 33,360.00</b>
Gratificaciones	S/ 2,780.00
CTS	S/ 4,003.20
Utilidad	S/ 13,344.00
<b>Beneficios Sociales</b>	<b>S/ 20,127.20</b>
<b>Salario final</b>	<b>S/ 53,487.20</b>
Salario mensual	S/ 4,457.27
Salario diario	S/ 148.58
<b>Salario por hora</b>	<b>S/ 14.50</b>

ANALISTA ESPECIALISTA	
Concepto	Monto
Salario bruto (m)	S/ 5,000.00
<b>Salario bruto (a)</b>	<b>S/ 60,000.00</b>
Gratificaciones	S/ 5,000.00
CTS	S/ 7,200.00
Utilidad	S/ 24,000.00
<b>Beneficios Sociales</b>	<b>S/ 36,200.00</b>
<b>Salario final</b>	<b>S/ 96,200.00</b>
Salario mensual	S/ 8,016.67
Salario diario	S/ 267.22
<b>Salario por hora</b>	<b>S/ 26.07</b>

INVESTIGADORES	
Concepto	Monto
Salario bruto (m)	S/ 2,500.00
<b>Salario bruto (a)</b>	<b>S/ 30,000.00</b>
Gratificaciones	S/ 2,500.00
CTS	S/ 3,600.00
Utilidad	S/ 12,000.00
<b>Beneficios Sociales</b>	<b>S/ 18,100.00</b>
<b>Salario final</b>	<b>S/ 48,100.00</b>
Salario mensual	S/ 4,008.33
Salario diario	S/ 133.61
<b>Salario por hora</b>	<b>S/ 13.04</b>

Fuente: Elaboración propia



## **Implementación de la mejora**

Para la correcta implementación se desarrollaron ordenadamente las etapas del TPM; así como los pasos específicos para el mantenimiento autónomo y planificado, dentro de la implementación. Estas etapas y pasos fueron precisados en el capítulo del marco teórico; mientras que en las siguientes líneas se pasará a desarrollar cada uno de ellos.

El TPM, de acuerdo con Nurprihatin, Angely y Tannady (2019), presenta 4 etapas: preparación, pre implementación, implementación y consolidación.

### **Etapa I. Preparación**

Es la primera etapa en la implementación del TPM, y contiene las siguientes actividades ordenadas:

#### **a) Anuncio de Alta Dirección sobre introducir TPM**

En primer lugar, se decidió la alternativa a implementar en la empresa, por la Alta Dirección; en este caso conformada por el Gerente General, el Gerente y Supervisor de Mantenimiento, en conjunto con los investigadores (autores de esta tesis).

Para tomar esta decisión, los investigadores presentaron argumentos y el análisis realizado con las herramientas de calidad a los gerentes. Mediante una breve explicación se pudo llegar al acuerdo de implementar el TPM en la empresa, lo cual se puede visualizar en el Anexo: **Carta de Aprobación de Tema de Perfil de Proyecto de Tesis y Recolección de Datos.**

De esta forma, se informó a los niveles siguientes sobre la implementación del TPM durante el periodo precisado en el cronograma de la mejora. Ello se realiza con el fin de que el jefe y el Asistente de Mantenimiento notifiquen a los operarios sobre las continuas implementaciones y las capacitaciones necesarias, así se pueda generar la participación y compromiso apropiado de todos.

## b) Introducción al TPM

Ya informados sobre las acciones a realizar, se procedió a introducir al personal acerca del TPM, incluidos el jefe y Asistente de mantenimiento, así como los operarios del área.

Para ello, se preparó una presentación denominada “Introducción al TPM” la cual contenía todos los conceptos básicos y complementarios del TPM, ya descritos en el marco teórico. La siguiente tabla muestra el detalle de esta introducción.

Tabla 6. Introducción al TPM

<b>Denominación:</b>	“Introducción al TPM”
<b>Modalidad:</b>	Presencial
<b>Lugar:</b>	Empresa (área de mantenimiento)
<b>Presentadores:</b>	Investigadores
<b>Fecha:</b>	03/09/21
<b>Duración:</b>	30 min
<b>Contenido:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición del TPM</li> <li>• Los 8 pilares del TPM</li> <li>• Etapas de implementación del TPM</li> <li>• Mantenimiento autónomo</li> <li>• Mantenimiento planificado</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## IMÁGENES DE PRIMERA CAPACITACION DE INTRODUCCIÓN AL TPM





### **c) Organización de Comité del TPM**

Fue necesario formar un grupo de personas con experiencia para fomentar las actividades del TPM, ello permitió un compromiso mayor; puesto no sólo estuvieron en participación constante los operarios, sino también, el personal de mayor jerarquía.

Este Comité del TPM fue formado de acuerdo con el criterio de la Alta Dirección (Gerentes y Supervisor de mantenimiento), y acotaciones de los investigadores involucrados. De tal manera, el comité estuvo conformado por el Jefe y Asistente de Mantenimiento, quienes estarán apoyados de los investigadores, además de recibir propuestas de los mismos.

Las responsabilidades del Comité del TPM son las siguientes:

- Establecer políticas y objetivos del TPM
- Desarrollo del Plan Maestro
- Vigilar y garantizar el desarrollo de implementaciones del TPM
- Impulsar participación constante de personal
- Informar acciones realizadas en el área de mantenimiento
- Asistir en la capacitación y reuniones afines

### **d) Políticas y objetivos básicos del TPM**

El Comité del TPM asignado estableció los objetivos del área de mantenimiento con asistencia de los investigadores. Estos objetivos se mencionan a continuación:

- Lograr la autonomía en el mantenimiento de equipos por parte del personal a cargo.
- Promover y mantener una cultura organizacional y operacional de organización, orden y limpieza.
- Mejorar constantemente la Efectividad Global de los Equipos.
- Establecer y cumplir un plan de mantenimiento ordenado, accesible y entendible para todo el personal, se encuentre o no involucrado con el área de mantenimiento.



Además de los objetivos trazados por el Comité del TPM, se establecieron las siguientes políticas requeridas y relacionadas a esta línea:

“BJ EQUIPO S.A.C. se encuentra comprometida con el establecimiento, cumplimiento y control continuo de la herramienta del TPM dentro del área y la entera organización, con el fin de obtener y mantener valores de clase mundial de la Efectividad Global de los Equipos”

**e) Plan maestro para profundizar TPM**

Previo a pasar con la siguiente etapa, el Comité junto a los investigadores se reunieron para planificar la implementación del TPM. Esta planificación se dio detalladamente mediante un cronograma, donde se incluyeron todas las actividades que se realizaría durante todo el desarrollo del TPM en la empresa, precisando los periodos de tiempos de duración de cada uno, con el fin de tener programado todo lo dispuesto a realizar, y evitar contratiempos. El cronograma se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 75. Cronograma de la mejora

Actividades	Setiembre																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>I. Etapa de preparación</b>																														
Anuncio de Alta Dirección sobre introducir TPM			■																											
Introducción al TPM			■																											
Políticas y objetivos básicos de TPM				■	■																									
Plan maestro para profundizar TPM				■	■	■																								
<b>II. Etapa de pre implementación</b>																														
Inicio de refinamiento de TPM						■																								
<b>III. Etapa de implementación</b>																														
Implementación de mantenimiento autónomo							■	■	■	■	■																			
1) Limpieza inicial (3S)							■	■	■	■	■																			
2) Identificación y eliminación de fuentes de problemas							■	■	■	■	■																			
3) Desarrollo de estándares de mantenimiento							■	■	■	■	■																			
4) Formación de operarios							■	■	■	■	■																			
5) Inspección autónoma							■	■	■	■	■																			
6) Gestión mantenimiento autónomo							■	■	■	■	■																			
Implementación de mantenimiento planificado											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1) Detalle de mantenimiento planificado											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2) Gestión de lubricación											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3) Gestión de piezas de repuestos											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4) Establecimiento de mantenimiento planificado											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5) Reducción de costes de mantenimiento planificado											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6) Mejora y actualización de habilidades de mantenimiento											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacitación																														
<b>IV. Etapa de consolidación</b>																														
Mejoras complementarias al TPM existente (5S)																														

Fuente: Elaboración propia



## **Etapa II. Pre implementación**

En esta etapa, se informó a todo el personal involucrado sobre las acciones que se realizarían, tomando en cuenta el cronograma en el plan maestro; así como informando sobre los integrantes del Comité, los objetivos y la política del TPM. Esto se realizó con el fin de refinar la preparación del TPM; es decir, posterior a esta etapa, se procedió a implementarlo.

## **Etapa III. Implementación**

La implementación se desarrolló ordenadamente; pues de acuerdo con Uddin, Sakaline y Khan (2021), se inicia con el desarrollo del mantenimiento autónomo, donde se incluye las 5S, para luego, pasar al mantenimiento planificado.

Para las implementaciones específicas de cada pilar se tomó como referencia distintas fuentes relacionadas al TPM, de las cuales primaron los siguientes autores: Uddin, Sakaline y Khan (2021), Duques Maciel Filho, Gomes da Silva y Sarmanho de Oliveira Lima (2019), Nurprihatin, Angely y Tannady (2019) y Jasiulewicz-Kaczmarek (2016).

### **Implementación del mantenimiento autónomo**

#### **1. Limpieza inicial (3S)**

De manera pertinente, se unieron los dos primeros pasos del mantenimiento autónomo, con el fin de desarrollarlos mediante la aplicación de la herramienta de las 5S de manera ordenada y siguiendo sólo las 3 primeras etapas conocidas que se detallan a continuación:

- **Clasificación (1S)**

El área de mantenimiento no se encontraba con elementos clasificados; por lo que se agruparon mediante su tipo, tal como se muestra a continuación:

Tabla 16. Clasificación de ítems

<b>Equipos</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Lubricantes</b>	<b>Mangueras hidráulicas</b>	<b>Otros</b>
Equipo Jumbo J-01	Llaves mixtas pulg.	Aceite Motor 15w-40	R2 AT 3/16"	
Equipo Jumbo J-15	Llaves mixtas mm.	A. Hidráulico Nut 68	R2 AT 1/4"	
Equipo Scoop S-10	Llaves allen pulg.	Aceite Lubricación 100	R2 AT 3/8"	
Equipo Scoop S-11	Llaves allen mm.	A. Transmisión HD 30	R2 AT 1/2"	
	Llaves torx pulg.	A. Transmisión HD 50	R2 AT 5/8"	
	Dados tipo estrella	A. Transmisión 85w140	R2 AT 3/4"	
	Dados tipo hexagonal	Grasa Sentinel (uso temperaturas altas)	R12 AT 3/4"	
	Palancas corredizas 1/2"	Grasa blue para articulaciones	R12 AT1"	
	Palancas corredizas 3/4"	Grasa dieléctrica	R12 AT 1 1/4"	
	Herramienta de uso manual: llaves mixtas 6 a 32mm.			

Fuente: Elaboración propia



Como se puede observar en la tabla anterior, no se clasificaron los ítems que nunca se usan; puesto que ellos se eliminaron mediante técnicas mostradas más adelante.

Con el fin de eliminar elementos innecesarios dentro del área, se realizaron tarjetas rojas para colocar en dichos elementos. Estas tarjetas especificaron la categoría del ítem, la razón de tarjeta y la acción correctiva, entre los más principales; tal como se muestra en el siguiente modelo:


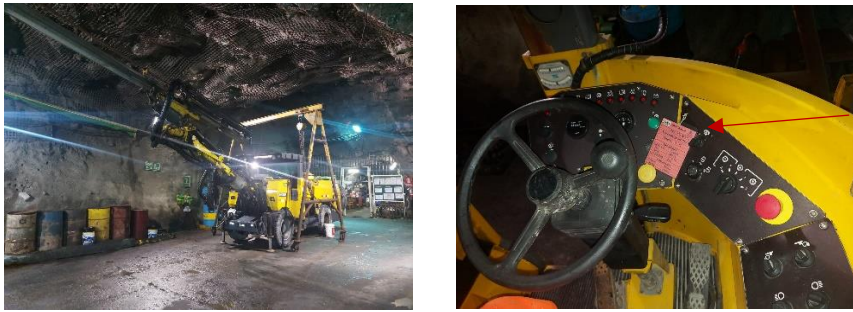
 <b>TARJETA ROJA</b>	
<b>Fecha:</b>	
<b>Responsable:</b>	
<b>Categoría:</b>	
Razón de tarjeta	
Defectuoso	Obsoleto
Roto	Vencido
Sin uso	En exceso
No identificado	Otros
Acción correctiva	
Reparar	Eliminar
Reubicar	Retornar

Figura 84. Tarjeta roja

Mediante estas tarjetas rojas el comité con los investigadores clasificó aquellos ítems innecesarios colocando la razón de la tarjeta; es decir se eligió una de las opciones por la que se estaría tomando como un ítem innecesario. Además, se marcó la acción correctiva a realizar, según la razón. Las siguientes imágenes muestran lo mencionado:

### Imágenes de ítems con tarjetas rojas



De esta forma, se realizaron las acciones decididas para reducir o eliminar al máximo los ítems innecesarios, lo cual resultó en un área mejor organizado por las respectivas clasificaciones de ítems, tal como se observa en las siguientes imágenes.

