



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL

**Aplicación del TPM para mejorar la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche en la empresa agroindustrial, Trujillo 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial

**AUTORES:**

Ayma Bravo, Leo Ferdinan

(ORCID: 0000-0003-0433-7324)

Mundaca Julca, Wiliam Daniel

(ORCID: 0000-0002-0348-5248)

**ASESOR:**

Mgr. Añazco Escobar, Dixon Groky

(ORCID: 0000-0002-2729-1202)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Gestión Empresarial y Productiva

TRUJILLO - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Dedicamos el presente proyecto de investigación principalmente a Cristo por guiarnos en este periodo de nuestra vida profesional, a nuestros familiares por ser nuestro motor y motivo de cada esfuerzo para seguir adelante y cumplir nuestros objetivos.

Ayma Bravo, Leo Ferdinan.

Mundaca Julca, Wiliam Daniel.

## **Agradecimiento**

Dar gracias a Dios por concedernos salud y la vida, a nuestros progenitores por instruirnos adecuados valores y a nuestras esposas por apoyarnos, comprendernos día a día en nuestros estudios, y por estar siempre orgullosos de nuestros logros.

Agradecemos a nuestro profesor AÑAZCO ESCOBAR, Dixon Groky por sus enseñanzas y motivación en este curso de proceso de investigación.

Agradecemos a todos los compañeros de labor que de alguna manera nos apoyaron facilitando información para este proyecto de investigación, gracias.

Ayma Bravo, Leo Ferdinan.

Mundaca Julca, Wiliam Daniel

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	19
III. METODOLOGÍA.....	41
3.1 Diseño de investigación.....	42
3.2 Variables, Operacionalización .....	45
3.3 Población y muestra .....	49
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	55
3.5 Procedimientos.....	61
3.6 Método de análisis de datos.....	127
3.7 Aspectos éticos .....	128
IV. RESULTADOS .....	129
V. DISCUSIÓN.....	164
VI. CONCLUSIONES .....	167
VII. RECOMENDACIONES.....	169
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	171
IX. ANEXO .....	178

## Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de correlación .....	9
Tabla 2. Puntaje de priorización .....	10
Tabla 3. Encuesta para establecer puntaje de frecuencia .....	10
Tabla 4. Tabulación de puntajes.....	12
Tabla 5. clasificación de las causas por Áreas .....	14
Tabla 6. Alternativas de solución.....	15
Tabla 7. Matriz de priorización de las causas a solucionar .....	16
Tabla 8 Descripción de la estrategia de los ocho pilares.....	34
Tabla 9. Promedio Muestral de OEE en 10 días .....	53
Tabla 10. Cálculo de la varianza muestral.....	53
Tabla 11. Confiabilidad.....	59
Tabla 12. Confiabilidad.....	60
Tabla 13. Repuestos de tanque de enfriamiento de leche .....	64
Tabla 14. Exactitud de ubicación de repuestos .....	65
Tabla 15. Exactitud de stock de repuestos .....	68
Tabla 16. Mantenimiento basado en el tiempo .....	71
Tabla 17. Mantenimientos programados .....	72
Tabla 18. Actividades del plan de mantenimiento .....	74
Tabla 19. Historial de fallas .....	75
Tabla 20. Disponibilidad Pre test. ....	76
Tabla 21. Eficiencia Pre test. ....	77
Tabla 22. Dimensión de Calidad Pre test. ....	78

Tabla 23. Eficiencia global del equipo (OEE) Pre test. ....	79
Tabla 24. Diagrama de Gantt .....	83
Tabla 25. Planificación del mantenimiento preventivo.....	108
Tabla 26. Actividades que agregan valor .....	110
Tabla 27. Tiempo estándar.....	113
Tabla 28. Control de ejecución .....	114
Tabla 29. Exactitud de ubicación de repuestos .....	116
Tabla 30. Exactitud de stock.....	117
Tabla 31. Mantenimiento basado en el tiempo .....	117
Tabla 32. Actividades que agregan valor .....	118
Tabla 33. Disponibilidad Post test. ....	119
Tabla 34. Eficiencia Post test. ....	120
Tabla 35. Calidad Post test.....	121
Tabla 36. Eficiencia global del equipo (OEE) Post test. ....	122
Tabla 37. Costo horas/hombre .....	124
Tabla 38. Costos de inversión .....	124
Tabla 39. Proyección del beneficio con la aplicación del TPM .....	125
Tabla 40. Flujo de caja Costo- beneficio .....	126
Tabla 41. Análisis descriptivo – Exactitud de ubicación de repuestos (EU) .....	130
Tabla 42. Análisis descriptivo – Exactitud de stock de repuestos (ES) .....	133
Tabla 43. Análisis descriptivo – Mantenimiento basado en el tiempo (MBT).....	136
Tabla 44. Análisis descriptivo de variable dependiente Eficiencia global del equipo	140
Tabla 45. Análisis descriptivo - Disponibilidad.....	143
Tabla 46. Análisis descriptivo – Eficiencia .....	146

Tabla 47. Análisis descriptivo - Calidad.....	149
Tabla 48. Prueba de normalidad del OEE con Shapiro wilk .....	152
Tabla 49. Prueba t-student de pares relacionados del OEE.....	154
Tabla 50. Prueba de normalidad de la disponibilidad con Shapiro Wilk .....	155
Tabla 51. Prueba t-student de pares relacionados – disponibilidad .....	157
Tabla 52. Prueba de normalidad de la eficiencia con Shapiro Wilk.....	158
Tabla 53. Prueba Wilcoxon de pares relacionados – eficiencia.....	160
Tabla 54. Prueba de normalidad de la calidad con Shapiro Wilk.....	161
Tabla 55. Prueba Wilcoxon de pares relacionados – calidad .....	162
Tabla 56. Matriz de Operacionalización .....	180
Tabla 57:Reporte de Mantenimiento .....	182
Tabla 58: Matriz de Consistencia. ....	184
Tabla 59: Juicio de expertos.....	185

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa .....	8
Figura 1. Puntajes de priorización por causa.....	11
Figura 2. Diagrama de Pareto .....	13
Figura 3. Diagrama de estratificación por áreas .....	14
Figura 4. Pilares del TPM .....	36
Figura 5. Orden de procedimiento para la adaptación del TPM .....	37
Figura 6. Un modelo de OEE.....	38
Figura 7. Diseños experimentales .....	43
Figura 8. Diseños preexperimentales .....	43
Figura 9. Tanque de refrigeración de leche .....	48
Figura 10. Fórmulas estadísticas para el cálculo de la muestra .....	51
Figura 11. Fórmula estadística para el cálculo de la muestra en variable cuantitativa de escala razón .....	52
Figura 12. Fórmula de la desviación estándar de una muestra .....	53
Figura 13. Representación de la confiabilidad y validez.....	58
Figura 15. Organigrama de la empresa .....	62
Figura 16. Tanque de enfriamiento de leche. ....	63
Figura 17. Falta de orden en los repuestos. ....	66
Figura 18. Repuestos clasificados indebidamente .....	67
Figura 19. Falta de stock de repuestos (1). ....	69
Figura 20. Falta de stock de repuestos (2). ....	70
Figura 21. Historial de fallas. ....	75
Figura 22. Disponibilidad Pre test.....	76



Figura 23. Eficiencia Pre test.....	77
Figura 24. Dimensión de Calidad Pre test. ....	78
Figura 25. Eficiencia global del equipo Pre test.....	80
Figura 26. Diagrama de Gantt sobre actividades a realizar en la mejora. ....	84
Figura 27. Personal recibiendo capacitación sobre TPM .....	86
Figura 28. Personal recibiendo capacitación sobre TPM .....	87
Figura 29. Limpiar el espacio.....	88
Figura 30. Ordenar los repuestos. ....	89
Figura 31. Identificar y etiquetar los repuestos .....	90
Figura 32. Validación de repuestos .....	91
Figura 33. Actualización de la base de datos .....	92
Figura 34. Revisión del equipo por parte del operario. ....	94
Figura 35. Reajuste del equipo antes del proceso.....	95
Figura 36. Identificar la causa raíz de las fallas.....	96
Figura 37. Realizar mantenimientos básicos al equipo .....	97
Figura 38. Check list de repuestos y herramientas necesarias para el mantenimiento. .....	99
Figura 39. Clasificación de repuestos.....	100
Figura 40. Clasificación de herramientas. ....	101
Figura 41. Ordenando los repuestos y herramientas.....	102
Figura 42. Realizando limpieza en el lugar de trabajo.....	103
Fuente: Elaboración propia.....	103
Figura 43. Normas establecidas en el taller.....	104
Figura 44. Disciplina en el personal.....	106

Figura 45. Disponibilidad Post test. ....	119
Figura 46. Eficiencia Post test. ....	120
Figura 47. Calidad Post test. ....	121
Figura 48. Eficiencia global del equipo Post test. ....	123
Figura 49. Histograma - Exactitud de ubicación de repuestos (EU) pre test .....	131
Figura 50. Histograma - Exactitud de ubicación de repuestos (EU) post test.....	132
Figura 51. Histograma - Exactitud de stock de repuestos (ES) pre test .....	134
Figura 52. Histograma - Exactitud de stock de repuestos (ES) post test.....	135
Figura 53. Histograma – Mantenimiento basado en el tiempo (MBT) pre test.....	137
Figura 54. Mantenimiento basado en el tiempo (MBT) post test .....	138
Figura 55. Histograma – Eficiencia global del equipo .....	141
Figura 56. Histograma – Eficiencia global del equipo post test .....	142
Figura 57. Histograma – Disponibilidad pre test .....	144
Figura 58. Histograma – Disponibilidad post test .....	145
Figura 59. Histograma – Eficiencia pre test .....	147
Figura 60. Histograma – Eficiencia post test .....	148
Figura 61. Histograma - Calidad pre test.....	150
Figura 62. Histograma – Calidad post test.....	151
Figura 63. Histograma – prueba de normalidad de OEE .....	153
Figura 64. Histograma – prueba de normalidad de la disponibilidad .....	156
Figura 65. Histograma – Prueba de normalidad de la eficiencia .....	159
Figura 66. Histograma – prueba de normalidad de la calidad .....	161

## Resumen

La investigación denominada “Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global del tanque de enfriamiento de leche en la empresa agroindustrial, Trujillo 2020”, fue planteada con el objetivo de aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.

Esta investigación es de tipo aplicado, con diseño pre experimental, de nivel explicativo. En la investigación la población de estudio son los datos cuantitativos sobre las causas que originaron la baja eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche antes de la aplicación del TPM, es decir, el OEE y sus dimensiones disponibilidad, eficiencia y calidad doce semanas antes y doce semanas después de la aplicación del TPM.

Los resultados demuestran que la eficiencia global del tanque antes de la aplicación del TPM tenía un promedio de 71.53% y después de la aplicación del TPM alcanzó un promedio es 95.43%, lo que ha permitido mejorar el OEE en 23.90%; el VAN es S/. 111,981.44 la TIR 71% y el Beneficio-Costo es S/.7.9725 para un horizonte de planeación de 12 meses.

Palabras clave:

TPM, disponibilidad, eficiencia, calidad.

## **Abstract**

The research called "Application of the TPM to improve the Global Efficiency of the milk cooling tank in the agroindustrial company, Trujillo 2021", was proposed with the objective of applying the total productive maintenance (TPM) to improve the overall efficiency of the cooling tank. of milk in an agro-industrial company, Trujillo 2021.

This research is of an applied type, with a pre-experimental design, of an explanatory level. In the research, the study population is the quantitative data on the causes that originated the low global efficiency of the milk cooling tank before the application of the TPM, that is, the OEE and its dimensions availability, efficiency and quality twelve weeks before and twelve weeks after the application of the TPM.

The results show that the overall efficiency of the tank before the application of the TPM had an average of 71.53% and after the application of the TPM it reached an average of 95.43%, which has allowed to improve the OEE in 23.90%; the NPV is S / .111,981.44 the IRR 71% and the Benefit-Cost is S / .7.9725 for a planning horizon of 12 months.

Keywords:

TPM, availability, efficiency, quality.

# **I. INTRODUCCIÓN**

Para Sharma (2020) en el entorno de fabricación competitivo mundial actual para la supervivencia de cualquier empresa, es necesario proporcionar productos de calidad a sus clientes a precios competitivos. Solo es posible si la empresa está funcionando a su nivel más alto de productividad. Es por eso que las empresas se enfocan en tareas de mejora de la productividad. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una herramienta clave para maximizar la productividad ejercitando sus diversos pilares. La implementación de todo corazón del pilar de capacitación y desarrollo del Mantenimiento Productivo Total es de suma importancia para mejorar las habilidades de los operadores y otros empleados de la empresa. Medir el rendimiento es vital para su mejora.

Para Ferreira et.al (2020) en un mundo globalizado y a la vanguardia, la necesidad de que cualquier ciclo de producción funcione sin fallos es más importante que nunca. Así, las operaciones de mantenimiento han adquirido un papel cada vez más importante. Sin embargo, diferentes organizaciones pueden adoptar diferentes enfoques dependiendo de su área de negocio, aspectos legales, así como la política de la empresa. Aunque algunos conceptos como el TPM y las herramientas de calidad se utilizan normalmente en la mayoría de las empresas, no existen procedimientos estándar ni formas definidas para utilizarlos en todas las industrias. Por lo tanto, es habitual que muchas organizaciones implementen pruebas estadísticas para ver si esas mejoras tuvieron éxito o no.

Para Oliveira et.al (2016), el uso de indicadores de desempeño en el área de mantenimiento es bajo y depende de la cantidad de equipos, el tamaño del personal de mantenimiento, la adopción del TPM y la utilización de la Gestión del Mantenimiento Computarizado. Las empresas locales e internacionales tienen comportamientos diferentes con respecto a la evaluación del desempeño.

Para Kigsirisin et.al (2016), hoy en día, muchas fábricas están lidiando con fallas en los equipos y pérdidas de producción. Una forma de abordar Estas preguntas son parte de la implementación de una estrategia de ocho pilares (EPS), una de las estrategias de TPM para reducir las fallas de los equipos, reducir la pérdida de agua y mejorar el rendimiento de los equipos. La tasa de fallas (FR), la disponibilidad (A), la eficiencia

operativa (PE) y el índice de calidad (QR) se determinan mediante la evaluación del rendimiento del equipo utilizando la eficiencia general del equipo (OEE).

Para Pinto et.al (2016), En el mundo globalizado que vivimos en día, encontrar una ventaja competitiva es una de las estrategias que necesitan las empresas para sobrevivir. De esta forma, el modelo TPM proporciona desarrollo en forma de mantenimiento autónomo. Este método utiliza varias herramientas para buscar la participación del operador en el mantenimiento de condiciones óptimas de producción y eficiencia del equipo.

Para MDO dos Reis et.al (2019), Corregir la situación de la maquinaria que opera en la línea de producción, se han realizado varias actividades para identificar excepciones. La estrategia utilizada es minimizar los daños debido al tiempo de inactividad de la máquina para desarrollar procedimientos para identificar problemas como fallas rápidas, fallas forzadas y reparaciones inusuales posteriores. Otro enfoque es restaurar una línea de base si se ajusta al proceso actual y desarrollar procedimientos para evitar bloqueos y fallas posteriores. Tras la detección de diferentes problemas, se llevaron a cabo diversas acciones de mejora. En este análisis, puede evaluar el desempeño de la cadena para una mejora positiva desde el comienzo de la acción. Al final, la eficiencia operativa se incrementó en un 18% en comparación con el período de análisis inicial.

Para Sahoo & Yadav (2020), En el sector manufacturero indio, el mantenimiento total de la fabricación (TPM) y la gestión de la calidad total (TQM) han surgido como conceptos clave para mejorar el rendimiento de la fabricación en las últimas décadas. Sin embargo, la investigación sobre TPM y TQM a menudo examina el impacto de estos programas de producción por separado. Existe una relación sólida y positiva entre la implementación simultánea de TPM x TQM y las medidas de rendimiento.

Para Mwanza & Mbohwa (2015) En su estudio se verificó que el 0.78 de los operadores no participa en actividades de mantenimiento y solo el 0.14 de los operadores lo hacen. Eficacia de las técnicas de mantenimiento utilizadas, 0.19 mala, 0.65 frecuente, 0.08 buena y 8% no aplicable. La eficiencia general del equipo (OEE) calculada es del 0.37, que es un 50 % más baja que el estándar mundial líder. La falla de los equipos es una de

las principales razones de la ineficiencia de la planta, con un 0.52 por falta de repuestos, un 0.32 por falta de materia prima, un 0.08 por falla de equipos, electricidad y un 0.08 por inoperatividad.

Para Kosicka (2019) Debido a las necesidades cambiantes, la gerencia de la empresa debe implementar soluciones para respaldar las actividades de la empresa. La necesidad de mejorar las operaciones comerciales llevó a aplicar de conceptos de gestión probados para mejorar la calidad del producto y aumentar las ganancias, reduciendo los costos primarios. Uno de estos conceptos es el mantenimiento autónomo del TPM y sus componentes clave.

Para Djatna & Alitu (2015) Un estudio en Bogor, Indonesia, mostró que con la implementación de TPM, la empresa tomó una medida de Eficiencia general del equipo (OEE) como indicador de la salud y el desgaste del equipo, con el potencial de mejorar la OEE en un 10 %. La empresa ha desarrollado una estrategia de gestión de TPM y ha tomado medidas para mejorar la confiabilidad, mejorar la eficiencia de la respuesta, la eficiencia del tiempo y reducir los costos.

La gestión del mantenimiento es un tema estratégico importante para los productores. De hecho, un procedimiento de mantenimiento efectivo y un programa de PM pueden reducir significativamente el riesgo de fallas en los equipos que pueden provocar paradas en la línea de producción (Ribeiro, 2019). Descubrir las interrelaciones entre producción y mantenimiento es un proceso continuo de búsqueda en la fabricación. En este sentido, el enfoque más común es el TPM, guiado por el pilar de sustentabilidad que genera procesos que posibilitan esta interacción. Cuando se trata de TPM, las empresas se pueden clasificar de tres maneras: aquellas que realmente tienen estructura y métodos de trabajo; que dicen tener, pero ni siquiera las reglas básicas; y aquellos que pusieron los pilares pero los construyeron para cumplir con la prueba de los requisitos humanos abandonaron su estructura de soporte de escombros. (Suryaprakash et. al, 2019).



Se han redactado varios artículos con respecto a métricas financieras con la finalidad de evaluar la aplicación de las estrategias de mantenimiento basadas en la productividad total de mantenimiento, en comparación de otras que muestran efectividad de estos criterios como el tiempo promedio entre errores. El personal de mantenimiento debe tener medidores que puedan evaluar la precisión de las operaciones realizadas y recalibrar el programa de mantenimiento programado. A largo plazo, este conocimiento de los indicadores puede llevarlos a revisar su política de mantenimiento. Para alcanzar este objetivo, se pueden utilizar indicadores de fiabilidad, diagnóstico y pronóstico para evaluar y mejorar la política de mantenimiento basada en el TPM (Pascal,2019).

El bosquejo de correlación entre mantenimiento y producción siempre es de una gran magnitud en las compañías manufactureras. Aplicando la táctica de mantenimiento se mejora la productividad de forma global. En este sentido, el enfoque más común es el TPM y sus lineamientos del pilar de sustentabilidad crean procesos que posibilitan esta interacción. Las empresas se pueden clasificar de tres formas en función de TPM: las que realmente tienen estructura y métodos de trabajo; los que afirman tenerla pero ni siquiera han formulado las reglas básicas; y aquellos que construyeron los pilares, pero abandonaron la estructura y sus hombres, solo para cumplir con la auditoría. (Rodríguez, 2006).

La unidad de análisis es una empresa agroindustrial cituada en ex fundo Larrea Mz N lote 1 Moche Trujillo La Libertad con 12 años en el mercado, cuenta con 1 tanque de enfriamiento marca Delaval, cuya función es almacenar y conservar la leche hasta su recojo, el cual opera 8 horas de manera continua , 6 días a la semana, con una capacidad de almacenamiento de 1000 litros de leche de vaca por tanque; el problema es que por tema de desgaste de sus partes no logra funcionar eficientemente aumentando el tiempo de enfriamiento, actualmente la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche es en promedio 71.53% por día siendo el estándar de 90% por día según el fabricante.

Las razones principales son la escala con la herramienta de calidad del gráfico de Ishikawa, luego el uso de la herramienta del gráfico de Pareto para priorizar entre las variables más importantes y finalmente por qué el TPM es una buena herramienta para

corregir. Conduce a ineficiencias a nivel de eficiencia global de los equipos en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.

En la Figura 1, podemos observar el principal problema es la ineficiencia global de los equipos de enfriamiento de leche y las causas que repercuten, éstas se encuentran divididas en las seis categorías llamadas seis M's.