### Imágenes de ítems clasificados y sin elementos innecesarios



- **Orden (2S)**

Ya clasificados y eliminados los ítems en medida de lo posible, se ordenaron bajo el criterio de frecuencia de uso. Esto significa que se colocaron de manera más accesible los ítems de uso diario (constantemente); para después colocar los de uso regular (a veces) y finalmente, los de uso casual (muy pocas veces). Estos tres tipos de frecuencia incluyeron los siguientes ítems cada uno:

Tabla 87. Frecuencia de uso

Diario	Regular	Casual
Equipo Jumbo J-01	Aceites:	Limpia contactos
Equipo Jumbo J-15	Aceite Motor 15w-40	Grasa de COP
Equipo Scoop S-10	A. Hidráulico Nut 68	Desengrasante
Equipo Scoop S-11	Aceite Lubricación 100	Refrigerante
	A. Transmisión HD 30	Agua destilada
	A. Transmisión HD 50	Amoladora
	A Transmisión 85w140	Combustible D2
Prensadora de Mangueras	Grasa dieléctrica	Amoladora Recta
Cortadora de mangueras	Grasa blue	Teclé mecánico
Herramienta de uso manual: llaves mixtas 6 a 32mm.	Herramientas de uso manual: llaves de ruedas, dados y palancas de encaste 1/2", 3/4".	

Fuente: Elaboración propia

Los ítems ya ordenados se muestran en las siguientes imágenes:



Frecuencia de uso diario



Frecuencia de uso regular



Frecuencia de uso casual

- **Limpieza (3S)**

En esta tercera etapa de las 5S se desarrolla la limpieza del área, así como todos sus componentes dentro de él. A continuación, se muestra el antes y después de la limpieza del área de mantenimiento:



**ANTES**



**DESPUES**

## 2. Identificación y eliminación de fuentes de problemas

Con el fin de identificar y eliminar rápida y constantemente las fuentes de problema relacionadas a suciedad y defectos encontrados en el primer paso, se delegó funciones relacionadas a la limpieza, lubricación y ajuste a cada componente humano involucrado dentro del área, sean los operarios, el comité del TPM, especialistas de equipos o el personal de limpieza.

Tabla 98. Funciones relacionadas a mantenimiento

<b>Componente involucrado</b>	<b>Funciones relacionadas a mantenimiento</b>
Operarios	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpiar su puesto al final de cada turno</li><li>• Evitar suciedad en su entorno</li><li>• Lubricar ítems al encontrar necesario</li><li>• Verificar y realizar ajuste de piezas de ítems</li></ul>
Comité del TPM	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspeccionar que el área este limpio</li><li>• Verificar ítems limpios, lubricados y ajustados</li><li>• Supervisar que el personal limpie constantemente su puesto</li><li>• Delegar acciones de limpieza, lubricación y ajuste</li></ul>
Especialistas en equipos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpiar equipos usados</li><li>• Lubricar y ajustar equipos de ser necesario</li><li>• Limpiar entorno de trabajo</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se detalló cada componente involucrado en el área de mantenimiento, así como sus funciones relacionadas al mantenimiento, como la limpieza, lubricación y ajuste. Esto se mostró y refinó con el Comité del TPM, para posteriormente informarlo a todos los involucrados.

Así, se podrían identificar los problemas rápidamente por el componente involucrado y solucionarlo mediante su función correspondiente.

### 3. Desarrollo de estándares de mantenimiento

En este paso, se definió un estándar de mantenimiento para cada ítem dentro del área; es decir, una característica cualitativa o cuantitativa que sirva como guía o modelo para cada uno de los ítems; esto con el fin de realizar la inspección asertivamente, teniendo en cuenta la frecuencia de la misma. Para ello, fue importante conocer cada una de las atribuciones esenciales dentro de la estandarización del mantenimiento:

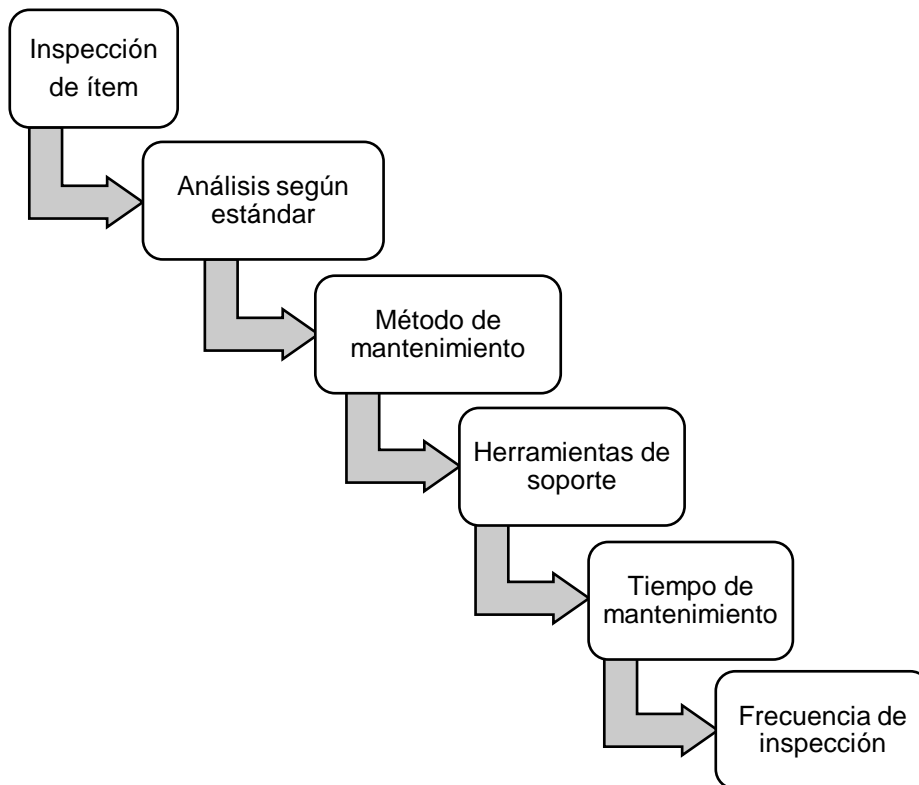
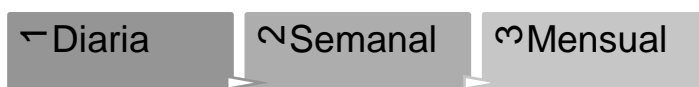


Figura 95. Atribuciones de estandarización de mantenimiento

Así, fue preciso detallar la frecuencia de inspección a los ítems dentro del área con fin de detectar y realizar el mantenimiento respectivo si así corresponde. La frecuencia va de la siguiente forma:

Figura 106. Frecuencia de inspección



Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se colocaron 3 tipos de etiqueta según la frecuencia de inspección necesaria para cada ítem:

**Inspección: Diaria**

**Inspección: Semanal**

**Inspección: Mensual**

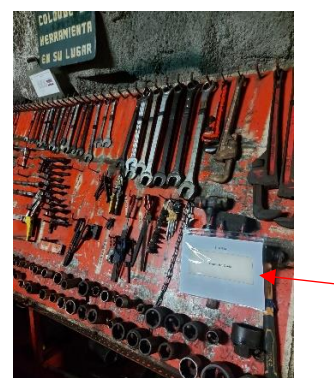
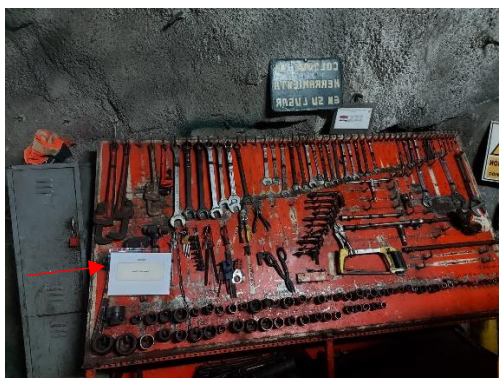
Figura 117. Etiquetas de inspección

Así mismo, se colocaron etiquetas donde se precisa el(los) responsable(s) de la inspección y su respectivo mantenimiento, sea algún integrante o todo el comité del TPM; así como un especialista de equipos, u operario.

En las siguientes fotos se puede observar lo realizado para mantener las implementaciones realizadas previamente:

Imágenes con etiquetas de inspección y responsable colocadas en ítems

Inspeccion Diario



### Inspeccion Semanal



### Inspeccion Mensual



En la siguiente tabla se muestra la ficha estándar de mantenimiento, mediante la cual el comité del TPM pueda inspeccionar correcta y estandarizada mente el mantenimiento de cada uno de los ítems:



Tabla 109. Ficha estándar de mantenimiento

Ficha estándar de mantenimiento					
Ítem	Estándar	Método	Herramienta	Duración	Frecuencia
Equipo Jumbo J-01	Engrase de Equipo	Detener el equipo para solucionar lubricar	Engrasadora neumática/manual	30 min	Diario
Equipo Jumbo J-15	Mantto 40h	Realiza el Mantto	Llaves mixtas/ varios	8 hrs	Semanal
Equipo Scoop S-10	Engrase de Equipo	Detener el equipo para solucionar lubricar	Engrasadora neumática/manual	30 min	Diario
Equipo Scoop S-11	Mantto 250h	Realiza el Mantto	Llaves mixtas/ varios	8 hrs	Semanal

Fuente: Elaboración propia

## 1. Formación de operarios

En este paso, ya teniendo implementadas todas las acciones de mantenimiento autónomo, se inició a formar a los operarios, mediante la denominada “inspección general”.

Para ello, los integrantes del Comité del TPM y los investigadores, recorrieron toda el área con el fin de inspeccionar e identificar anomalías en los equipos, herramientas u otros ítems, para posteriormente, solucionarlas mediante el mantenimiento correspondiente con ayuda de todos los operarios del área.

Esto se realizó consecutivamente hasta que todos los operarios puedan no sólo reconocer problemas de mantenimiento en los ítems que usan, sino que también puedan corregirlos autónomamente; además de poder colaborar de ser necesario, con otros operarios, cuando se requiera más de uno para accionar en determinado ítem. Todo ese proceso fue registrado con el fin de lograr el objetivo de que todos conozcan las acciones que deben tomar para cada ítem.

Entonces, para el correcto desarrollo de la formación de operarios se usó la inspección general a través de las siguientes actividades:

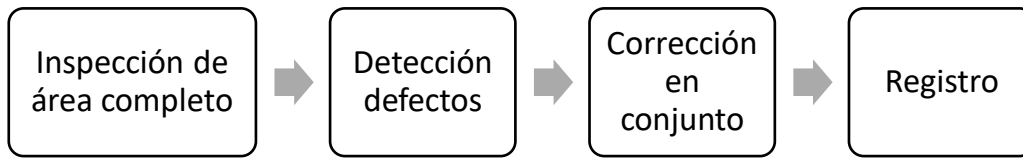


Figura 128. Inspección general

Esta inspección general fue registrada mediante la siguiente tabla:

Tabla 20. Registro de inspección general

Operarios		Ítems	Operarios								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Oscar H.	Equipo Jumbo J-01	x	x	x			x	x	x	
2	Oscar B.	Equipo Jumbo J-15	x	x	x	x	x		x	x	x
3	Líder	Equipo Scoop S-10	x	x	x	x	x				x
4	Jhonny	Equipo Scoop S-11	x	x	x			x	x	x	
5	Héctor										
6	Veneraldo										
7	Ericsson										
8	Elier										
9	Mark										

Fuente: Elaboración propia

Cuando se registró la formación de todos los operarios; es decir, todas las casillas fueron marcadas; se pudo pasar al siguiente paso.

#### 4. Inspección autónoma

En este paso los operarios ya saben cómo realizar el mantenimiento de cada uno de los ítems del área de manera autónoma; es decir, sin algún personal especialista o supervisor/jefe a quien deba recurrir necesariamente.