### **Fallas mecánicas constantes:**

- Falla de sensor de temperatura.
- Falla de tensión eléctrica.
- Mala calidad de tensión eléctrica.
- Falta el mantenimiento preventivo solo se realiza el mantenimiento correctivo.  
Falla presostato de baja y alta.
- Falla de temporizadores.
- Falla de controlador.
- Falla por resistencia de cárter.
- Falla de compresor por picadura de placa evaporador.
- Falla por alta temperatura de condensación
- Falla de monitoreo de secuencia de falla
- Falla de quemadura de contacto por caída de tensión.
- Falla guardamotor.
- Falla de agitadores por presencia de agua.
- Falla por válvula de expansión picadura de bulbo
- Falla tarjeta sentry por cable de 7 pines
- Falla de válvula solenoide
- Falla por filtro secador
- Falla cable de fuerza sobrecalentado.
- Picaduras de cable por mordida de ratas.

- Capacitores en mal estado por falla de tensión.
- Demora de mantenimiento de proceso.
- Quemadura de ventiladores por descarga de capacitores.
- Picadura de tubería por corrosión.

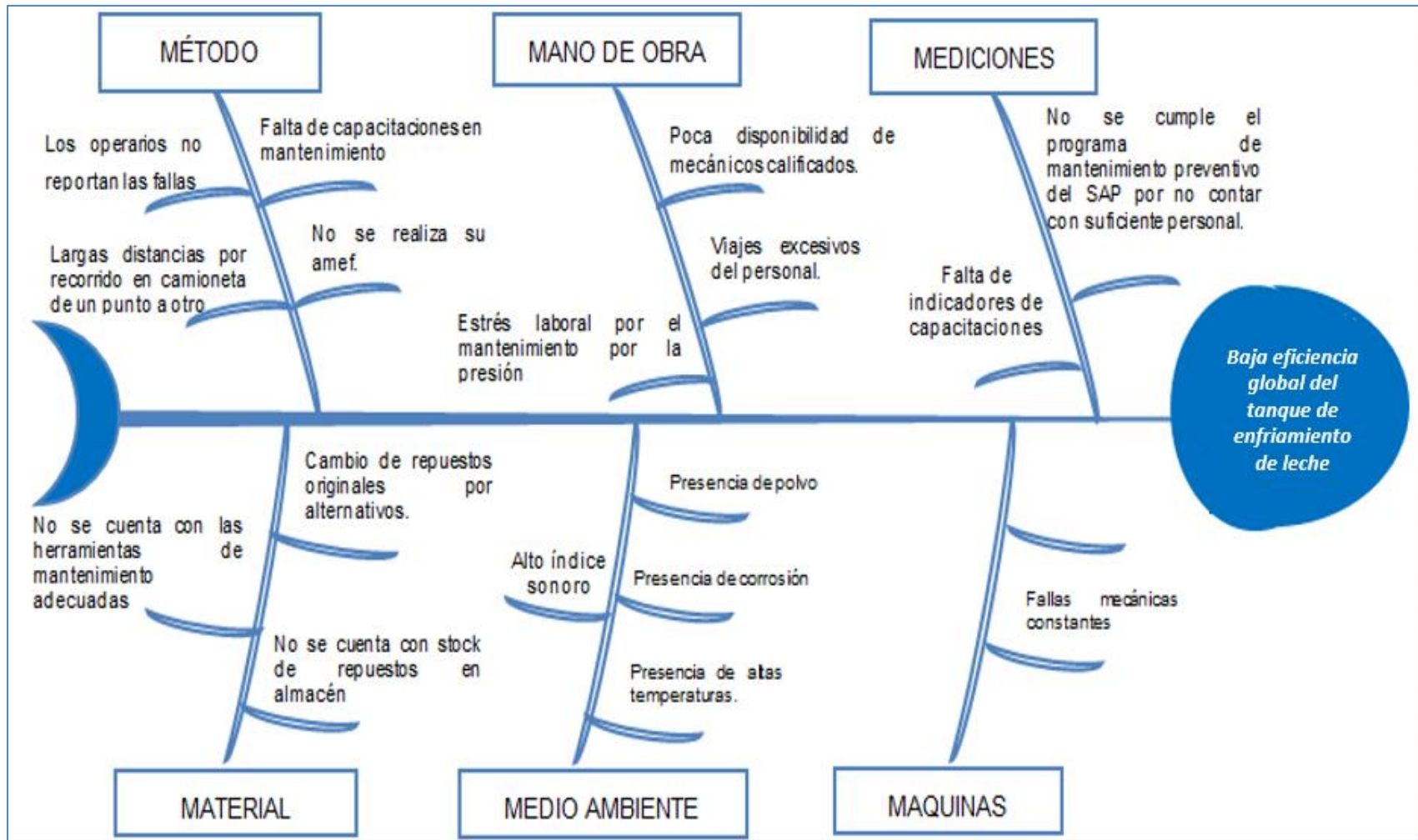


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia.

Ejecutar una adecuada revisión cuantificaremos utilizando la herramienta de Pareto por ello realizaremos la matriz de correlación (Tabla 1), viendo si hay una conexión Fuerte = 3, media = 2, débil = 1, ninguna relación = 0

En la Tabla 1, podemos visualizar quienes son los posibles motivos que influyen con superioridad ante al principal problema según los puntajes de influencia.

En la Tabla 2, los puntajes de influencia se muestra el producto de la frecuencia según el puntaje de prioridad (Alto=3, Medio=2, Baja=1, Nulo=0) y poder desarrollar el Pareto.

*Tabla 1. Matriz de correlación*

ITEM	Causas que originan el problema	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	Puntaje de influencia	
1	Los operarios no reportan fallas	C1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	0	0	0	0	3	3	3	34	
2	Largas distancias por recorrido en camioneta de un punto a otro	C2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	30
3	No se realiza su amef	C3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	45	
4	Falta de capacitaciones en mantenimiento	C4	3	3	3	3	3	1	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	40	
5	Poca disponibilidad de mecánicos calificados	C5	3	2	2	2	2	1	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	28	
6	Estrés laboral por el mantenimiento por la presión	C6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	30	
7	Viajes excesivos del personal	C7	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	0	2	2	2	25	
8	Falta de indicadores de capacitaciones	C8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	45	
9	No se cumple con el programa de mantenimiento del SAP por no contar con suficiente personal	C9	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	44	
10	No se cuenta con las herramientas de mantenimiento adecuadas	C10	2	2	2	0	0	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	26	
11	No se cuenta con stock de repuestos en almacén	C11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	30	
12	Cambio de repuestos originales por alternativos	C12	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	28	
13	Alto índice sonoro	C13	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	28	
14	Presencia de polvo	C14	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	20	
15	Presencia de corrosión	C15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	46	
16	Presencia de altas temperaturas	C16	0	2	2	2	0	2	0	2	0	2	2	3	0	3	3	0	20	
17	Fallas mecánicas constantes	C17	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	44	
<b>Total de dependencia</b>			31	38	37	34	33	38	29	37	34	30	35	35	36	2	39	39	36	563

ALTA INFLUENCIA	3
MEDIA INFLUENCIA	2
BAJA INFLUENCIA	1
NULA INFLUENCIA	0

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 2. Puntaje de priorización

CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA	Puntaje de influencia	Frecuencia	Puntaje total
Los operarios no reportan fallas	34	5	170
Largas distancias por recorrido en camioneta de un punto a otro	30	3	90
No se realiza su amef	45	5	225
Falta de capacitaciones en mantenimiento	40	1	40
Poca disponibilidad de mecánicos calificados	28	5	140
Estrés laboral por el mantenimiento por la presión	30	3	90
Viajes excesivos del personal	25	3	75
Falta de indicadores de capacitaciones	45	1	45
No se cumple con el programa de mantenimiento del SAP por no contar con suficiente personal	44	5	220
No se cuenta con las herramientas de mantenimiento adecuadas	26	5	130
No se cuenta con stock de repuestos en almacén	30	5	150
Cambio de repuestos originales por alternativos	28	5	140
Alto índice sonoro	28	1	28
Presencia de polvo	20	5	100
Presencia de corrosión	46	5	230
Presencia de altas temperaturas	20	1	20
Fallas mecánicas constantes	44	5	220

Frecuencia	Puntaje
Alta	5
Media	3
Baja	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Encuesta para establecer puntaje de frecuencia

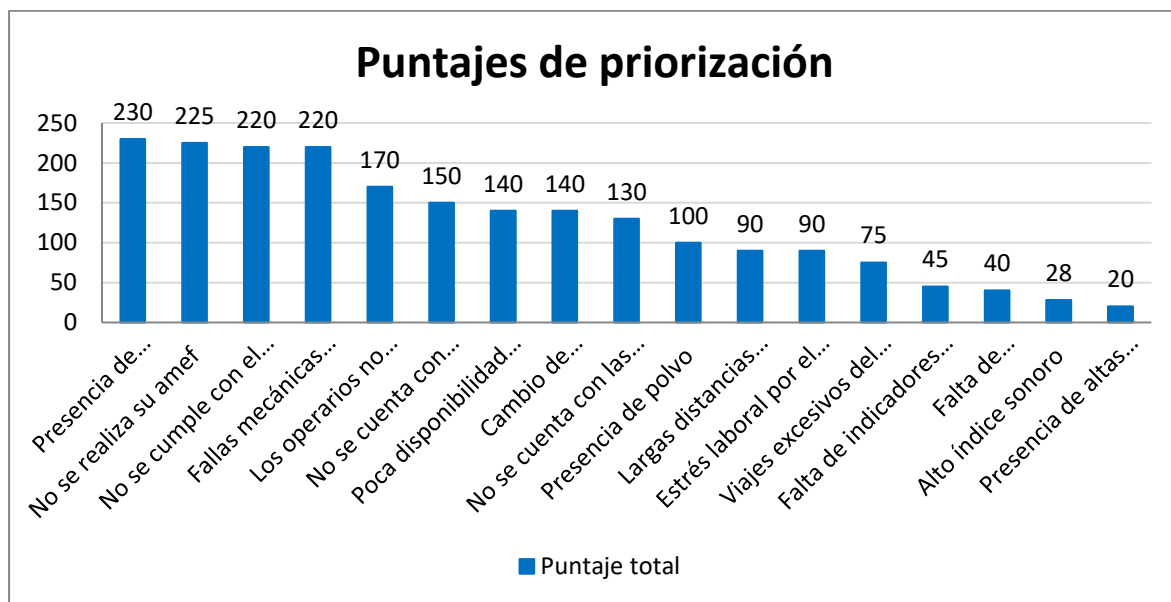
CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	TOTAL	FRECUENCIA
Los operarios no reportan fallas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	5
Largas distancias por recorrido en camioneta de un punto a otro	1	2	2	3	1	3	1	2	2	3	20	3
No se realiza su amef	3	4	3	3	4	3	3	3	5	4	35	5
Falta de capacitaciones en mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
Poca disponibilidad de mecánicos calificados	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	5
Estrés laboral por el mantenimiento por la presión	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	3
Viajes excesivos del personal	1	2	2	3	1	3	1	2	2	3	20	3
Falta de indicadores de capacitaciones	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
No se cumple con el programa de mantenimiento del SAP por no contar con suficiente personal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	5
No se cuenta con las herramientas de mantenimiento adecuadas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	5
No se cuenta con stock de repuestos en almacén	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	5
Cambio de repuestos originales por alternativos	5	3	3	3	3	3	3	4	3	3	33	5
Alto índice sonoro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
Presencia de polvo	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	47	5
Presencia de corrosión	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	47	5
Presencia de altas temperaturas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
Fallas mecánicas constantes	3	3	5	4	3	3	4	4	5	3	37	5

PUNTAJE	FRECUENCIA
Muy Alta	5
Alta	4
Media	3
Media Baja	2
Baja	1

RANGOS	MINIMO	MAXIMO	FRECUENCIA	PUNTAJE
Alta	31	50	Alta	5
Media	11	30	Media	3
Baja	1	10	Baja	1

*Fuente: Elaboración propia*

Se realiza un sondeo a los 10 colaboradores para determinar el puntaje de cada frecuencia según se muestra en la Tabla 3.



*Figura 1. Puntajes de priorización por causa*

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 4. Tabulación de puntajes*

CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA	Puntaje de influencia	frec.	Puntaje relativo	Puntaje acumulado	% Relativo	% Absoluto
Presencia de corrosión	46	5	230	230	10.88%	10.88%
No se realiza su amef	45	5	225	455	10.65%	21.53%
No se cumple con el programa de mantenimiento del SAP por no contar con suficiente personal	44	5	220	675	10.41%	31.95%
Fallas mecánicas constantes	44	5	220	895	10.41%	42.36%
Los operarios no reportan fallas	34	5	170	1065	8.05%	50.40%
No se cuenta con stock de repuestos en almacén	30	5	150	1215	7.10%	57.50%
Poca disponibilidad de mecánicos calificados	28	5	140	1355	6.63%	64.13%
Cambio de repuestos originales por alternativos	28	5	140	1495	6.63%	70.75%
No se cuenta con las herramientas de mantenimiento adecuadas	26	5	130	1625	6.15%	76.90%
Presencia de polvo	20	5	100	1725	4.73%	81.64%
Largas distancias por recorrido en camioneta de un punto a otro	30	3	90	1815	4.26%	85.90%
Estrés laboral por el mantenimiento por la presión	30	3	90	1905	4.26%	90.16%
Viajes excesivos del personal	25	3	75	1980	3.55%	93.71%
Falta de indicadores de capacitaciones	45	1	45	2025	2.13%	95.84%
Falta de capacitaciones en mantenimiento	40	1	40	2065	1.89%	97.73%
Alto índice sonoro	28	1	28	2093	1.33%	99.05%
Presencia de altas temperaturas	20	1	20	2113	0.95%	100.00%
<b>TOTAL</b>			<b>2113</b>			

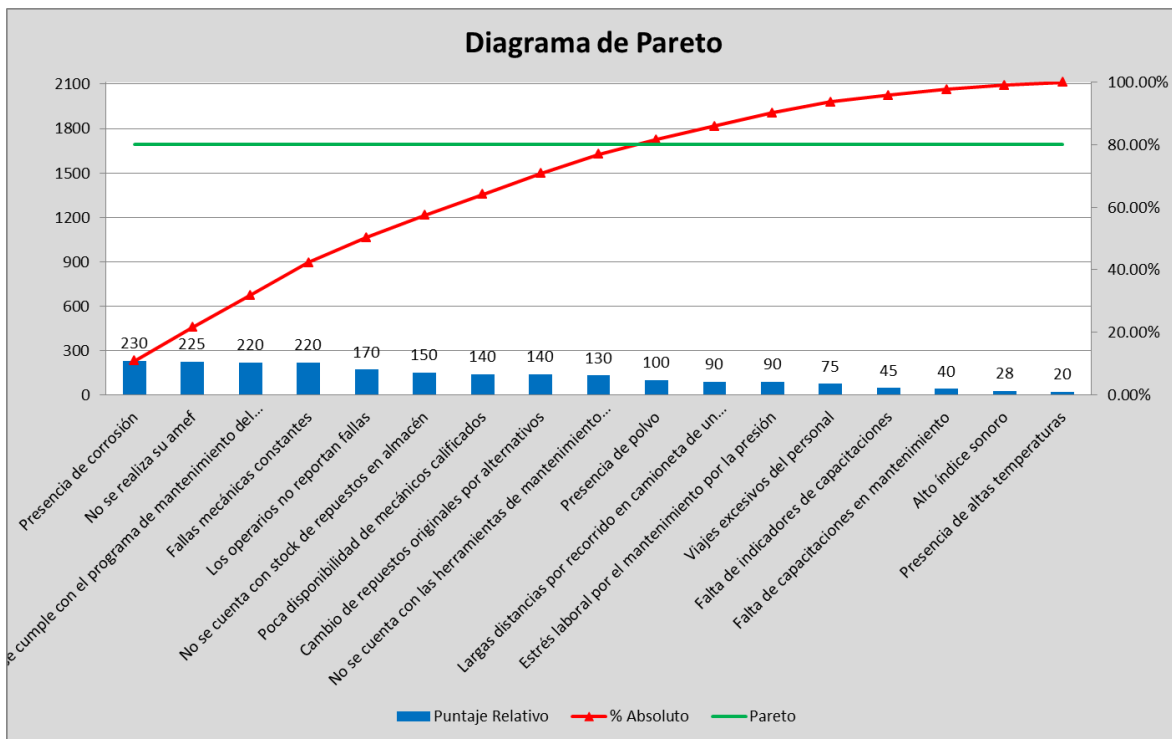
*Fuente: Elaboración propia*

En el cuadro 4 se visualizan los puntajes relativos y absolutos, así como sus respectivos porcentajes para graficar el ABC.

Por consiguiente en la Figura 3, se procede al ejecutar el grafico de Pareto con el apoyo de efectos conseguidos en la tabulación del cuadro de puntajes, con el objetivo de cumplir con la ley 20- 80, aunque esta ley permite flexibilidad de los motivos que serán los primeros que podrían afectar en el área de refrigeración de la leche fresca en la empresa, después de analizar se estable que las 7 primeras causas que representan aproximadamente el 64.13% del problema, éstas son las que tendremos que resolver y están relacionadas con el TPM: Presencia de corrosión, no se realiza su amef, no se cumple con el programa de mantenimiento del SAP por no contar con suficiente personal, fallas mecánicas constantes, Los operarios no reportan fallas, no



se cuenta con stock de repuestos en almacén, poca disponibilidad de mecánicos calificados. Según Cabrera (2015), La herramienta de ABC es muy flexible, no significa necesariamente un 80 % de precisión, podría ser un 70 %, un 65 %. Muestra que Pareto fue el padre de la economía liberal del economista moderno Adam Smith, quien siempre estaba tratando de destinar los recursos escasos de manera eficaz.



*Figura 2. Diagrama de Pareto*

*Fuente: Elaboración propia*

En el siguiente cuadro, se ejecuta una clasificación agrupada por zonas (Tabla 5) será importante conocer con comodidad los causantes que impactan con mayor relevancia en cada una de las zonas a estudiar.

Tabla 5. clasificación de las causas por Áreas

CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA	Puntaje de influencia	Área
Presencia de corrosión	46	Mantenimiento
No se realiza su amef	45	
No se cumple con el programa de mantenimiento del SAP por no contar con suficiente personal	44	
Fallas mecánicas constantes	44	
Los operarios no reportan fallas	34	
Largas distancias por recorrido en camioneta de un punto a otro	30	
Poca disponibilidad de mecánicos calificados	28	
Cambio de repuestos originales por alternativos	28	
No se cuenta con las herramientas de mantenimiento adecuadas	26	
Viajes excesivos del personal	25	
Estrés laboral por el mantenimiento por la presión	30	
Falta de indicadores de capacitaciones	45	
Falta de capacitaciones en mantenimiento	40	
No se cuenta con stock de repuestos en almacén	30	
Alto índice sonoro	28	SGSST
Presencia de polvo	20	
Presencia de altas temperaturas	20	

Fuente: Elaboración propia

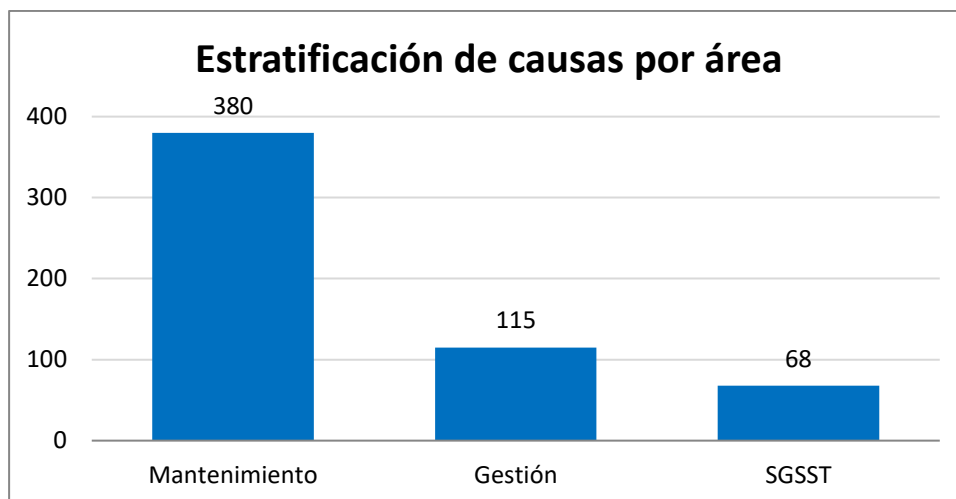


Figura 3. Diagrama de estratificación por áreas

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la figura 4, la clasificación del resultado de causas, fueron seleccionados en tres áreas, en dicha figura visualizamos en la zona de mantenimiento predominan el mayor número de efectos llegando a un resultado de 380 puntos en la influencia; en seguida en la área de gestión se tiene un total de 115 puntos de influencia; con estas inspecciones se podrá decretar que el área de mantenimiento será donde se tiene que dar prioridad en realizar la ejecución de las acciones y excluir o disminuir las causas que alteran la accesibilidad de la maquinaria.