De esta forma; se establecen las descripciones de inspección autónoma y la frecuencia que merece cada ítem, tomando en cuenta lo encontrado en la inspección general.



Para su desarrollo, se tomó como base la siguiente ficha de inspección autónoma:

Tabla 21. Ficha de registro de inspección autónoma

<b>Ficha de inspección autónoma</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Estándar final</b>	<b>Síntomas de fallas</b>	<b>Frecuencia</b>
Equipo Jumbo J-01	Inspección	Fugas de Aceites	semanal
Equipo Jumbo J-15	Inspección de mangueras hidráulicas	Desgaste de mangueras hidráulicas	diario
Equipo Scoop S-10	Limpieza de Enfriadores	Recalentamiento de los sistemas	semanal
Equipo Scoop S-11	Engrase general	Desgaste prematuro	diario

Fuente: Elaboración propia

### **1. Gestión de mantenimiento autónomo**

En este último paso se realizaron todas las actividades para que las implementaciones previas sean permanentes en el área; e incluso se pueda llevar a la totalidad de la empresa.

En primer lugar, se realizaron constantes capacitaciones relacionadas a los ítems con mayor probabilidad de fallar, de acuerdo con lo encontrado en los pasos anteriores; esto con el fin de agilizar incluso más la labor de corrección y mantenimiento de los equipos de manera autónoma.

Las capacitaciones fueron enfocadas en el mantenimiento de los siguientes ítems:



Tabla 112. Capacitaciones enfocadas

Nº	Tema de capacitación	Fecha	Duración
1	Aplicación del TPM	05/09	30 min
2	Aplicación de las 5 “s”	07/09	20 min
3	Implementación del Mantto. Autónomo	10/09	30 min
4	Mejoras y Actualización de habilidades del Mantto. Planificado	19/09	30 min
5	Mejoras complementarias al TPM, existente 5 “S”	25/09	30 min

Fuente: Elaboración propia

Sumado a estas capacitaciones enfocadas en el mantenimiento de ciertos ítems; se desarrolló la última y restante S de la herramienta de las 5S, la disciplina; puesto que en el paso 1, 2 y 3 ya se desarrollaron las 4 primeras S, clasificación, orden, limpieza y estandarización; incluso esta última se implementó de manera mucho más integral, no solo tomando las 5S sino al mantenimiento autónomo de manera integral.

En esta última etapa de las 5S se desarrollaron acciones estratégicas, más que operacionales; pues se buscó fomentar la cultura de las 5S como filosofía del área y de la empresa completa.

Para ello, se colocaron afiches donde se logre visualizar lo que significa las 5S como filosofía del área; así el personal pueda notarlo siempre:

FILOSOFÍA 5S	
1S CLASIFICACIÓN:	Agrupar ítems y eliminar los innecesarios
2S ORDEN:	Colocar ítems para fácil y accesible manejo
3S LIMPIEZA:	Eliminar y evitar suciedad
4S ESTANDARIZACIÓN:	Mantener acciones 3S anteriores
5S DISCIPLINA:	Fomentar filosofía y compromiso 5S

Figura 139. Afiche filosofía 5S

Imágenes de afiches pegados en área



Así mismo, con el fin de formar un compromiso y participación activa en los involucrados del área, se programó una capacitación de introducción a las 5S, con el fin de hacer conocer las acciones implementadas en relación a esta herramienta y su importancia.

### Imágenes de capacitación de introducción 5s



Se realiza la introducción de las 5 "S" así mismo se implementa los afiches en el área de mantenimiento.

Posterior a esta capacitación de introducción; se programaron capacitaciones mensuales con el fin de evitar el personal pueda olvidar las 5S, y no se tome como una herramienta implantada sosteniblemente. Específicamente, se programaron 2 capacitaciones/charlas mensuales relacionadas a las 5S, a la mitad y al final de cada mes.

Además, se colocó el siguiente afiche relacionado al TPM con el fin de fomentarlo también como una cultura dentro del área y la empresa:

## Mantenimiento Productivo Total "TPM"

<b>Mantenimiento =</b>	"Incrementar ciclo de vida"
<b>Productivo =</b>	"Producir sin defectos"
<b>Total =</b>	"Todos sus componentes"

### Mantenimiento Autónomo

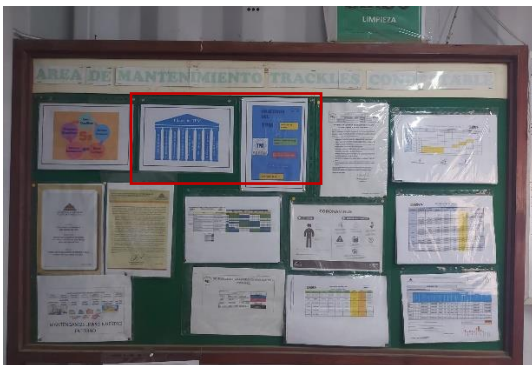
"Todos los operadores son capaces de realizar el mantenimiento de los equipos"

### Mantenimiento Planificado

"Planificar mantenimiento para cuando los equipos no están programados para la producción"

Figura 2014 Afiche TPM

Imágenes de afiches pegados en área



### Implementación del mantenimiento planificado

La empresa no presentaba un plan de mantenimiento; pues las actividades que abarcaban eran realizadas cuando los equipos u otros ítem mostraban notables fallas, generando paradas por corregirlas.



El personal encargado no estaba preparado para prevenir los problemas de mantenimiento en los ítems, e incluso, no se corregían inmediatamente; puesto que no se tenían claras las responsabilidades de cada equipo.

Sumado a ello, los encargados del área no tenían identificadas de manera rápida las marcas de los equipos, para agilizar la compra de repuestos y la misma solución de la falla.

Otro punto para destacar era la inexistencia de un registro de control de fallas; en el cual se precisa la cantidad de fallas que ocurría diariamente en los ítems.

### 1. Enlistado de componentes (ítems)

En este primer paso del mantenimiento planificado se enlistaron todos los ítems dentro del almacén; los cuales ya fueron precisados durante la realización del mantenimiento autónomo; pero en este caso, se incluirá el detalle de cada uno, tales como el modelo/codificación, la marca y la cantidad.

Tabla 123. Lista de ítems

Lista de ítems					
Área:		Mantenimiento	Fecha de actualización		21/09/21
Nº	Categoría	Ítem	Modelo	Marca	Cantidad
1	Equipo	Equipo J-01	S1D	Epiroc	1
2		Equipo J-15	DD2711	Sandvik	1
4		Equipo S-10	R1600G	CAT	1
5		Equipo S-11	R1600G	CAT	1

Fuente: Elaboración propia

Es importante actualizar constantemente la fecha en la que se registra esta lista ítems; así como agregar algún ítem nuevo que no se haya registrado con anterioridad.



## 2. Gestión de lubricación y piezas de repuestos

Es importante gestionar ambas actividades esenciales dentro del mantenimiento, como lo son la lubricación y las piezas de repuestos.

En primer lugar, el comité del TPM, formado anteriormente en la implementación del mantenimiento autónomo, contrató un analista especialista en lubricación y repuestos, con el fin de obtener un accionar óptimo y enfocado.

El analista analizó durante 1 día el área, dentro de las 2 jornadas laborales, reconociendo todos los ítems y sus detalles, con asistencia del listado de ítems realizado en el paso anterior.

De acuerdo con este análisis, el analista detectó y registró independientemente, los detalles relacionados a la lubricación y piezas de repuestos.

El analista, con asistencia del Comité del TPM y los investigadores, armaron un programa de lubricación y revisión de repuestos, según lo encontrado en el análisis. En este programa se precisó la frecuencia necesaria de lubricación para cada ítem; así como la cantidad requerida; así mismo, se especificó la frecuencia de revisión de repuestos y los que necesita según cada categoría. La siguiente tabla muestra el programa:

Tabla 134. Programa de lubricación y revisión de repuestos

Categoría	Ítem	Lubricación			Repuestos	
		lubricante	Frecuencia	Cantidad requerida	Frecuencia de revisión	Repuestos principales
Equipos	J-01	Grasa Sentinel	semanal	01kg	semanal	Perforadora
Equipo	J-15	Aceite Lubricación	Cada 02 días	01gl	diaria	Perforadora
Equipo	S-10	Aceite Hidráulico	Cada 8 hrs	03gl	diaria	Bomba hidráulica/ Cil. Levante y basculación
Equipo	S-11	Grasa	Cada 8 hrs	02kg	diaria	Articulaciones en general



Fuente: Elaboración propia

Esta tabla sirvió para gestionar adecuadamente la lubricación de los equipos; así como las piezas de repuestos necesarias según el ítem.

### 3. Establecimiento del Plan de Mantenimiento

En este paso se desarrolló el plan de mantenimiento mediante una tabla donde se debe registrar las acciones requeridas y el tipo de cada una de ellas; pues son de distintas frecuencias, sean diarias, semanales, mensuales o anuales; así mismo, existen acciones que requieren paradas o de una asistencia externa por parte de un especialista. Se debe detallar, además, la fecha y duración de cada acción que se registre, culminando con el resultado de cada acción; es decir, si se realizó en la fecha programada o se pospuso.

La siguiente tabla muestra el modelo de plan de mantenimiento a usar:

Tabla 145. Plan de mantenimiento

BJ EQUIPOS	PLAN DE MANTENIMIENTO		
---------------	-----------------------	--	--

Código:		Acción	Detalle	Forma de registro
		Mes:	A1	
	Semanal			S
	Mensual			M
	Anual			A
Año:	A2	Requiere parada	Sí / No	
	A3	Requiere asistencia externa	Sí / No	
Página:	A4	Realizada	R	
		Postpuesta	P	

Acción	A1	A2	A3	Fecha	Duración	A4

Fuente: Elaboración propia



#### **4. Control de fallas**

En este paso se realizó una ficha de control de fallas, donde se especificó todo el detalle relacionado a las fallas ocurridas en el área de mantenimiento; pues en la empresa, sólo se registraban aquellas fallas muy notables, las otras no; además de no existir un formato estándar para controlar dichas fallas y registrar la cantidad sumado el detalle necesario.

La siguiente tabla muestra la ficha de control de fallas del área de mantenimiento:

Tabla 156. Ficha de control de fallas

<b>BJ EQUIPOS</b>			<b>FICHA DE CONTROL DE FALLAS</b>					
Fecha	Mes	Ítem	Categoría	Descripción de falla	Acciones realizadas	Hora		Responsable
						Inicio	Fin	

Fuente: Elaboración propia



Así mismo, se desarrolló un registro de fallas anual donde se precisó la cantidad de fallas ocurridas durante determinado año, así como la cantidad mensual específica de cada ítem tanto como las fallas totales. Todo ello en la siguiente tabla:

Tabla 167. Registro de fallas

BJ EQUIPOS SAC		REGISTRO DE FALLAS ANUAL												
Año:		2021												
Nº	Ítems	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1														
2														
3														
.														
.														
.														
.														
X														
<b>Total</b>														

Fuente: Elaboración propia

#### Etapa IV. Consolidación

En esta última etapa se buscó mantener todas las acciones implementadas relacionadas al TPM; así como medir constantemente y proponer acciones de mejora continua, con el fin de maximizar los resultados positivos.

En primer lugar, se realizó una capacitación final, la cual consistió en informar a todos los operarios sobre las acciones realizadas durante toda la implementación. Si bien ya se informó sobre las acciones del mantenimiento autónomo, restaban aquellas de mantenimiento planificado, que se desarrollaron de manera estratégica,

y no tan operacional. Esta capacitación tuvo una duración de 15 minutos reuniendo a todo el personal del área con ayuda del Comité del TPM. En la siguiente imagen se logra ver la capacitación realizada:

Imagen de la capacitación final TPM



Finalmente, se programaron capacitaciones mensuales sobre el TPM; con el fin de generar una costumbre e incluso, cultura dentro de la organización en relación con estos dos principales pilares del TPM.

Para estas capacitaciones se contrató el servicio de profesionales especialistas en el TPM.