*Tabla 6. Alternativas de solución*

ALTERNATIVAS	CRITERIOS				Total
	Resultado a la problemática	Valor de aplicación	Comodidad de aplicación	Periodo de aplicación	
TPM	2	1	2	2	7
Mantenimiento Correctivo	0	0	2	2	4
Homologación de proveedores	1	0	1	1	3
<b>Nulo (0)-Bueno (1)-Muy Bueno (2)</b>					
<b>Los criterios fueron determinados con el director de mantenimiento</b>					

*Fuente: Elaboración propia*

Se presenta en la tabla 7 los criterios y alternativas del resultado, el número mayor intenta explicar la opción idónea. Por ello se ejecutó una indagación de todas las opciones.

Tabla 7. Matriz de priorización de las causas a solucionar

Consolidación de causas por área	Medición	Mano de Obra	Materia Prima	Ambiente	Métodos	Nivel de Criticidad	Total de problemas	Porcentaje	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas a tomar
Mantenimiento	0	0	0	0	380	ALTO	380	67.50%	5	1900	1	TPM
Gestión	0	0	0	0	115	MEDIO	115	20.43%	4	460	2	Gestión del talento humano
SGSST	0	0	0	68	0	BAJO	68	12.08%	1	68	3	SGSST
<b>Total de Problemas</b>	100	0	0	68	495		<b>563</b>					

Fuente: Elaboración propia

Visualizamos en la tabla 7, los resultados por tres razones y determinamos que implementar TPM era la mejor opción, ya que apuntaba al mantenimiento automatizado con la participación del operador en el mantenimiento, ya que las herramientas reales se usarían para aumentar la disponibilidad de los equipos mecánicos.

El problema general es la siguiente:

- ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la OEE del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020?

Los problemas específicos son los siguientes:

- ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020?
- ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020?
- ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la calidad de operatividad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020?

La justificación practica es reducir el tiempo de inactividad debido al apagado del enfriador de leche. Para ello se utilizan diseños experimentales como el TPM para conseguir mejoras significativas.

La justificación metodológica nos permite aumentar los conocimientos del investigador a través de la aplicación de métodos, con el fin de alcanzar mejores resultados. Aplicamos el mantenimiento Productivo Total, las 5's, el mantenimiento autónomo. Se aplica el procedimiento y la planificación a emplear será el diseño experimental de corte longitudinal, explicativo.

La justificación económica es que el TPM es una herramienta que genera ahorro de energía, tiempo de inactividad de la máquina, mantenimiento y reparación, pago de horas extras, esto alcanza a un ahorro general aproximado de S/.50000 en un horizonte de planificación de 5 años.

El objetivo general en esta investigación se expresa en:

- Aplicar el TPM para incrementar la OEE del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Aplicar el TPM para incrementar la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.
- Aplicar el TPM para aumentar la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.
- Aplicar el TPM para incrementar la calidad de operatividad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.

La hipótesis general en esta investigación se expresa en:

- La utilización del TPM mejora la OEE del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.

La hipótesis específica es la siguiente:

- La aplicación del TPM mejora la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.
- La aplicación del TPM total mejora la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.

- La aplicación del TPM mejora la calidad de operatividad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

## Antecedentes Internacionales

**Allata et.al (2017)** efectuaron un estudio sobre **Implementación de sistemas de trazabilidad y seguridad alimentaria (HACCP) bajo la norma ISO 22000:2005 en el Norte de África: El caso de estudio de una empresa de helados en Argelia**. Tiene como objetivo establecer e implementar el HACCP y el sistema de trazabilidad, en el procesamiento de helados para controlar los peligros de seguridad alimentaria, optimizar la producción y distribución de productos de calidad inferior, minimizando así los peligros y las retiradas de alimentos asociadas. El nivel de prueba es la interpretación transversal del diseño antes de la prueba. Los resultados son los siguientes: Los resultados muestran que los pasos de limpieza, filtración, pasteurización, enfriamiento, almacenamiento y transporte in situ se identificaron como puntos críticos de control. En resumen, la implementación de un sistema de trazabilidad y HACCP de acuerdo con la norma ISO 22000 puede monitorear y rastrear los productos helados y mejorar la calidad microbiológica del helado.

**Chlebus et.al (2015)** efectuaron un estudio sobre **Un nuevo enfoque sobre la implementación de TPM en una mina: un estudio de caso Tuvo como objetivo implementar el TPM en una mina**. El nivel de prueba es la interpretación transversal del diseño antes de la prueba. Eficiencia: de acuerdo con el enfoque de los autores, el TPM en las minas debe simplificarse en 3 pilares principales en paralelismo: entorno de trabajo mejorado, autogobierno y cronograma basado en el mantenimiento, y estándares establecidos. La investigación muestra: El estándar de reparación completo incluyendo herramientas, piezas, materiales, fluidos, lubricantes y suministros necesarios para completar una reparación. El tiempo de reparación calculado según el criterio desarrollado fue de 273 min, cercano al menor tiempo (270 min) identificado de las 73 observaciones descritas en DCS. El tiempo máximo real de reparación del cubo de alta presión fue de 450 minutos, con una media de 445,41 minutos. La implementación de un proceso de revisión estándar puede reducir el tiempo en promedio casi el doble. Establecer estándares para otras reparaciones puede agilizar representativamente el proceso de inspección, es decir,



eliminar operaciones innecesarias. Dado que proporciona las mejores prácticas para los procedimientos de reparación, sirve como una herramienta práctica y manual para los nuevos mecánicos. Además, se han establecido procedimientos preparatorios para la reparación. Esta plantilla es muy genérica y se puede utilizar con éxito para describir la reparación de otras máquinas, así como las operaciones de reparación.

**Colombo et.al (2017)** efectuaron un estudio sobre ***Corrosion failure analysis of galvanized steel pipes in a closed water cooling system***. Tuvo como objetivo analizar los fallos por corrosión de un sistema de refrigeración por agua en una planta industrial. Se obtuvieron los resultados: Tuberías ubicadas principalmente tanto después del pretratamiento de agua como en las máquinas se vio afectado por un extenso fenómeno de corrosión y se produjeron varias fugas de refrigerante, que implica el riesgo de pérdida de funcionalidad de toda la planta. El principal problema detectado en los circuitos de refrigeración cerrados fue una marcada modificación del agua química y una gran cantidad de iones metálicos que conducen al ensuciamiento recurrente de las superficies internas de moldes y canales de enfriamiento. El análisis del agua que fluye en el circuito de enfriamiento cerrado que opera a 6 ° C reveló una muy alta cantidad de metales en el agua que fluye y en el sedimento (zinc y hierro). Además, el pH del agua fue ligeramente ácido. Los datos se compararon con el agua del pozo de suministro. La caracterización electroquímica preliminar se realizó en tubería de acero galvanizado, para evaluar la agresividad del agua tanto de los circuitos de refrigeración como del suministro pozos. El estudio concluye: Los resultados de los análisis de laboratorio junto con el escrutinio de la documentación técnica disponible mostró que el daño de la planta fue consecuencia de una inadecuada gestión de planta, principalmente en lo que concierne a la selección de materiales y al tratamiento químico del agua.

**Djatna & Alitu (2015)** efectuaron un estudio sobre *An application of association rule mining in total productive maintenance strategy: an analysis and modelling in wooden door manufacturing industry*. Tuvo como objetivo implementar el TPM en la compañía. El nivel de prueba es la interpretación transversal del diseño antes de la prueba. Resultado: la empresa implementó TPM, que mide la eficiencia general del equipo (OEE) como un indicador de la salud del equipo, el uso y la salud de la máquina de moldeo, mostrando valores de OEE entre 40 y 60 %, por lo que la gerencia realizó una revisión de la orden de trabajo, OEE inferior a 60% es más bajo que el OEE promedio global, hay una mejora, OEE aumentó a 85-90%, es el promedio mundial (más del 85%). La investigación muestra que las acciones tomadas por las empresas aumentan la confiabilidad y mejoran la eficiencia de la respuesta, además de ahorrar tiempo y costos.

**Martins et.al (2020)** efectuaron un estudio sobre *Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company*. Tuvo como objetivo aplicar un conjunto de métodos y filosofías para mejorar el proceso de Gestión del Mantenimiento Preventivo en una empresa de estudio de caso dedicada al desarrollo, producción y mantenimiento de transformadores de potencia y distribución. Los resultados fueron: Por lo tanto, se utilizó una metodología de investigación-acción. Luego de identificar los principales problemas, se aplicó una estrategia de mantenimiento mixto basada en Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y TPM. Se obtuvieron los siguientes logros con este trabajo: (a) se desarrolló e implementó un método de clasificación crítica de equipos en función de su importancia para el proceso de producción; (b) se desarrolló un nuevo diagrama de flujo de decisiones y acciones para la Gestión del Plan de MP; (c) se obtuvo una reducción del tiempo perdido en PM; (d) la implementación del MA resultó en una reducción del 66% en fallas de equipos; (e) se introdujo un conjunto de nuevos indicadores clave de rendimiento (KPI); (f) las tasas de cumplimiento de los planes de mantenimiento aumentaron en un 12%. Al final de la obra se podría conseguir una reducción de 120 060 €. Así, el principal aporte de este trabajo fue mostrar que acercar a la acción diferentes herramientas de forma organizada y compartir la información y responsabilidades con los trabajadores puede

redundar en importantes ahorros para la empresa, haciendo más eficaz la función de mantenimiento. (c) se obtuvo una reducción del tiempo perdido en PM; (d) la implementación del MA resultó en una reducción del 66% en fallas de equipos; (e) se introdujo un conjunto de nuevos indicadores clave de rendimiento (KPI); (f) las tasas de cumplimiento de los planes de mantenimiento aumentaron en un 12%. Al final de la obra se podría conseguir una reducción de 120 060 €. Así, el principal aporte de este trabajo fue mostrar que acercar a la acción diferentes herramientas de forma organizada y compartir la información y responsabilidades con los trabajadores puede redundar en importantes ahorros para la empresa, haciendo más eficaz la función de mantenimiento. (c) se obtuvo una reducción del tiempo perdido en PM; (d) la implementación del MA resultó en una reducción del 66% en fallas de equipos; (e) se introdujo un conjunto de nuevos indicadores clave de rendimiento (KPI); (f) las tasas de cumplimiento de los planes de mantenimiento aumentaron en un 12%. Al final de la obra se podría conseguir una reducción de 120 060 €. Así, el principal aporte de este trabajo fue mostrar que acercar a la acción diferentes herramientas de forma organizada y compartir la información y responsabilidades con los trabajadores puede redundar en importantes ahorros para la empresa, haciendo más eficaz la función de mantenimiento. (f) las tasas de cumplimiento de los planes de mantenimiento aumentaron en un 12%. Al final de la obra se podría conseguir una reducción de 120 060 €. Así, el principal aporte de este trabajo fue mostrar que acercar a la acción diferentes herramientas de forma organizada y compartir la información y responsabilidades con los trabajadores puede redundar en importantes ahorros para la empresa, haciendo más eficaz la función de mantenimiento. (f) las tasas de cumplimiento de los planes de mantenimiento aumentaron en un 12%. Al final de la obra se podría conseguir una reducción de 120 060 €. Así, el principal aporte de este trabajo fue mostrar que acercar a la acción diferentes herramientas de forma organizada y compartir la información y responsabilidades con los trabajadores puede redundar en importantes ahorros para la empresa, haciendo más eficaz la función de mantenimiento.

**Mwanza & Mbohwa (2015)** efectuaron un estudio sobre *Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company*. Tuvo como objetivo es establecer un modelo TPM eficaz para mejorar los métodos de mantenimiento en una empresa química en Zambia. El nivel de prueba es la interpretación transversal del diseño antes de la prueba. Los resultados fueron los siguientes: TPM Knowledge concluyó que el 70,5 % de los empleados estaban familiarizados con los conceptos de TPM, el 14,7 % dijo que los conceptos de TPM ayudarían a mejorar los sistemas de mantenimiento existentes y el 14,7 % no estaba seguro. La encuesta encontró que el 29,5 % de los trabajadores desconocían el TPM y el 64,3 % no estaba seguro de si el concepto del TPM ayudaría a mejorar los sistemas de mantenimiento existentes.

**Okpala, Anozie & Mgbemena (2020)** efectuaron un estudio sobre *The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company*. Tuvo como objetivo evaluar la OEE posteriormente de a ver implementado el TPM. Los resultados fueron: A lo largo de los años, la incapacidad de las empresas farmacéuticas para lograr un mantenimiento óptimo de sus equipos y una mayor disponibilidad de las máquinas para una mejor utilización de los recursos y el mantenimiento ha afectado negativamente a su ventaja competitiva. La necesidad de adoptar una técnica de producción única que frene sus numerosos desafíos de mantenimiento de equipos y también los reposicione para la fabricación de clase mundial no solo reducirá sus pérdidas, sino que también aumentará su rendimiento y rentabilidad. Para abordar los desafíos de mantenimiento de una empresa farmacéutica, se obtuvieron datos para los factores de efectividad general del equipo (OEE) después de la implementación del TPM en la empresa. El análisis de los datos recolectados utilizando el software Minitab 16.0 mostró que el valor más alto en las estadísticas descriptivas para el valor máximo y el valor medio fue 98.90 y 96.39, respectivamente, enfatizando la importancia de la calidad y la cantidad en los productos comerciales. Los porcentajes medios obtenidos para calidad, disponibilidad y rendimiento fueron 96,3906, 60,4938 y 27,6188, respectivamente. Esto demuestra una vez más que la calidad del producto es el factor más importante de la OEE que

las empresas farmacéuticas deben tomar en serio para reducir las 6 mayores pérdidas en el proceso de producción.. El Método de superficie de respuesta (RSM), con la aplicación del software Design Expert con Box-Behnken como tipo de diseño, se utilizó para modelar, analizar y optimizar la Efectividad general del equipo (OEE) utilizando la disponibilidad, la calidad y el rendimiento como parámetros de entrada. El análisis de los valores reales y codificados, que es la principal contribución del estudio mostró que la calidad tiene el mayor valor seguido de la disponibilidad y el rendimiento.

**Pascal et.al (2019)** efectuaron un estudio sobre *Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy*. Tuvo como objetivo evaluar y mejorar la política de mantenimiento en base a indicadores de confiabilidad, diagnóstico y pronóstico para Mantenimiento Productivo necesario para maximizar el ciclo de vida y la productividad del equipo Total. Se obtuvieron los resultados: El conocimiento de los indicadores por los gerentes. Los métodos utilizados para obtener estos indicadores se basan únicamente en las actividades de mantenimiento operativo. Los indicadores presentados se obtuvieron mediante las leyes de supervivencia, el modelo de Markov oculto y la máquina de vectores de apoyo. El estudio concluye: El TPM es necesario para aumentar el ciclo de vida y la productividad del equipo. Es necesario involucrar a todo el personal relevante y esto puede incluir supervisores, equipos de mantenimiento, ingenieros, operadores, etc. El punto fuerte de una política de TPM es que varias tareas de mantenimiento se delegan a los operadores y luego se evalúa el efecto resultante en la salud de la maquinaria. Los eventos discretos (u observaciones), utilizados para alimentar los métodos, se extrajeron del CMMIS. Luego, hemos demostrado que estos diferentes indicadores (confiabilidad, nivel de degradación y RUL) ayudan al experto a evaluar la política de mantenimiento basada en TPM. La retroalimentación proporcionada por estos indicadores podría usarse para planificar dinámicamente acciones de mantenimiento. La relevancia de los distintos indicadores y su toma en cuenta quedará bajo la responsabilidad del experto para evaluar, calificar y ajustar si es necesario su política de mantenimiento. En nuestro caso de estudio, hemos demostrado que la limpieza mayor acumulativa (BCL) degradó el sistema. El experto lo confirmó. Por tanto, se reconsideró la actividad de BCL como

parte de una actividad de TPM. A largo plazo, la política de mantenimiento basada en TPM podría mejorarse. Estos métodos también podrían usarse con otros flujos de datos (por ejemplo, datos de sensores, recetas de fabricación). Otra perspectiva de este estudio es agregar otros indicadores de gestión, productividad, costo, repuestos. El objetivo es ofrecer a los expertos toda la información necesaria para tomar decisiones eficaces.

**Yavuz et.al (2019)** efectuaron un estudio sobre ***Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry***. Su objetivo es analizar las operaciones de mantenimiento centradas en la confiabilidad en la industria alimentaria. El nivel de prueba es la interpretación transversal del diseño antes de la prueba. El resultado: la disciplina de mantenimiento de la industria ha cambiado más que la de otras disciplinas de gestión. Este cambio se debe a un aumento en la cantidad y variedad de activos físicos, desarrollos tecnológicos, el surgimiento de nuevas técnicas de mantenimiento y cambios en las perspectivas de mantenimiento. Sin embargo, las prácticas de mantenimiento no siempre garantizan el rendimiento general del equipo (OEE) esperado del equipo. Conclusión: Evaluamos los datos de OEE de este estudio piloto durante un período de seis meses, comenzando con la primera intervención. La intervención de las máquinas de embalaje resultó en un aumento de los datos y el comportamiento de OEE en 2018: mayo 76%, junio 80,5%, julio 80%, agosto 78,5%, septiembre 78 y octubre 79,5%, promedio 78,75%, aumento promedio de 2,75% OEE.

## **Antecedentes nacionales y locales**

**Alvino (2017)** efectuó una tesis sobre ***Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia global de los equipos seydel en el área tops de la Empresa Sudamericana de Fibras S.A., Callao, 2017.*** Tenía principalmente la idea de establecer la incorporación del TPM aumentaría la eficiencia global en los equipos SEYDEL en el área de TOPS de la empresa citada. El nivel de investigación fue explicativo de corte longitudinal, de diseño preexperimental. Los habitantes estaban conformados por datos recolectados en la elaboración de fibra acrílica en toneladas métricas mensualmente de los equipos SEYDEL incorporados en el área de TOPS, los cuales han sido conseguidos en un lapso de medio año, antes y después de que se incorporaran las variables de verificación. Los resultados fueron: se visualiza el incremento después de aplicar el TPM teniendo como resultado el incremento de la disponibilidad del equipo en un 14.46%, en un tiempo de medio año. Se estableció una mejoría relevante después de aplicar el TPM consiguiéndose un aumento importante de la calidad en el producto final elaborado en la compañía SEYDEL en un 1.42%, en un tiempo calculado de medio año. Se ve notablemente un desempeño favorable de los equipos SEYDEL en un 17.29%, en un lapso de 6 meses promedio. El estudio concluye: se llegó a una conclusión donde al aplicar en cada uno de las estaciones del mantenimiento autónomo juntamente con las etapas del mantenimiento planificado como bases fundamentales del TPM, habiendo permitido el aumento de la eficiencia global de los equipos SEYDEL en un 24.04% tal resultado fue obtenido en un tiempo de medio año habiendo aplicado el procedimiento del TPM, obteniendo bajar visiblemente los detenciones inesperados, aumentando el periodo de vida de los equipos productivos y la organización del área de labores, todo ello, dio el aumento de la capacidad de producción registrado previamente mostrando también un ahorro invertido en los equipos nuevos.

**Condori (2017)** efectuó una tesis sobre ***Aplicación del Mantenimiento Autónomo para mejorar el índice de Eficiencia global de máquinas CNC del Área de producción de la Empresa Mimco S.A.C. Callao 2017.*** Tuvo el objetivo de demostrar cómo el mantenimiento automatizado adaptativo puede incrementar el nivel de

desempeño global de las máquinas herramienta CNC, en el área de productividad de la empresa mencionada. El nivel de estudio es explicativo para el corte longitudinal y el diseño antes de las pruebas. El estudio a continuación muestra la población que se establecerá mediante la fabricación de 3 máquinas CNC (Anglemaster AFPS 643, FPB 1800/3C y Revolution 1900/4C), de las cuales OEE ha crecido en los dos años anteriores y luego una metalúrgica con sede en Lima, Perú. planta en 2017 Los resultados de verificación de la división de mecanizado CNC de la empresa son: después de la adopción, una mejora significativa de 67,36% a 85,86%, es decir, un aumento porcentual de 27,46%, el mismo resultado nos permitió lograr nuestra meta. La disponibilidad mejoró dramáticamente, antes éramos 84.8%. Con la adaptabilidad del autoservicio, el promedio alcanzó el 93% en seis meses, un crecimiento del 9,6%, lo que nos permitió mejorar la disponibilidad de todos los equipos de producción. La calidad ha mejorado y con el automantenimiento nuestro promedio de seis meses es 97,4, un 3,9 % más antes de llegar al 93,7 %, lo cual es excelente para nosotros debido a la reducción de daños, pérdidas de producción y producción de menos defectos. La eficiencia aumentó como antes teníamos un 84,6% y al utilizar el mantenimiento automatizado el resultado semestral fue del 94,8%, un 12% más, lo que nos permite aumentar la eficiencia al garantizar el orden de producción de los pedidos. Las investigaciones muestran que la programación adecuada y el seguimiento de una estrategia de reparación y mantenimiento preventivo pueden aumentar las ineficiencias y reducir el tiempo de inactividad de la máquina. La mejora obtenida es visible en los resultados globales de rendimiento de la máquina, después de la aplicación es del 67,36% y se sitúa en el 85,86%, es decir, una mejora del 27,46%.