**Post test****Variable independiente: TPM****Dimensión 1: Mantenimiento Planificado**

Tabla 178. Registro Mantenimiento Planificado Post test

<b>HOJA DE REGISTRO MANTENIMIENTO PLANIFICADO</b>			
<b>EMPRESA:</b>	<b>BJ EQUIPOS S.A.C.</b>	<b>TIPO DE MEDICION:</b>	<b>POST TEST</b>
		<b>MES:</b>	<b>OCTUBRE</b>
<b>FECHA</b>	<b>N° ORDENES TERMINADAS</b>	<b>N° ORDENES PROGRAMADOS</b>	<b>MANTTO. PLANIFICADO</b>
1	4	4	<b>100.00%</b>
2	5	6	<b>83.33%</b>
3	4	4	<b>100.00%</b>
4	5	5	<b>100.00%</b>
5	6	7	<b>85.71%</b>
6	5	6	<b>83.33%</b>
7	5	5	<b>100.00%</b>
8	4	5	<b>80.00%</b>
9	5	6	<b>83.33%</b>
10	6	7	<b>85.71%</b>
11	5	6	<b>83.33%</b>
12	4	6	<b>66.67%</b>
13	7	7	<b>100.00%</b>
14	5	5	<b>100.00%</b>
15	4	5	<b>80.00%</b>
16	4	6	<b>66.67%</b>
17	5	5	<b>100.00%</b>
18	4	4	<b>100.00%</b>
19	6	7	<b>85.71%</b>
20	6	6	<b>100.00%</b>
21	5	6	<b>83.33%</b>
22	5	6	<b>83.33%</b>
23	6	7	<b>85.71%</b>
24	5	6	<b>83.33%</b>
25	5	5	<b>100.00%</b>
26	4	4	<b>100.00%</b>
27	3	5	<b>60.00%</b>
28	5	7	<b>71.43%</b>
29	6	7	<b>85.71%</b>
30	5	6	<b>83.33%</b>
<b>Total</b>	<b>148.00</b>	<b>171.00</b>	<b>87.33%</b>



Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se puede observar que, el indicador del mantenimiento planificado tuvo un valor de 87.33% para el post test. Esto refleja una mejora porcentual de dicho indicador en 13.16%. En la siguiente figura se muestra el progreso durante el mes de medición post test, octubre.

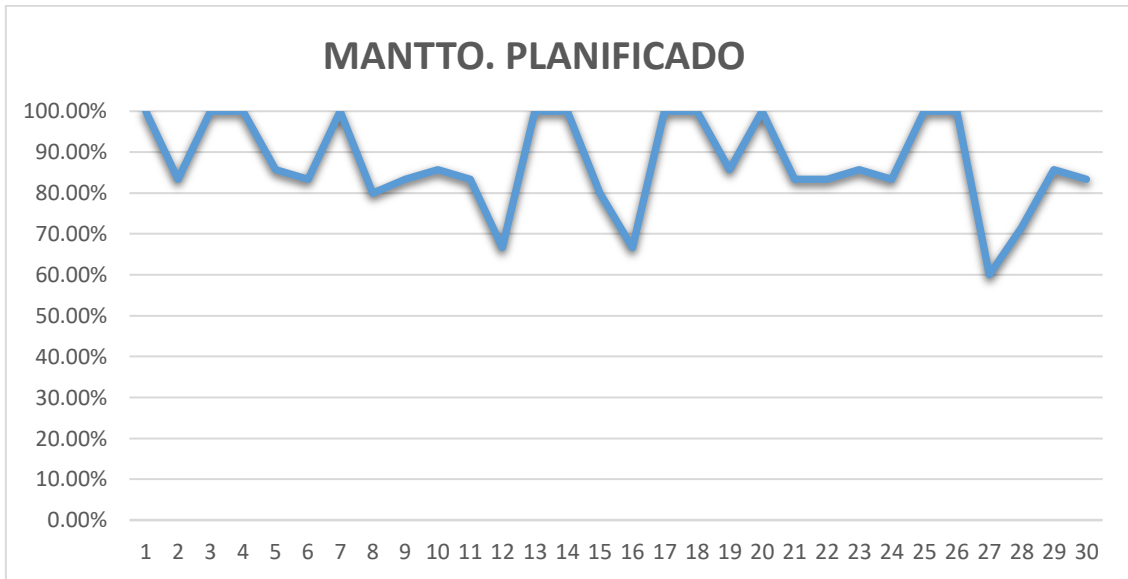


Figura 2115. Mantenimiento Planificado Post test



Tabla 189. Registro de Mantenimiento Autónomo Post test

HOJA DE REGISTRO MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
EMPRESA:	BJ EQUIPOS S.A.C.	TIPO DE MEDICION:	POST TEST
		MES:	OCTUBRE
FECHA	HORAS EJECUTADAS	HORAS PROGRAMADAS	MANTTO. AUTONOMO
1	0.60	1	60.00%
2	0.75	1	75.00%
3	0.81	1	81.00%
4	0.90	1	90.00%
5	0.92	1	92.00%
6	0.79	1	79.00%
7	0.95	1	95.00%
8	0.78	1	78.00%
9	0.69	1	69.00%
10	0.56	1	56.00%
11	0.65	1	65.00%
12	0.69	1	69.00%
13	0.82	1	82.00%
14	0.40	1	40.00%
15	0.56	1	56.00%
16	0.61	1	61.00%
17	0.80	1	80.00%
18	0.75	1	75.00%
19	0.80	1	80.00%
20	0.79	1	79.00%
21	0.82	1	82.00%
22	0.73	1	73.00%
23	0.60	1	60.00%
24	0.54	1	54.00%
25	0.49	1	49.00%
26	0.42	1	42.00%
27	0.40	1	40.00%
28	0.48	1	48.00%
29	0.54	1	54.00%
30	0.51	1	51.00%
<b>Total</b>	<b>20.15</b>	<b>30.00</b>	<b>67.17%</b>

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se puede observar que, el indicador del mantenimiento autónomo tuvo un valor de 67.17% para el post test. Esto evidencia una mejora porcentual de dicho

indicador en 21.39%. En la siguiente figura se muestra el progreso durante el mes de octubre.

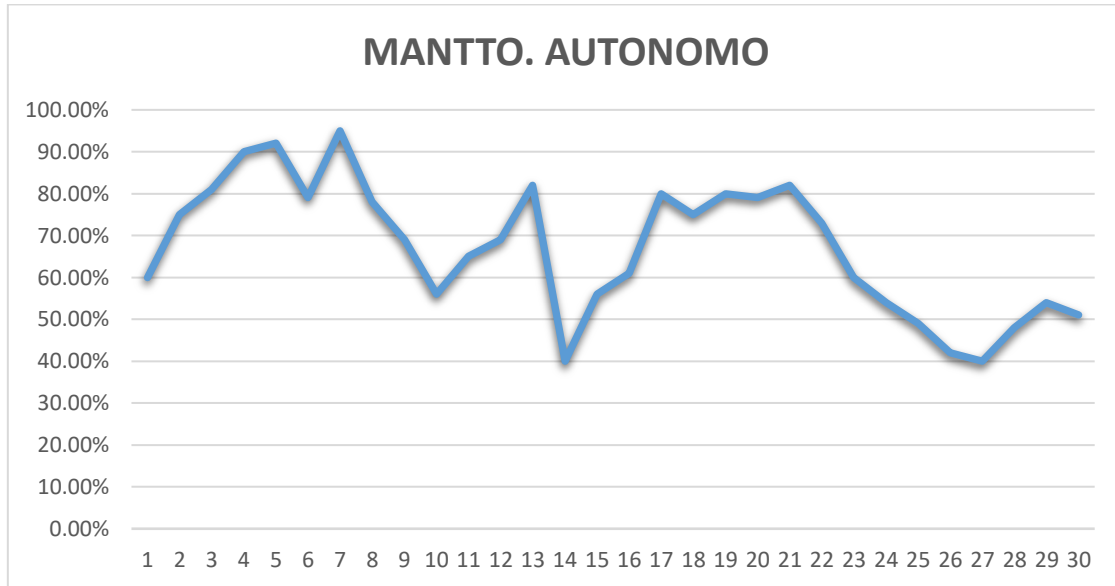


Figura 162. Mantenimiento Autónomo Post test

La siguiente tabla muestra la comparación entre los valores del pre test y post test de los indicadores de la variable independiente: TPM.

	Mantenimiento planificado	Mantenimiento autónomo
Pre test	77.17%	55.33%
Post test	87.33%	67.17%
<b>%mejora</b>	<b>13.16%</b>	<b>21.39%</b>

Figura 173. Mejora de indicadores del TPM

## Variable dependiente: Eficiencia Global de Equipos

Tabla 3019. Hoja de registro Eficiencia Global de Equipos Post test

HOJA DE REGISTRO DISPONIBILIDAD										
EMPRESA:		BJ EQUIPOS S.A.C.			TIPO DE MEDICION:			POST TEST		
FECHA	TOTAL EQUIPO OPERATIVO	TOTAL EQUIPO	DISPONIBILIDAD	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO REAL	MES:			OCTUBRE		
					TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO	RENDIMIENTO	N° EQUIPOS ADECUADOS	N° TOTAL DE EQUIPOS	CALIDAD	OEE
1	12.232	16	76.45%	3.190	16	19.94%	4	4	100.00%	15.24%
2	5.907	16	36.92%	8.140	16	50.88%	3	4	75.00%	14.09%
3	13.64	16	85.25%	7.150	16	44.69%	4	4	100.00%	38.10%
4	7.04	16	44.00%	8.470	16	52.94%	4	4	100.00%	23.29%
5	14.828	16	92.68%	8.360	16	52.25%	4	4	100.00%	48.42%
6	4.587	16	28.67%	9.900	16	61.88%	3	4	75.00%	13.30%
7	11.583	16	72.39%	14.630	16	91.44%	4	4	100.00%	66.20%
8	7.194	16	44.96%	4.950	16	30.94%	4	4	100.00%	13.91%
9	10.747	16	67.17%	6.050	16	37.81%	3	4	75.00%	19.05%
10	14.256	16	89.10%	8.030	16	50.19%	4	4	100.00%	44.72%
11	16.544	16	103.40%	8.360	16	52.25%	4	4	100.00%	54.03%
12	8.008	16	50.05%	7.810	16	48.81%	4	4	100.00%	24.43%
13	9.955	16	62.22%	8.690	16	54.31%	3	4	75.00%	25.34%
14	8.316	16	51.98%	4.400	16	27.50%	3	4	75.00%	10.72%
15	5.731	16	35.82%	8.250	16	51.56%	4	4	100.00%	18.47%
16	14.146	16	88.41%	5.500	16	34.38%	3	4	75.00%	22.79%
17	5.159	16	32.24%	8.250	16	51.56%	4	4	100.00%	16.63%
18	15.961	16	99.76%	10.450	16	65.31%	4	4	100.00%	65.15%
19	5.61	16	35.06%	8.250	16	51.56%	4	4	100.00%	18.08%
20	10.692	16	66.83%	4.950	16	30.94%	4	4	100.00%	20.67%
21	4.103	16	25.64%	8.250	16	51.56%	4	4	100.00%	13.22%
22	10.791	16	67.44%	4.840	16	30.25%	3	4	75.00%	15.30%
23	14.817	16	92.61%	6.050	16	37.81%	4	4	100.00%	35.02%
24	10.417	16	65.11%	10.450	16	65.31%	4	4	100.00%	42.52%
25	9.801	16	61.26%	7.150	16	44.69%	4	4	100.00%	27.37%
26	8.91	16	55.69%	9.350	16	58.44%	4	4	100.00%	32.54%
27	14.806	16	92.54%	2.200	16	13.75%	4	4	100.00%	12.72%
28	13.706	16	85.66%	2.200	16	13.75%	4	4	100.00%	11.78%
29	8.954	16	55.96%	11.110	16	69.44%	4	4	100.00%	38.86%
30	13.167	16	82.29%	8.140	16	50.88%	4	4	100.00%	41.87%
<b>Total</b>	<b>311.61</b>	<b>480.00</b>	<b>64.92%</b>	<b>223.52</b>	<b>480.00</b>	<b>46.57%</b>	<b>113.00</b>	<b>120.00</b>	<b>94.17%</b>	<b>28.47%</b>

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, se visualiza que para el post test, la disponibilidad tuvo un valor de 81.67%, el rendimiento de 42.33%, la calidad de 92.50%; y por lo tanto, el valor de OEE fue de 31.98%. En la siguiente figura se muestra el progreso de cada uno de estos indicadores durante el mes de octubre.