**La Jara (2018)** efectuó una tesis sobre *Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global de los Equipos, en una fábrica de alimentos, en el área de hojalatería, Cercado, 2018*. Tuvo el objetivo de determinar como la ejecución del TPM aumenta la Eficiencia Global de los Equipos en el área de hojalatería, ya que es una fábrica de alimentos, Cercado, 2018. El nivel de investigación fue explicativo de corte longitudinal, de diseño preexperimental. Cabe recalcar que la población se da por los datos que se toman diariamente el rendimiento de la línea de envase cabe señalar que es la producción de 78 días antes y después. Los resultados fueron: La aplicación del TPM muestra un mejoramiento en la disposición de los Equipos global, en el área de hojalatería, en una fábrica de alimentos, en la que anteriormente correspondía a la media de 0,79%, lográndose incrementar a un 0,89%. La elaboración del TPM aumenta la utilidad de los equipos, en el área de hojalatería, La aplicación del TPM mejora el rendimiento de los equipos, en el área de hojalatería, en una fábrica de alimentos, donde el antes corresponde a una media de 0,82% mejorando al 0,90 %. Este hecho es un resultado por la gran cantidad de envases fabricados y un número mínimo de ellos rechazados. El estudio concluye: La aplicación del TPM mejora la Eficiencia Global de los Equipos, en el área de hojalatería, en una fábrica de alimentos, donde el resultado anterior era una media de 0.65% obteniendo un mejoramiento al 0,81%, dando como resultado la disminución de mantenimientos no planeados.

**Maguiña (2017)** efectuó una tesis sobre *Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia general de los equipos del proceso de producción de la línea de panetones en la empresa Gloria - Huachipa 2016*. Tuvo como objetivo determinar que durante el desarrollo de la línea de producción de panettone Gloria-Huachipa en el año 2016, el uso del mantenimiento preventivo mejoró el desempeño general de los equipos. Los niveles de prueba se acortan a la longitud como diseños interpretativos, antes de la prueba. La población de prueba se definió por la producción pantone semanal medida durante 24 semanas. Sus datos se recopilan durante la producción. Así, la población fue 2 años antes y 2 años después de que se realizara el mantenimiento preventivo. Resultados: El estudio confirmó que la aplicación de mantenimiento preventivo en la línea de producción pantone aumentó la eficiencia

general de los equipos OEE de 69,48 % a 91,18 %. Los datos de la encuesta confirman que se están desarrollando proyectos de investigación en el área de mejora de la disponibilidad de equipos para lograr la mejora de OEE. La aplicación del PM en el área de hornos evidenció que la eficiencia de los equipos del horno túnel línea panettone aumentó de 88.67% a 97.22%. Elevó la calidad de la producción del 87,35% al 96,96%. La investigación muestra que: En el 2017, el uso de mantenimiento preventivo de equipos en la zona residencial Gloria-Huachipa aumentó en un 69.48% a 91.18%, de los cuales el 21.69% fueron verificados como menores significativamente más del 0.05.

**Meza (2017)** efectuó una tesis sobre ***Aplicación de tres pilares del mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia global de los equipos en la Planta Merrill Crowe de la Empresa Minera Barrick Misquichilca Unidad Pierina HUARAZ-2017.*** Tenía como finalidad evaluar cómo la adopción de TPM mejoró el desempeño global de los equipos de minería de Barrick Misquichilca Huaraz en Merrill Crowe en 2017. transversal. La población consistió en datos obtenidos de una bomba Worthington durante un período de 6 meses, divididos en 4 semanas por mes, para un total de 24 datos, antes y después. Eficiencia: Durante la implementación se realizaron diversas actividades en el ámbito del personal de mantenimiento y proceso, como la capacitación, enfocándose en el auto mantenimiento, permitiendo a los operadores capacitarse y absorber el desarrollo de este mantenimiento para luego aplicarlo. La operación comienza con la aplicación de 5 segundos de limpieza previa en las bombas antiparasitarias en el taller de servicio y el área de proceso de Merrill Crowe. La investigación muestra que el uso de Mantenimiento total reduce el tiempo de inactividad debido a fallas y operaciones durante los primeros 6 meses de 2017, y la eficiencia general del equipo aumenta en un 33 %, lo que es aceptable para el desarrollo industrial. Operaciones de reciclaje de oro en la fábrica de Merrill Crow.

**Reyes (2019)** efectuó una tesis sobre ***Aplicación del sistema TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019***. Tenía como propósito verificar cómo la aplicación del sistema TPM puede mejorar el desempeño general de los dispositivos de Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019. El nivel de investigación es interpretabilidad de secciones longitudinales, diseños previos al experimento. Se tendrá una población que estará conformada por datos cuantitativos seleccionados en la reserva ubicada en Alicorp, la población para este proyecto de investigación estará conformada por N es 6 meses. Los resultados son los siguientes: Mejora después de aplicar el sistema TPM, el OEE aumentó en un 11,50% durante 3 meses. La verificación de las mejoras después de usar TPM aumentó la disponibilidad del dispositivo en un 11,58 %, en un promedio de 3 meses. La verificación de las mejoras después de usar TPM aumentó el rendimiento del equipo en un 12,17 %, en un promedio de 3 meses. Una vez establecido, TPM ha mejorado significativamente y la calidad de los equipos de montacargas ha aumentado un 10,5 % en un promedio de 3 meses. El estudio concluye: Como objetivo general se encontró que el uso de TPM incrementa el desempeño global de los equipos que se encuentran en la empresa de servicios integrados de Diesel SAC, Lima-2019, dando como resultado niveles significativos de significado en la prueba T de Student 0.000. Por lo tanto, se adoptó una hipótesis de investigación alternativa, con resultados fijos que van desde 79,54% a 91,30%, logrando un aumento de 11,76%.

**Seminario (2019)** efectuó una tesis sobre ***Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia de las máquinas cnc de una empresa metal mecánica Lima - Perú 2017***. Tuvo como objetivo establecer de forma alguna la utilización del TPM, acrecentando la Eficiencia de las máquinas CNC en una compañía detallada líneas arriba. El nivel de investigación fue explicativo de corte longitudinal, de diseño preexperimental. Para esta investigación a la población se le define como la agrupación establecida por los datos registrados de los factores OEE dentro de 5 meses antes y después; tomando las 02 Máquinas CNC ubicándose en la zona de mecanizados CNC de una compañía detallada líneas arriba. Los resultados fueron: En la pre-prueba se encontró un nivel de medida en la disponibilidad de un

72,40%, tan pronto como fue incorporado el TPM, el valor de la media de la Disponibilidad aumento en un 81,97%. Como resultado se obtuvo donde los resultados iniciales de la media de la efectividad eran de 73.26%, habiendo incorporado el TPM, la media de la efectividad alcanza al nivel de 86% se visualiza el grado de la media del coeficiente de calidad, antes del TPM, consiguió el 87,58% entretanto, luego de la implementación del TPM el resultado de la media del coeficiente de calidad aumenta a 93.83%. El estudio concluye: Se adminículo que el TPM, que en las 2 primeras etapas (Desarrollo y Aplicación), en la compañía Metal Mecánica, de ello resultó un crecimiento en los niveles de la Eficiencia Global de los Equipos (OEE); mostrando un resultado favorable en la post-prueba en un nivel de OEE en un 46.32%, para más adelante la ejecución del TPM, dentro de los 5 meses de evaluación, obtener el nivel de la media OEE de 66.24%.

**Yauri (2018)** efectuó una tesis sobre ***Aplicación del Mantenimiento Autónomo para mejorar los índices de la Eficiencia Global en el área de Mantenimiento de la empresa PANORAMA S.A.C. Lima, 2017.*** Su finalidad fue estatuir en la medida que la aplicación del mantenimiento autónomo mejorará los valores de la eficiencia global en el área de mantenimiento de la empresa mencionada. El nivel de la investigación fue explicativo de corte longitudinal, de diseño pre experimental. La población de este estudio se revisará durante 24 semanas y se dividirá en 12 semanas antes y 12 semanas después. El resultado: un 25 % más de disponibilidad, un 24 % más de productividad y un 23 % más de calidad. Llegando a una deducción donde la administración es buena. por ende, el mantenimiento autónomo tendrá un incremento significativo de sus indicadores de la eficiencia global, el incremento fue de un 41%.

## **Teorías relacionadas al tema**

### **VI: Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Socconini (2016, p.316) nos dice:

Performance Total Maintenance es un enfoque innovador para garantizar el funcionamiento continuo de equipos y edificios mediante la introducción de los siguientes conceptos:

- Prevención.
- Sin defectos causados por maquinas.
- Sin Accidentes.
- No hay tiempo de inactividad.
- Plena participación humana.

Es un proceso sistemático para optimizar el rendimiento general de su dispositivo, minimizando el tiempo de inactividad debido a bloqueos o ralentizaciones.

TPM contrata al operador como apoyo para el mantenimiento: el operador realiza la limpieza de rutina y el mantenimiento menor (revisiones, ajustes menores, etc.) Responsable de los sistemas mecánicos, eléctricos y de control.

Para Pascal (2019, p.1-2), el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) describe la implementación de TPM con ocho pilares. TPM comienza con 5S, que organiza metódicamente el lugar de trabajo y las prácticas laborales. El enfoque de las 5S requiere una nueva filosofía y forma de trabajar. Se puede dividir en 5 fases, nombradas por 5 palabras japonesas, cada una de las cuales comienza con la letra "S" (Ordenar, Enderezar, Brillar, Estandarizar, Sostener), de ahí el nombre 5S.