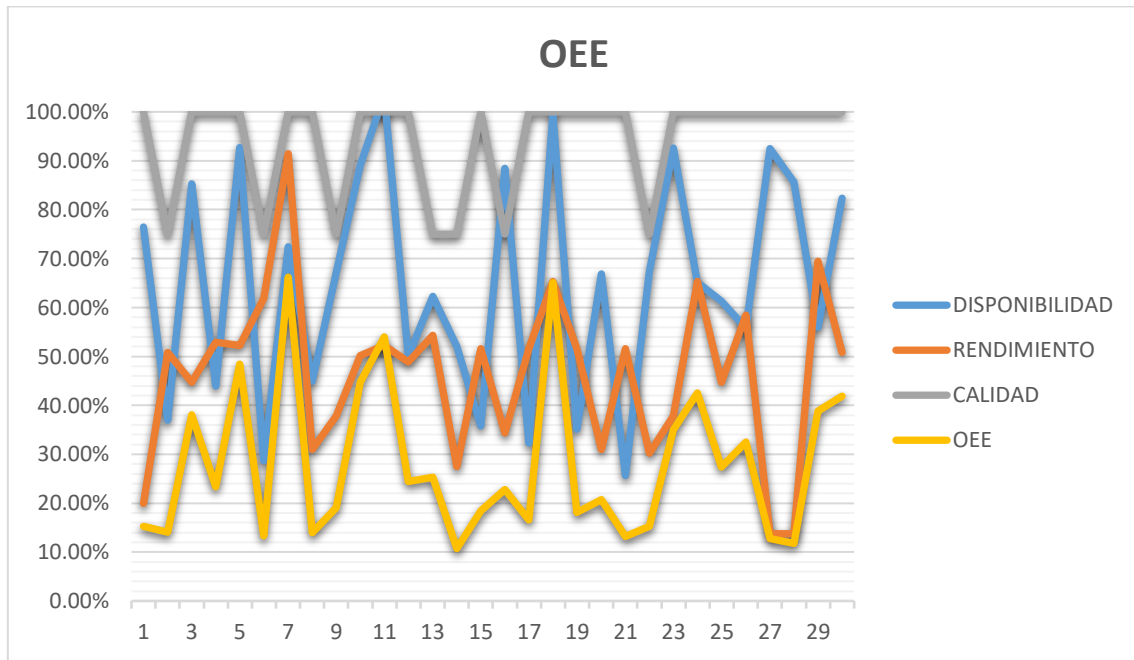


Figura 184. Eficiencia Global de Equipos Post test

En la siguiente tabla se muestran las mejoras porcentuales que tuvieron los indicadores del OEE.

Tabla 201. Mejora de indicadores de OEE

	<b>Disponibilidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Calidad</b>	<b>OEE</b>
Pre test	46.92%	36.94%	77.50%	13.43%
Post test	64.92%	46.57%	94.17%	28.47%
<b>%mejora</b>	<b>38.37%</b>	<b>26.07%</b>	<b>21.51%</b>	<b>111.95%</b>

Fuente: Elaboración propia

## Evaluación económica financiera

En primer lugar, se realizó una tabla resumen de la inversión realizada, cuyo detalle se encuentra en el presupuesto de la mejora.

Tabla 212. Resumen de inversión

Inversión	
<b>Materiales</b>	S/ 1,001.20
<b>Mano de obra</b>	S/ 11,205.66
<b>Total</b>	<b>S/ 12,206.86</b>

Fuente: Elaboración propia

El monto de inversión fue de S/12,206.86. Seguidamente, se precisó el costo de cada tipo de servicio de mantenimiento, sea autónomo o por otra persona externa especialista.

Tabla 223. Costos de servicio de mantenimiento

Servicio de mantenimiento		
Tipo	medición	Costo
Autónomo	por hora	S/ 8.50
Externo/Especialista	por equipo	S/ 150.00

Fuente: Elaboración propia

El servicio de mantenimiento autónomo tuvo un costo de S/8.50 por hora; mientras que el mantenimiento realizado por el especialista externo tuvo un costo de S/150 por equipo (en promedio). Estos costos nos permiten encontrar el ahorro pronosticado que se deriva de la mejora, medido de manera mensual. El ahorro es obtenido a través de la diferencia entre el costo total de servicios del pre test y el del post test, tal como se muestra en las siguientes tablas:



Tabla 234. Costos por servicio de mantenimiento Pre test

PRE TEST		Periodo:	Julio	
Mantenimiento	Horas	Equipos	Costo unitario	Costo total
Autónomo	16.60		S/ 8.50	S/ 141.08
Externo		27	S/ 150.00	S/ 4,050.00
			<b>Total</b>	<b>S/ 4,191.08</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 245. Costos por servicios de mantenimiento Post test

POST TEST		Periodo:	Octubre	
Mantenimiento	Horas	Equipos	Costo unitario	Costo total
Autónomo	20.15		S/ 8.50	S/ 171.25
Externo		7	S/ 150.00	S/ 1,050.00
			<b>Total</b>	<b>S/ 1,221.25</b>

Fuente: Elaboración propia

En estas tablas, se muestra que para cada periodo (pre y post test), el mantenimiento autónomo se midió por las horas usadas, la cual resulta de la suma total de horas ejecutadas de mantenimiento autónomo durante el mes requerido para cada medición. Y el mantenimiento externo fue en relación de la cantidad de equipos por realizar mantenimiento y que, además, no pudieron ser realizados autónomamente; dicho resultado se obtuvo de la diferencia entre el número total de equipos y el número de equipos adecuados, valores que se usaron para obtener la calidad de equipos en cada medición. Así el ahorro mensual obtenido fue el siguiente:

Tabla 256. Ahorro mensual

COSTOS		AHORRO MENSUAL
PRE TEST	POST TEST	
S/ 4,191.08	S/ 1,221.25	<b>S/ 2,969.83</b>

Fuente: Elaboración propia



El ahorro mensual es de S/2,969.83. Así mismo, se detallaron los montos por acciones de mantenimiento de la mejora, sea por capacitaciones, análisis fijos necesarios, entre otros que se pueden visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 267. Costos necesarios para mantener la mejora

<b>Acciones para mantener mejora</b>			
<b>Concepto</b>	<b>costo unitario</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo total</b>
Capacitaciones de especialista	S/ 200.00	4 sesiones	S/ 800.00
Tiempo de operarios	S/ 8.50	7 horas	S/ 59.49
Análisis 5S	S/ 14.50	2.5 horas	S/ 36.24
Actualización afiches	S/ 5.00	2 afiches	S/ 10.00
<b>Total</b>			<b>S/ 905.73</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo total requerido para mantener la mejora implementada de manera mensual fue de S/905.73.

Tomando todos los valores monetarios ya precisados, se procedió a desarrollar el flujo económico, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 278. Flujo económico

Flujo de caja													
Concepto	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Ahorro mensual		S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83
<b>Total ingresos</b>		S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83	S/ 2,969.83
Inversión	S/ 12,206.86												
Mantenimiento de mejora		S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73
<b>Total egresos</b>	S/ 12,206.86	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73	S/ 905.73
<b>Saldo Neto</b>	<b>-S/ 12,206.86</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>	<b>S/ 2,064.10</b>
<b>Saldo Acumulado</b>	<b>-S/ 12,206.86</b>	<b>-S/ 10,142.76</b>	<b>-S/ 8,078.66</b>	<b>-S/ 6,014.56</b>	<b>-S/ 3,950.47</b>	<b>-S/ 1,886.37</b>	<b>S/ 177.73</b>	<b>S/ 2,241.83</b>	<b>S/ 4,305.93</b>	<b>S/ 6,370.02</b>	<b>S/ 8,434.12</b>	<b>S/ 10,498.22</b>	<b>S/ 12,562.32</b>

Fuente: Elaboración propia





Basado en este flujo económico se pudo obtener los valores para los indicadores de factibilidad del proyecto. Tomando una tasa anual de 20%, se encontró que el valor de VAN fue de S/10,263.96 y un TIR de 13.01%, lo cual significó que el proyecto sea factible con recuperación de inversión y utilidades constantes luego de la misma, como se puede apreciar en la tabla anterior. Así mismo, se obtuvo un valor de Beneficio/Costo (B/C) de S/1.47; lo cual se encontró como positivo, ya que se interpreta que por cada nuevo sol (S/1.00) invertido, se obtendrá 47 céntimos (S/0.47) más de ganancia.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se procesan los datos de dos maneras, descriptiva e inferencialmente. Ambos se dieron mediante un análisis estadístico en el software SPSS como recomienda Lizcano, Parra y Pineda (2016).

En el análisis descriptivo se usaron estadísticos como la media, mediana, varianza, desviación, asimetría y curtosis. Mientras que para el análisis inferencial se usaron estadígrafos según correspondan, sea T-Student o Wilcoxon, buscando dar respuesta positiva a las hipótesis de la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

La información presentada en el presente estudio es propia del autor, en base a investigación y aplicación de los conceptos de ingeniería de mantenimiento obtenidos en la UCV, sin plagio de ningún tipo y en base a los códigos de ética de la UCV. La empresa minera BJ EQUIPOS SAC. autorizó a la presente investigación el uso y divulgación de los datos.

### III. RESULTADOS

#### Análisis descriptivo

- OEE (Eficiencia Global de Equipos)

Tabla 289. Estadísticos descriptivos de OEE

		Estadístico
OEE Pre	Media	13,5232%
	Mediana	15,1172%
	Varianza	110,390
	Desv. típ.	10,50668%
	Mínimo	0,00%
	Máximo	35,44%
	Asimetría	,134
	Curtosis	-,810
OEE Post	Media	28,1280%
	Mediana	23,0432%
	Varianza	254,242
	Desv. típ.	15,94496%
	Mínimo	10,72%
	Máximo	66,20%
	Asimetría	1,000
	Curtosis	,127

Fuente: Elaboración propia

Se logra observar que los estadísticos descriptivos de tendencia central, como la media y mediana aumentaron; debido a que el promedio de datos durante el tiempo establecido de medición mejoró a través de las implementaciones realizadas. En este caso, la dispersión medida por sus estadísticos aumentaron, lo cual significó que los datos estuvieron más separados entre ellos en el post test. Finalmente, los valores de asimetría y curtosis aumentaron; lo que significó que la aglomeración de mayoría de estos datos estuvo mucho más debajo de la media en el post test; y que además están muy cercanamente alrededor de la misma.

• **Disponibilidad**

Tabla 4029. Estadísticos descriptivos de Disponibilidad

		<b>Estadístico</b>
Disponibilidad Pre	Media	46,9167%
	Mediana	57,5000%
	Varianza	1031,760
	Desv. típ.	32,12102%
	Mínimo	0,00%
	Máximo	80,00%
	Asimetría	-,577
	Curtosis	-1,388
Disponibilidad Post	Media	64,9183%
	Mediana	65,9656%
	Varianza	528,880
	Desv. típ.	22,99738%
	Mínimo	25,64%
	Máximo	103,40%
	Asimetría	-,078
	Curtosis	-1,160

Fuente: Elaboración propia

Se logra observar que los estadísticos descriptivos de tendencia central, como la media y mediana aumentaron; debido a que el promedio de datos durante el tiempo establecido de medición mejoró. Así mismo, la dispersión medida por sus estadísticos disminuyó, lo cual significó que los datos estuvieron más juntos entre ellos en el post test. Finalmente, los valores de asimetría y curtosis aumentaron; lo que significó que la aglomeración de mayoría de estos datos estuvo mucho más encima de la media en el post test; y que, además, al tener curtosis negativa en ambos casos, es aún baja la aglomeración de datos alrededor de la media, pero con cierto acercamiento para el post test

- Rendimiento

Tabla 301. Estadísticos descriptivos de Rendimiento

		Estadístico
Rendimiento Pre	Media	36,9375%
	Mediana	36,5625%
	Varianza	60,920
	Desv. típ.	7,80513%
	Mínimo	23,75%
	Máximo	57,50%
	Asimetría	,515
	Curtosis	,294
Rendimiento Post	Media	46,5667%
	Mediana	50,8750%
	Varianza	283,624
	Desv. típ.	16,84115%
	Mínimo	13,75%
	Máximo	91,44%
	Asimetría	,084
	Curtosis	,796

Fuente: Elaboración propia

Se logra observar que los estadísticos descriptivos de tendencia central, como la media y mediana aumentaron; debido a que el promedio de datos durante el tiempo establecido de medición mejoró. Así mismo, la dispersión medida por sus estadísticos aumentó, lo cual significó que los datos estuvieron más separados entre ellos en el post test. Finalmente, el valor de asimetría disminuyó, pero aún se encontró con valor positivo; lo que significó que la aglomeración de mayoría de estos datos aún siguió por debajo de la media, pero con un acercamiento mayor a ella; y que, además, al aumentar su curtosis y en ambos casos ser positiva, es mayor la aglomeración de datos alrededor de la media para el post test.

- **Calidad**

Tabla 312. Estadísticos descriptivos de Calidad

		<b>Estadístico</b>
Calidad Pre	Media	77,5000%
	Mediana	75,0000%
	Varianza	230,603
	Desv. típ.	15,18563%
	Mínimo	50,00%
	Máximo	100,00%
	Asimetría	-,040
	Curtosis	-,081
Calidad Post	Media	94,1667%
	Mediana	100,0000%
	Varianza	115,661
	Desv. típ.	10,75458%
	Mínimo	75,00%
	Máximo	100,00%
	Asimetría	-1,328
	Curtosis	-,257

Fuente: Elaboración propia

Se logra observar que los estadísticos descriptivos de tendencia central, como la media y mediana aumentaron; debido a que el promedio de datos durante el tiempo establecido de medición mejoró. Así mismo, la dispersión medida por sus estadísticos se redujo, lo cual significó que los datos estuvieron menos separados entre ellos en el post test. Finalmente, el valor de asimetría disminuyó, pero aún se encontró con valor negativo; lo que significó que la aglomeración de mayoría de estos datos aún siguió por encima de la media, pero esta vez con un mayor alejamiento de ella; y que, además, al disminuir su curtosis y en ambos casos ser negativa, es mucho más baja la aglomeración de datos alrededor de la media para el post test.

## Análisis inferencial

Para contrastar la hipótesis general y las específicas se consideró el hecho de tener 30 datos para cada medición (pre y post test); por lo cual todas las pruebas de normalidad para las hipótesis fueron realizadas a través del estadígrafo Shapiro Wilk, tomando en cuenta que fue un valor menor o igual de 30.

A continuación, se muestra el análisis inferencial realizado por cada hipótesis:

- **OEE (Hipótesis general)**

- Si  $\text{Sig} > 0.05$ , los datos son paramétricos y se usa la prueba de T-Student.
- Si  $\text{Sig} \leq 0.05$ , los datos no son paramétricos y se usa la prueba de Wilcoxon.

Tabla 323. Normalidad OEE

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
OEE Pre	,921	30	<b>,029</b>
OEE Post	,877	30	<b>,002</b>

Fuente: Elaboración propia

En tabla se puede apreciar que el valor de significancia obtenido para pre y post test fue menor que 0.05; por lo cual se tomaron como datos no paramétricos. Es así como, se realizó la contrastación de la hipótesis a través de Wilcoxon, teniendo en cuenta las siguientes premisas:

Ho: La aplicación del TPM no mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Hg: La aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Entonces:

- Si Sig > 0.05, se acepta Ho (hipótesis nula)
- Si Sig ≤ 0.05, se acepta Hg (hipótesis general)

Tabla 334. Wilcoxon OEE

	OEE Post – OEE Pre
Z	-3,425 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,001

Fuente: Elaboración propia

El valor de significancia de la prueba de Wilcoxon fue de 0.001, siendo menor que 0.05; por lo tanto, se aceptó la hipótesis general de la investigación: La aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

• **Disponibilidad (Hipótesis específica 1)**

- Si Sig > 0.05, los datos son paramétricos y se usa la prueba de T-Student.
- Si Sig ≤ 0.05, los datos no son paramétricos y se usa la prueba de Wilcoxon.

Tabla 345. Normalidad Disponibilidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad Pre	,794	30	,000
Disponibilidad Post	,955	30	,224

Fuente: Elaboración propia

En tabla se puede apreciar que el valor de significancia obtenido para pre y post test fue menor que 0.05; por lo cual se tomaron como datos no paramétricos. Es así como, se realizó la contrastación de la hipótesis a través de Wilcoxon, teniendo en cuenta las siguientes premisas:

Ho: La aplicación del TPM no mejora la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

H1: La aplicación del TPM mejora la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Entonces:

- Si Sig > 0.05, se acepta Ho (hipótesis nula)
- Si Sig ≤ 0.05, se acepta H1 (hipótesis específica 1)

Tabla 356. Wilcoxon Disponibilidad

	<b>Disponibilidad Post – Disponibilidad Pre</b>
Z	-2,170 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	<b>,030</b>

Fuente: Elaboración propia

El valor de significancia de la prueba de Wilcoxon fue de 0.030, siendo menor que 0.05; por lo tanto, se aceptó la hipótesis específica 1 de la investigación: La aplicación del TPM mejora la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.





- **Rendimiento (Hipótesis específica 2)**

- Si Sig > 0.05, los datos son paramétricos y se usa la prueba de T-Student.
- Si Sig ≤ 0.05, los datos no son paramétricos y se usa la prueba de Wilcoxon.

Tabla 367. Normalidad de Rendimiento

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento Pre	,976	30	<b>,698</b>
Rendimiento Post	,953	30	<b>,197</b>

Fuente: Elaboración propia

En tabla se puede apreciar que el valor de significancia obtenido para pre y post test fue mayor que 0.05; por lo cual, en este caso, se tomaron como datos paramétricos. Es así como, se realizó la contrastación de la hipótesis a través de T-Student, teniendo en cuenta las siguientes premisas:

Ho: La aplicación del TPM no mejora el rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

H2: La aplicación del TPM mejora el rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Entonces:

- Si Sig > 0.05, se acepta Ho (hipótesis nula)
- Si Sig ≤ 0.05, se acepta H2 (hipótesis específica 2)

Tabla 378. T-Student Rendimiento

	t	gl	Sig. (bilateral)
Rendimiento Pre – Rendimiento Post	-2,625	29	<b>,014</b>

Fuente: Elaboración propia

El valor de significancia de la prueba de Wilcoxon fue de 0.014, siendo menor que 0.05; por lo tanto, se aceptó la hipótesis específica 2 de la investigación: La aplicación del TPM mejora el rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

• **Calidad (Hipótesis específica 3)**

- Si Sig > 0.05, los datos son paramétricos y se usa la prueba de T-Student.
- Si Sig ≤ 0.05, los datos no son paramétricos y se usa la prueba de Wilcoxon.

Tabla 389. Normalidad de Calidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Calidad Pre	,766	30	<b>,000</b>
Calidad Post	,526	30	<b>,000</b>

Fuente: Elaboración propia

En tabla se puede apreciar que el valor de significancia obtenido para pre y post test fue menor que 0.05; por lo cual se tomaron como datos no paramétricos. Es así como, se realizó la contrastación de la hipótesis a través de Wilcoxon, teniendo en cuenta las siguientes premisas:



Ho: La aplicación del TPM no mejora la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

H3: La aplicación del TPM mejora la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Entonces:

- Si Sig > 0.05, se acepta Ho (hipótesis nula)
- Si Sig ≤ 0.05, se acepta H3 (hipótesis específica 3)

Tabla 50. Wilcoxon Calidad

	<b>Calidad Post – Calidad Pre</b>
Z	-3,911 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	<b>,000</b>

Fuente: Elaboración propia

El valor de significancia de la prueba de Wilcoxon fue de 0.000, siendo menor que 0.05; por lo tanto, se aceptó la hipótesis específica 3 de la investigación: La aplicación del TPM mejora la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

#### IV. DISCUSIONES

En primer lugar, la hipótesis general fue contrastada a través de Wilcoxon, ya que los datos correspondientes a la Eficiencia Global de Equipos (OEE) tuvieron un comportamiento no paramétrico; así se obtuvo un valor de significancia de 0.001. Este valor fue menor que 0.05; por lo tanto, se logró deducir que la hipótesis general de la investigación sea aceptada; es decir la aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa estudiada.

Además de este resultado obtenido, se pudo corroborar que el TPM tiene efectos positivos sobre la eficiencia global de equipos, por medio de argumentos teóricos; precisamente de los antecedentes relacionados a la investigación:

Suryaprakash et al. (2020), en su artículo de investigación cuyo objetivo fue mejorar la eficiencia global de equipos de un centro de mecanizado usando TPM, puesto que se encontraron deficiencias y valores poco óptimos de la disponibilidad; logró incrementar el valor de Eficiencia Global en 11.20%. Chandra, Chaturvedi y Kumar (2018), en su artículo con objetivo de mejorar la eficiencia global de equipos usando el mantenimiento productivo total en una tienda de máquinas ligeras; logró mejorar la eficiencia global de equipos; puesto que el valor de OEE pasó de 58.79% a 70.08%; es decir se incrementó en 19.20%.

Así mismo, Kasim et al. (2015), en su artículo con objetivo de mejorar la eficiencia global de equipo a través de la implementación del mantenimiento productivo total en industrias manufactureras, de las más importantes alrededor del mundo; logró que la OEE de tres industrias de Taiwán mejoraran en 51.46%, 67.27% y 26.78% cada una; además de que para una celda ensambladora (área), la OEE pasó de 39 a 69%, es decir mejoró en 76.92%.

Finalmente, La Jara (2018) y Caceres Carbajal (2018) en sus trabajos de investigación lograron mejorar la eficiencia global de los equipos pasando de 65% a 81% para el primero y de 67.6% a 76.2% para el segundo; de esta forma, se obtuvo mejoras de la OEE en 24.62% y 12.72% para cada una respectivamente.



Estos resultados reafirman que el TPM permite mejorar la OEE, tal como en la presente tesis, donde su valor pasó de 13.43% a 28.47%; mejorando entonces en más del doble; lo cual se debe a que su valor era muy bajo para el pre test y por lo tanto las mejoras tuvieron mayor efecto en ella; tomando en cuenta que se enfocó en el área de mantenimiento.

En segundo lugar, la hipótesis específica 1 fue contrastada a través de Wilcoxon, ya que los datos correspondientes a la disponibilidad de equipos tuvieron un comportamiento no paramétrico; así se obtuvo un valor de significancia de 0.030. Este valor fue menor que 0.05; por lo tanto, se logró deducir que la hipótesis específica 1 de la investigación sea aceptada; es decir la aplicación del TPM mejora la disponibilidad de los equipos en la empresa estudiada. Se muestran también, los antecedentes que respaldan lo mencionado.

Uddin, Sakaline y Khan (2021), en su artículo cuyo objetivo fue mejorar la eficiencia global de equipos como una clave a través del **enfoque** del mantenimiento productivo total en industrias, logró mejorar la disponibilidad de los equipos en 2.44%. Mientras que Suryaprakash et al. (2020), pudo incrementar el valor de disponibilidad de equipos en 4.01%.

Además, Chandra, Chaturvedi y Kumar (2018) logró pasar el valor de la disponibilidad de 80 a 85.13%; es decir se incrementó en 6.41%. Mientras que Kasim et al. (2015) mejoró la disponibilidad de equipos de una celda ensambladora en 17%. Y Caceres Carbajal (2018), pudo pasar el valor de disponibilidad de 85.2% a 88.3%; lo cual significó una mejora de 3.64%.

En esta tesis, al igual que en los antecedentes, se obtuvieron resultados positivos para la disponibilidad; pues pasó de un valor de 46.92% en el pre test a uno de 64.92% en el post test; es decir mejoró en 38.37%.

En tercer lugar, la hipótesis específica 2 fue contrastada a través de T-Student, ya que los datos correspondientes al rendimiento de equipos tuvieron un



comportamiento paramétrico; así se obtuvo un valor de significancia de 0.014. Este valor fue menor que 0.05; por lo tanto, se logró deducir que la hipótesis específica 2 de la investigación sea aceptada; es decir la aplicación del TPM mejora el rendimiento de los equipos en la empresa estudiada. Se muestran también, los antecedentes que respaldan lo mencionado.

Suryaprakash et al. (2020), en su artículo de investigación pudo incrementar el valor de rendimiento de equipos en 5.76%. Mientras que, Uddin, Sakaline y Khan (2021), logró mejorar el rendimiento de los equipos en 13%.

Además, Chandra, Chaturvedi y Kumar (2018) logró pasar el valor del rendimiento de 76.92 a 83.13%; es decir se incrementó en 8.07%. Por otro lado, Kasim et al. (2015) mejoró el rendimiento de equipos de una celda ensambladora en 8%. Y Caceres Carbajal (2018), llevó el valor de rendimiento de 79.5% a 86.3%; lo cual significó una mejora de 8.55%.

Tal cual, la presente tesis obtuvo mejoras porcentuales para el valor de rendimiento de equipos; pues pasó su valor de 36.94% en el pre test a 46.57% en el post test; es decir mejoró en 26.07%.

En último lugar, se tuvo a la hipótesis específica 3, la cual también fue contrastada a través de Wilcoxon, ya que los datos correspondientes a la calidad de equipos tuvieron un comportamiento no paramétrico; así se obtuvo un valor de significancia de 0.000. Este valor fue menor que 0.05; por lo tanto, la hipótesis específica 3 de la investigación fue aceptada; es decir la aplicación del TPM mejora la calidad de los equipos en la empresa estudiada. A continuación, los antecedentes que sostienen lo obtenido.

Uddin, Sakaline y Khan (2021), en su artículo de investigación precisó que obtuvo una mejora de la calidad de los equipos en 1.05%. Mientras que Suryaprakash et al. (2020), obtuvo una mejora en la calidad de equipos en 1%.



Además, Chandra, Chaturvedi y Kumar (2018) logró pasar el valor de la calidad de equipos de 95.55 a 99.03%; es decir se incrementó en 3.64%. Mientras que Kasim et al. (2015) obtuvo una mejora de la calidad de una celda ensambladora en 20%. Finalmente, Caceres Carbajal (2018), logró mejorar el valor de disponibilidad de 67.6% a 76.2%; lo cual significó una mejora de 12.72%.

En esta tesis, al igual que en los antecedentes, se logró mejorar la calidad de los equipos; pues pasó de un valor de 77.50% en el pre test a uno de 94.17% en el post test; es decir mejoró en 21.51%.

Se entiende entonces que, lo determinado desde un principio en esta tesis, fue argumentada a través de los antecedentes relacionados al tema que respaldan los resultados positivos; y además, a través del análisis inferencial realizado en el capítulo anterior se logró contrastar cada una de las hipótesis rechazando las nulas y por ende, aceptando todas las hipótesis de la investigación.

## V. CONCLUSIONES

A través de las mejoras implementadas relacionadas al TPM se logró obtener resultados positivos para cada uno de los indicadores de la variable dependiente logrando aceptar todas las hipótesis de la investigación; así se tuvo las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, en relación a la variable dependiente, se pudo obtener una mejora en el valor de la eficiencia global de equipos (OEE), desde un valor de 13.43% en el pre test a uno de 28.47% en el post test; es decir, mejoró más del doble (111.95%); debido a las implementaciones detalladas y con alto impacto en la empresa. De esta forma, se concluyó que la aplicación del TPM mejora la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.
- Así mismo, en cuanto a la dimensión 1 de la eficiencia global de equipos, la disponibilidad, se logró mejorar su valor desde 46.92% en el pre test a 64.92% en el post test; es decir mejoró en 38.37%. Así, se pudo concluir que la aplicación del TPM mejora la disponibilidad de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.
- De la misma manera, en relación a la dimensión 2 de la eficiencia global de equipos, el rendimiento pudo mejorar desde un valor de 36.94% en el pre test a un valor de 46.57% en el post test; es decir mejoró en 26.07%. Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que la aplicación del TPM mejora el rendimiento de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.
- Finalmente, en relación a la dimensión 3 de la eficiencia global de equipos, se obtuvo una mejora en la calidad de equipos, pues pasó de 77.50% en el pre test a 94.17% en el post test; es decir tuvo una mejora de 21.51%. De esta forma, se concluyó que la aplicación del TPM mejora la calidad de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.





## VI. RECOMENDACIONES

Esta investigación implementó distintas propuestas en relación al TPM de manera muy detallada, práctica y ordenada; es así que se tienen las siguientes recomendaciones:

- Fomentar y entrenar constantemente sobre la metodología del TPM a todo el personal no sólo del área de mantenimiento; sino también de las otras áreas.
- Supervisar las actividades realizadas en el área de mantenimiento por el personal involucrado a través de formatos brindados en la investigación; con el fin de seguir una tendencia de mejora sostenible.
- Preparar y actualizar constantemente la forma de inducción a nuevos trabajadores en relación al TPM autónomo y planificado ya implementados en la empresa, para un rápido entendimiento y ajuste.
- Contratar de manera fija a un especialista en análisis de desgaste, lubricación, repuestos y temas específicos de equipos y maquinarias; así reducir tiempos al identificar inconvenientes en ellos; pues el especialista lo realizará de la manera más rápida y eficiente.
- Así mismo se sugiere implementar conforme pase el tiempo, los demás pilares del TPM de una manera muy enfocada en cada una; para así obtener resultados positivos superiores; tomando en cuenta que, si bien se obtuvieron mejoras en la investigación, el valor de eficiencia global de equipos aún es medianamente bajo.



## REFERENCIAS

- ADESTA, E.Y.T., PRABOWO, H.A. y AGUSMAN, D., 2018. Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 290, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/290/1/012024.
- AGUSTIADY, T.K. y CUDNEY, E.A., 2018. Total productive maintenance. *Total Quality Management and Business Excellence* [en línea], vol. 0, no. 0, pp. 1-8. ISSN 14783371. DOI 10.1080/14783363.2018.1438843. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>.
- AHMAD, N., HOSSEN, J. y ALI, S.M., 2018. Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 94, no. 1-4, pp. 239-256. ISSN 14333015. DOI 10.1007/s00170-017-0783-2.
- AHUJA, I.P.S. y KHAMBA, J.S., 2008. Total productive maintenance implementation in a manufacturing organisation. *International Journal of Productivity and Quality Management*, vol. 3, no. 3, pp. 360-381. ISSN 17466482. DOI 10.1504/IJPQM.2008.017504.
- AZIZI, A., 2015. Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 2, no. February, pp. 186-190. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2015.07.032. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.032>.
- CACERES CARBAJAL, C.M., 2018. *Propuesta de mejora de la eficiencia global de los equipos orientado en el TPM para una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/623002>.
- CERCÓS, M.P., CALVO, L.M. y DOMINGO, R., 2019. An exploratory study on the relationship of overall equipment effectiveness (OEE) variables and CO2



emissions. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 41, pp. 224-232. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2019.07.050. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.07.050>.

CHANDRA, A., CHATURVEDI, Y. y KUMAR, A., 2018. Oee Enhancement Using Tpm in Light Machine Shop: a Case Study. *International Journal of Applied Engineering Research* [en línea], vol. 13, no. 6, pp. 202-208. Disponible en: <http://www.ripublication.com>.

CHIKWENDU, O.C., CHIMA, A.S. y EDITH, M.C., 2020. The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company. *Heliyon* [en línea], vol. 6, no. 4. [Consulta: 22 agosto 2021]. ISSN 24058440. DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e03796. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405844020306411?token=EF49F9B8E30E227F198F9B8809026374A97BC5A70985A050E03B0EF5FD8261E6129EB9FF1FFC5F4E1979F8587E8F917E&originRegion=us-east-1&originCreation=20210823014637>.

COBO-SÁNCHEZ, J.L. y BLANCO-MAVILLARD, I., 2020. *Nuclear elements for drafting a research project with quantitative methodology*. 1 enero 2020. S.l.: Ediciones Doyma, S.L.

DÍAZ-REZA, J.R., GARCÍA-ALCARAZ, J.L. y MARTÍNEZ-LOYA, V., 2019. *Impact Analysis of Total Productive Maintenance*. S.l.: s.n. ISBN 9783030017248.

DOBRA, P. y JÓSVAI, J., 2021. Enhance of OEE by hybrid analysis at the automotive semi-automatic assembly lines. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 54, no. Det 2020, pp. 184-190. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2021.07.028. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.028>.

DOS REIS, M.D.O., GODINA, R., PIMENTEL, C., SILVA, F.J.G. y MATIAS, J.C.O., 2019. A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 38, no. 2019, pp. 908-915. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2020.01.173. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.173>.



- DUQUES MACIEL FILHO, A., GOMES DA SILVA, J. y SARMANHO DE OLIVEIRA LIMA, M., 2019. Impact of Autonomous Maintenance on a PIM Production Line. *International Journal for Innovation Education and Research*, vol. 7, no. 12, pp. 385-398. ISSN 2411-3123. DOI 10.31686/ijer.vol7.iss12.2084.
- FAM, S.F., PRASTYO, D.D., LOH, S.L., UTAMI, S. y YONG, D.H.Y., 2018. Total productive maintenance practices in manufacture of electronic components & boards industry in Malaysia. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, vol. 10, no. 2-8, pp. 97-101. ISSN 22898131.
- FERNÁNDEZ BEDOYA, V.H., 2020. Tipos de justificación en la investigación científica. *Espí-ritu Emprendedor TES*, vol. 4, no. 3, pp. 65-76. ISSN 2602-8093. DOI 10.33970/eetes.v4.n3.2020.207.
- FERNÁNDEZ, P., 2016. Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. *Atenas* [en línea], vol. 2, pp. 34. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478054643001%0APDF>.
- FERREIRA, S., MARTINS, L., SILVA, F.J.G., CASAIS, R.B., CAMPILHO, R.D.S.G. y SÁ, J.C., 2020. A novel approach to improve maintenance operations. *Procedia Manufacturing* [en línea]. S.I.: Elsevier B.V., pp. 1531-1537. [Consulta: 22 agosto 2021]. DOI 10.1016/j.promfg.2020.10.213. Disponible en: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- GANDHI, D.N. y DESHPANDE, V., 2018. A Review of TPM To Implement OEE Technique in Manufacturing Industry. *Industrial Engineering Journal*, vol. 11, no. 6. DOI 10.26488/iej.11.6.1073.
- HEDMAN, R., SUBRAMANIYAN, M. y ALMSTRÖM, P., 2016. Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. *Procedia CIRP* [en línea]. S.I.: s.n., pp. 128-133. [Consulta: 22 agosto 2021]. DOI 10.1016/j.procir.2016.11.023. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212827116311763?token=3AB0C9629DAE382FA23A2E5FD50ABB63C5FC4107BF2D7B4CC6F79D5E3F66033BCB9051F8F7295C34034A36CB492F4774&originRegion=us-east-1&originCreation=20210823022912>.



- HENG, Z., AIPING, L., LIYUN, X. y MORONI, G., 2019. Automatic estimate of OEE considering uncertainty. *Procedia CIRP* [en línea], vol. 81, pp. 630-635. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2019.03.167. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.167>.
- HERNÁNDEZ, S., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. del P., 2014. *Metodología de la Investigación*. 6. México D.F.: s.n. ISBN 9781456223960.
- JASIULEWICZ-KACZMAREK, M., 2016. SWOT analysis for Planned Maintenance strategy-a case study. *IFAC-PapersOnLine* [en línea], vol. 49, no. 12, pp. 674-679. ISSN 24058963. DOI 10.1016/j.ifacol.2016.07.788. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.788>.
- KASIM, N.I., MUSA, M.A., RAZALI, A.R., MOHAMAD NOOR, N. y WAN SAIDIN, W.A.N., 2015. Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in Manufacturing Industries. *Applied Mechanics and Materials*, vol. 761, no. July, pp. 180-185. DOI 10.4028/www.scientific.net/amm.761.180.
- KIGSIRISIN, S., PUSSAWIRO, S. y NOOHAWM, O., 2016. Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity: A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant. *Procedia Engineering* [en línea], vol. 154, pp. 260-267. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2016.07.472. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.472>.
- LA JARA, J., 2018. *Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global de los Equipos, en una fábrica de alimentos, en el área de hojalatería, Cercado, 2018*. S.l.: Universidad César Vallejo.
- LIESA, M., ARRANZ, P. y VÁZQUEZ, S., 2013. Un programa basado en la metodología del aprendizaje servicio que mejora las actitudes de los estudiantes del grado de magisterio hacia la inclusión. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, no. 76, pp. 65-82. ISSN 0213-8646.
- LIZCANO, D.A., PARRA, V.J. y PINEDA, B.E., 2016. Categorías ontológicas en el aprendizaje colaborativo: la solución de casos matemáticos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, vol. 0, no. 48, pp. 100-115-115. ISSN 0124-



5821.

MARTOMO, Z.I. y LAKSONO, P.W., 2018. Analysis of total productive maintenance (TPM) implementation using overall equipment effectiveness (OEE) and six big losses: A case study. *AIP Conference Proceedings*, vol. 1931, no. 2018. ISSN 15517616. DOI 10.1063/1.5024085.

MISHRA, R.P., GUPTA, G. y SHARMA, A., 2021. Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment. *Procedia CIRP* [en línea], vol. 98, pp. 241-246. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2021.01.037. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.037>.

MÜGGENBURG, M.C. y PÉREZ, I., 2007. Los maestros escriben Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Revista Enfermería Universitaria ENEO-UNAM* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 35-38. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3587/358741821004.pdf>.

MWANZA, B.G. y MBOHWA, C., 2015. Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 4, pp. 461-470. [Consulta: 22 agosto 2021]. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2015.11.063. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2351978915011798?token=1515AE6BE69ED61C6048621DAF7EF03BC1E8D109EFFB646680847AD1723F10FEA2F0966F214E354A9F9154B87D5BDA6D&originRegion=us-east-1&originCreation=20210822235557>.

NURPRIHATIN, F., ANGELY, M. y TANNADY, H., 2019. Total productive maintenance policy to increase effectiveness and maintenance performance using overall equipment effectiveness. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 184-199. DOI 10.22105/jarie.2019.199037.1104.

PINTO, H., PIMENTEL, C. y CUNHA, M., 2016. Implications of Total Productive Maintenance in Psychological Sense of Ownership. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [en línea], vol. 217, pp. 1076-1082. [Consulta: 22 agosto



2021]. ISSN 18770428. DOI 10.1016/j.sbspro.2016.02.114. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877042816001397?token=7C3EAD540EAA223C5E52AEF489F887184EDC3D4EE87D7286FEDDF23A30A085AC0B5E60B85126228099BE0CB91C92B0DC&originRegion=us-east-1&originCreation=20210822235604>.

SAHOO, S. y YADAV, S., 2020. Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturers. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 43, pp. 728-735. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2020.02.111. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.111>.

SÁNCHEZ CARLESI, H., REYES ROMERO, C. y MEJÍA SÁENZ, K., 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* [en línea]. Lima: s.n. ISBN 9786124735141. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>.

SETTANNI, F., PONZETTO, F., VERONESI, A., NONNATO, A., MARTINELLI, F., RUMBOLO, F., FIMOGNARI, M., MARTINASSO, G. y MENGOZZI, G., 2021. Total Value of Ownership and Overall Equipment Effectiveness analysis to evaluate the impact of automation on time and costs of therapeutic drug monitoring. *Analytica Chimica Acta* [en línea], vol. 1160. [Consulta: 22 agosto 2021]. ISSN 18734324. DOI 10.1016/j.aca.2021.338455. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003267021002816?token=4768A762E9215D0563EF57AB7C67A501A874EAC6DD0A91496EC3EB24DAED8B28D945B31097528E3993A20A8FB93D90B8&originRegion=us-east-1&originCreation=20210823023028>.

SHINDE, D.D. y PRASAD, R., 2018. Application of AHP for Ranking of Total Productive Maintenance Pillars. *Wireless Personal Communications* [en línea], vol. 100, no. 2, pp. 449-462. ISSN 1572834X. DOI 10.1007/s11277-017-5084-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11277-017-5084-4>.

STADNICKA, D. y ANTOSZ, K., 2018. Overall equipment effectiveness: Analysis of different ways of calculations and improvements. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, no. 201519, pp. 45-55. ISSN 21954364. DOI 10.1007/978-3-319-



68619-6\_5.

SURYAPRAKASH, M., GOMATHI PRABHA, M., YUVARAJA, M. y RISHI REVANTH, R.V., 2020. Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm. *Materials Today: Proceedings* [en línea], no. xxxx. ISSN 22147853. DOI 10.1016/j.matpr.2020.02.820. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>.

UDDIN, M.M., SAKALINE, G. y KHAN, M.M.A., 2021. Enhancing OEE as a Key Metric of TPM Approach-A Practical Analysis in Garments Industries. *European Journal of Engineering and Technology Research*, vol. 6, no. 2, pp. 142-147. DOI 10.24018/ejers.2021.6.2.2376.

ZARREH, A., WAN, H. Da, LEE, Y., SAYGIN, C. y JANAHI, R. Al, 2019. Cybersecurity concerns for total productive maintenance in smart manufacturing systems. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 38, no. 2019, pp. 532-539. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2020.01.067. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.067>.



## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>
¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?	Determinar cómo la aplicación del TPM mejorará la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.	La aplicación del TPM mejorará la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>
¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?	Determinar cómo aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.	La aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.
¿Cómo la aplicación del TPM mejorará el rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?	Determinar cómo la aplicación del TPM mejorará el rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.	La aplicación del TPM mejorará el de rendimiento de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.
¿Cómo la aplicación del TPM mejorará la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021?	Determinar cómo la aplicación del TPM mejorará la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.	La aplicación del TPM mejorará la calidad de equipos en la empresa BJ EQUIPOS SAC, Cañete 2021.

Elaboración propia

## Anexo 2. Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: <b>Mantenimiento Productivo Total (TPM)</b>	TPM es una metodología que busca mantener en condiciones óptimas los equipos y maquinaria usados en una organización, sea de bienes y/o servicios. (Díaz-Reza, García-Alcaraz y Martínez-Loya 2019).	El Mantenimiento Productivo Total es la variable medida a través de sus dos principales pilares; es decir, el mantenimiento planificado y el autónomo.	Mantenimiento planificado	$\text{Mant. Planificado} = \frac{N. \text{órdenes terminadas}}{N. \text{órdenes programadas}} \times 100\%$ <p>N: Número o cantidad</p>	Razón
			Mantenimiento autónomo	$\text{Mant. Autónomo} = \frac{HH \text{ Ejecutadas M. A.}}{HH \text{ Programadas M. A.}} \times 100\%$ <p>HH: Horas Hombre M.A.: Mantenimiento Autónomo</p>	Razón
Variable dependiente: <b>Eficiencia Global de Equipos</b>	La Eficiencia Global de Equipos (OEE) es una herramienta muy usada en distintas empresas para evaluar el nivel de utilización exitosa de los equipos dentro de la organización (Stadnicka y Antosz 2018).	La Eficiencia Global de Equipos es la variable medida a través de la disponibilidad, rendimiento y calidad de los mismos.	Disponibilidad	$D = \frac{\text{Total de equipo operativo}}{\text{Total de equipo}} \times 100\%$ <p>D: Indicador de Disponibilidad</p>	Razón
			Rendimiento	$R = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento real}}{\text{Tiempo de funcionamiento programado}} \times 100\%$ <p>R: Indicador de Rendimiento</p>	Razón
			Calidad	$C = \frac{N. \text{Equipos adecuados}}{N. \text{Total de equipos}} \times 100\%$ <p>C: Indicador de Calidad</p>	Razón

### **Anexo 3. Carta de solicitud de aprobación de empresa**



Lima, 30 de setiembre 2021

Señor

Ing. Henry Espinoza

Gerente de Mantenimiento BJ Equipos S.A.C Empresa: BJ Equipos S.A.C

#### **SOLICITO DE APROBACION DE TEMA DE PERFIL DE PROYECTO DE TESIS Y RECOLECCION DE DATOS**

Estimado Ing. Henry Espinoza por medio de la presente, tengo a bien comunicarle que me encuentro cursando el "X" ciclo de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Cesar Vallejo, para solicitar su Autorización poner en consideración la aprobación del tema de perfil proyecto de tesis: Aplicación del TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en la empresa BJ EQUIPOS S.A.C, Cañete 2021. Así mismo consentirnos el uso de datos del Área de Mantenimiento para poder evaluarlo y posteriormente aplicarlo como una mejora.

Autores del Proyecto de Tesis:

Valdiviezo Otero, Danilo Esgardo.

Gómez Marcos, Andrés Sunmar.

**La investigación que estamos llevando a cabo, tiene los siguientes objetivos:**

#### **Objetivo General**

-Determinar cómo la aplicación del TPM mejorará la eficiencia global de los equipos en la empresa.

#### **Objetivos Específicos**

-Determinar cómo aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de equipos en la empresa.

-Determinar cómo la aplicación del TPM mejorará el rendimiento de equipos en la empresa.

- Determinar cómo la aplicación del TPM mejorará la calidad de equipos en la empresa.

Sin más por el momento, agradezco la atención prestada la presente carta, quedando a sus órdenes para cualquier, duda, aclaración o comentario que pudiese surgir de la información aquí presentada.

Reciba un cordial saludo,

Atentamente



---

**Firma**

**Valdiviezo Otero, Danilo Esgardo**DNI  
**47359279**



---

**Firma**  
**Ing. Espinoza Brañez, Henry**  
**DNI 20090191**

## Anexo 4. Validación de expertos

Nº	DIMENSIONES / ítems	Coherencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)</b>							
1	Dimensión 1: <b>Mantenimiento Planificado</b> $\text{Mant. Planificado} = \frac{N. \text{órdenes terminadas}}{N. \text{órdenes programadas}} \times 100\%$ N: Número o cantidad	X		X		X		
2	Dimensión 1: <b>Mantenimiento Autónomo</b> $\text{Mant. Autónomo} = \frac{\text{HH Ejecutadas M.A.}}{\text{HH Programadas M.A.}} \times 100\%$ HH: Horas Hombre M.A.: Mantenimiento Autónomo	X		X		X		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS</b>							
1	Dimensión 1: <b>Disponibilidad</b> $D = \frac{\text{Total de equipo operativo}}{\text{Total de equipo}} \times 100\%$ D: Indicador de Disponibilidad	X		X		X		
2	Dimensión 2: <b>Rendimiento</b> $R = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento real}}{\text{Tiempo de funcionamiento programado}} \times 100\%$ R: Indicador de Rendimiento	X		X		X		
3	Dimensión 3: <b>Calidad</b> $C = \frac{N. \text{Equipos adecuados}}{N. \text{Total de equipos}} \times 100\%$ C: Indicador de Calidad	X		X		X		

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):**

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

**Apellidos y nombres del juez validador:** Molina Vílchez, Jaime Enrique DNI 06019540

**Especialidad del validador:** Ingeniero Industrial CIP 100497.

Lima, 08 de octubre del 2021

Firma del Experto Informante

<sup>1</sup>**Coherencia:** El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es esencial o importante, para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nº	DIMENSIONES / ítems	Coherencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)</b>							
1	<b>Dimensión 1:</b> Mantenimiento Planificado $\text{Mant. Planificado} = \frac{N. \text{órdenes terminadas}}{N. \text{órdenes programadas}} \times 100\%$ N: Número o cantidad	x		x		x		
2	<b>Dimensión 2:</b> Mantenimiento Autónomo $\text{Mant. Autónomo} = \frac{\text{HH Ejecutadas M.A.}}{\text{HH Programadas M.A.}} \times 100\%$ HH: Horas Hombre M.A.: Mantenimiento Autónomo	x		x		x		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS</b>							
1	<b>Dimensión 1:</b> Disponibilidad $D = \frac{\text{Total de equipo operativo}}{\text{Total de equipo}} \times 100\%$ D: Indicador de Disponibilidad	x		x		x		
2	<b>Dimensión 2:</b> Rendimiento $R = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento real}}{\text{Tiempo de funcionamiento programado}} \times 100\%$ R: Indicador de Rendimiento	x		x		x		
3	<b>Dimensión 3:</b> Calidad $C = \frac{N. \text{Equipos adecuados}}{N. \text{Total de equipos}} \times 100\%$ C: Indicador de Calidad	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

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

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./ Mg: Zeña Ramos, José La Rosa.  
 DNI: 17533125



Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

Mg. Jose La Rosa Zeña Ramos

DNI: 17533125

<sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

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

Nº	DIMENSIONES / ítems	Coherencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)</b>							
1	<b>Dimensión 1: Mantenimiento Planificado</b> $\text{Mant. Planificado} = \frac{N. \text{órdenes terminadas}}{N. \text{órdenes programadas}} \times 100\%$ N: Número o cantidad	X		X		X		
2	<b>Dimensión 2: Mantenimiento Autónomo</b> $\text{Mant. Autónomo} = \frac{\text{HH Ejecutadas M.A.}}{\text{HH Programadas M.A.}} \times 100\%$ HH: Horas Hombre M.A.: Mantenimiento Autónomo	X		X		X		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS</b>	SI	NO	SI	NO	SI	No	
1	<b>Dimensión 1: Disponibilidad</b> $D = \frac{\text{Total de equipo operativo}}{\text{Total de equipo}} \times 100\%$ D: Indicador de Disponibilidad	X		X		X		
2	<b>Dimensión 2: Rendimiento</b> $R = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento real}}{\text{Tiempo de funcionamiento programado}} \times 100\%$ R: Indicador de Rendimiento	X		X		X		
3	<b>Dimensión 3: Calidad</b> $C = \frac{N. \text{Equipos adecuados}}{N. \text{Total de equipos}} \times 100\%$ C: Indicador de Calidad	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Es pertinente

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

Apellidos y nombres del juez validador. Mgtr. Lino Rolando Rodríguez Alegre DNI: 06535058

Especialidad del validador: Ingeniero Pesquero Tecnólogo

<sup>1</sup>Pertinencia: El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

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

15 de OCTUBRE del 2021

-----  
Firma del Experto Informante.