Al implementar una política de mantenimiento de TPM, los gerentes deben usar indicadores capaces de informar sobre situaciones de falla. Se pueden usar muchas herramientas, por ejemplo: formato de verificación, diagrama de flujo, histograma, diagrama de control, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, diagrama de

dispersión estas diferentes herramientas de monitoreo pueden permitir a los expertos identificar, por ejemplo, interacciones entre diferentes factores que conducen a situaciones de falla. La implementación de estos diferentes monitoreos requiere mejorar las 5S.

*Tabla 8 Descripción de la estrategia de los ocho pilares*

1.	5S	Compuesto por Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, 5S ayuda a los empleados a administrar el lugar de trabajo circundante y educa a las personas o equipos sobre la necesidad de tomar medidas disciplinarias.
2.	Mantenimiento Autónomo	Los operadores pueden hacer reparaciones menores a equipos defectuosos sin personal de mantenimiento. Los oficiales pueden dedicar tiempo a aprender y perfeccionar otras habilidades avanzadas de mantenimiento de equipos.
3.	Kaizen	"Kai" significa cambio y "Zen" significa bien para mejor El principio es: "En un entorno organizacional, muchas pequeñas mejoras son más efectivas que unas pocas mejoras de alto valor". Kaizen involucra a todos en la organización para reducir las pérdidas y aumentar la eficiencia, no solo para la administración sino también para el equipo.
4.	Mantenimiento planeado	Los métodos y acciones para evitar fallas en los equipos para producir productos de alta calidad de manera constante incluyen el mantenimiento preventivo (PM), el mantenimiento de frenos (BM), el mantenimiento correctivo (CM) y el mantenimiento preventivo (MP).
5.	Calidad del mantenimiento	Su objetivo es mantener el equipo en pleno funcionamiento y producir bienes de alta calidad sin tomar los bienes de alta calidad como un factor principal.
6.	Formación	La capacitación tiene como objetivo alentar a los oficiales a realizar todas las funciones necesarias del grupo. Los operadores están especialmente capacitados para lidiar con

		equipos rotos o que funcionan mal, no solo "cómo saberlo", sino también "saber por qué", para encontrar la fuente de cualquier problema y enseñar a otros cómo solucionarlo.
7.	Oficial (técnicos de mantenimiento) TPM.	Para aumentar la productividad y eficiencia de las tareas administrativas, trata de establecer un flujo de trabajo que los funcionarios utilizarán para eliminar cualquier causa de falla.
8.	Seguridad, Salud y Medio ambiente (SSM)	SHE se enfoca en facilitar y tomar medidas para anticipar y prevenir cualquier daño a los oficiales en las áreas circundantes y lugares de trabajo para confirmar que no haya accidentes, daños a la salud y ningún incendio.

*Fuente: Kigsirisin (2016, p.03)*

### **Dimensiones e indicadores de la VI.**

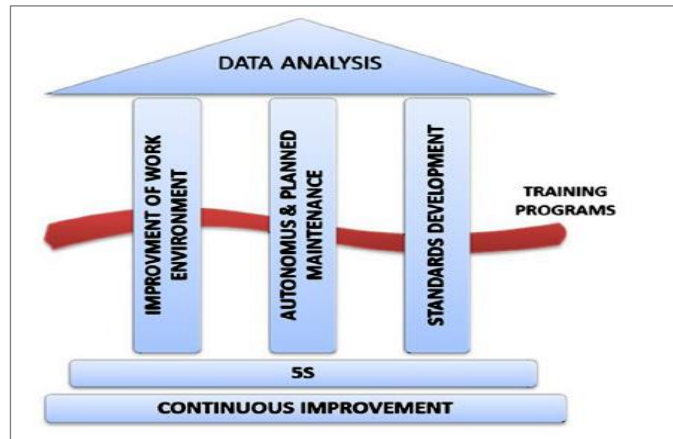
Para Chlebus (2015, p.3):

El objetivo de TPM es aumentar la eficiencia de la máquina al:

- Gestión oportuna de equipos y mantenimiento preventivo.
- Reemplace a los operadores con operaciones de rutina relacionadas con la operación y el mantenimiento de la máquina.
- Tomar en cuenta en los procesos la participación de los empleados.

Una vez que se eliminan los errores y defectos, las máquinas funcionan más rápido, lo que reduce los costos operativos e incrementación de la productividad. El entorno es especialmente importante ya que es el factor que representa más en la tasa de fallos. La solución a este problema debe ser la adaptación e implementación de TPM debido a las fallas de alta frecuencia y, según el enfoque de los autores, debería reducirse a 3 pilares principales: mejorar el entorno de trabajo, el propietario del mantenimiento automático, tener un plan y establecer estándares (Fig. 5). Cada uno

de estos pilares contiene una serie de actividades para completar una tarea determinada. Enfoque integral en la investigación de datos, respaldado por prácticas 5S y mejora continua. Un aspecto resaltante, incluso indispensable, es el programa de formación de los empleados.



*Figura 4. Pilares del TPM*

*Fuente: Chlebus (2015, p.3)*

### **Mejora del entorno de trabajo**

Para Chlebus (2015, p.4), relacionado al listado de equipos y herramientas necesarios, los métodos de entrega, las secciones de revisión sobre ergonomía, salud y seguridad, y la implementación de 5'.

### **Mantenimiento autónomo y planificado**

Para Chlebus (2015, p.4), observar el de servicio diarios, mantenga manualmente los análisis y las operaciones, defina listas de actividades y optimice los servicios.

### **Trabajo estándar**

Para Chlebus (2015, p.4), proceso de reparación, mejores prácticas, definición de lista operativa, equipo requerido, definición de lista de herramientas y repuestos, diseño de patrón de reparación, cumplimiento de patrón de reparación, estándares de reparación.



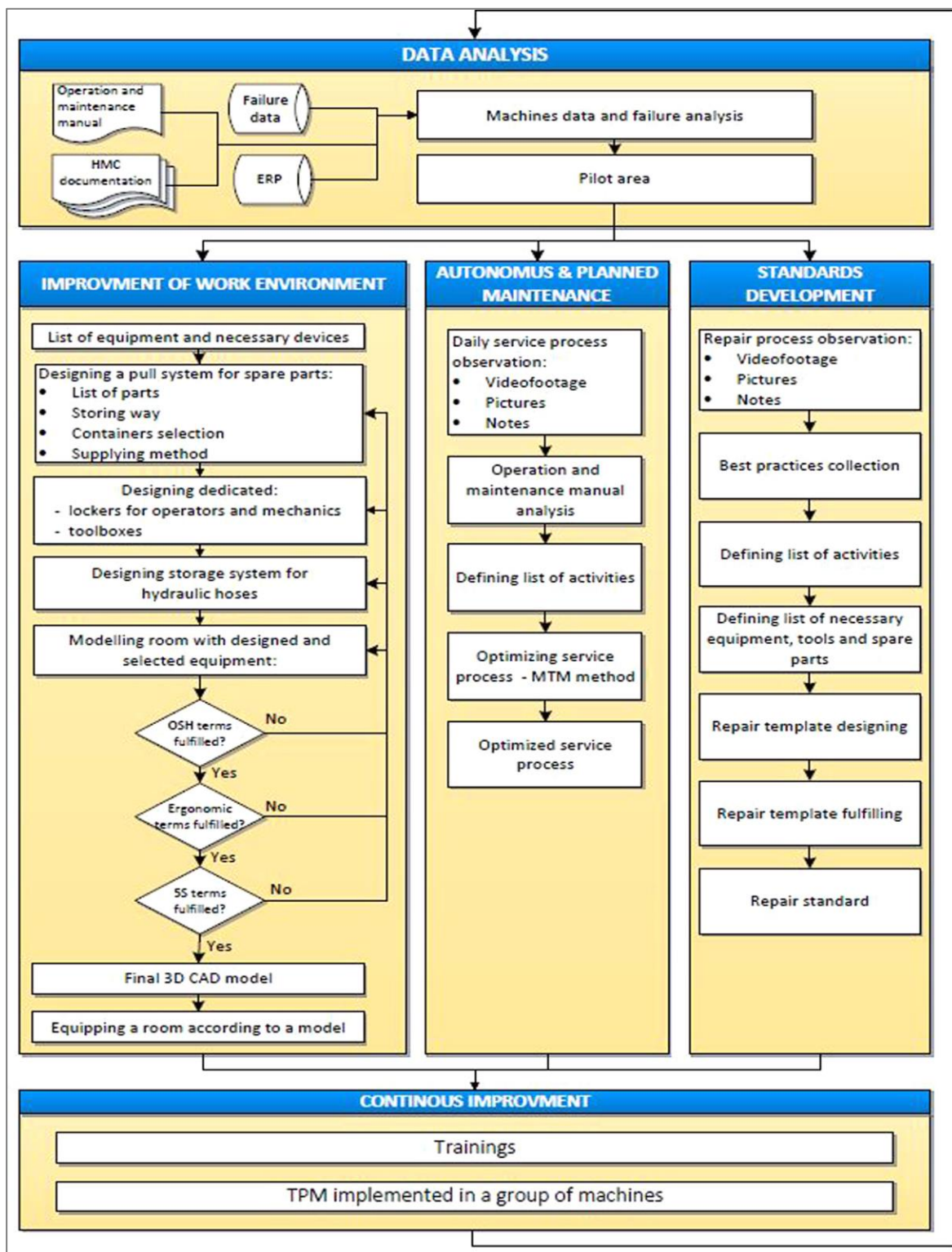


Figura 5. Orden de procedimiento para la adaptación del TPM

Fuente: Chlebus (2015, p.4)

## Variable Dependiente: Eficiencia Global del Equipo (OEE)

Okpala (2020, p.2) nos dice: Rouse (2017), "una medida de la eficiencia y la productividad de las operaciones de fabricación, expresada como un porcentaje", señalando que "indica qué tan bien produce realmente el proceso de fabricación, y como medida general y global de qué tan bien funcionan las actividades productivas de la organización. Además, Okpala et al. (2018) explican que OEE es un método efectivo para examinar el rendimiento del dispositivo y tenga en cuenta las 6 mayores pérdidas en términos de calidad, rendimiento y facilidad de uso.

Sin embargo, Adolph et al. (2016), detallaron que la OEE es un enfoque común para medir el rendimiento de los equipos de producción, se deriva del marco de gestión del rendimiento que introdujo el mantenimiento total de fabricación. En TPM, el rendimiento de un sistema de producción se mide mediante una métrica cuantitativa básica llamada OEE.

Para Okpala y Anozie (2018),

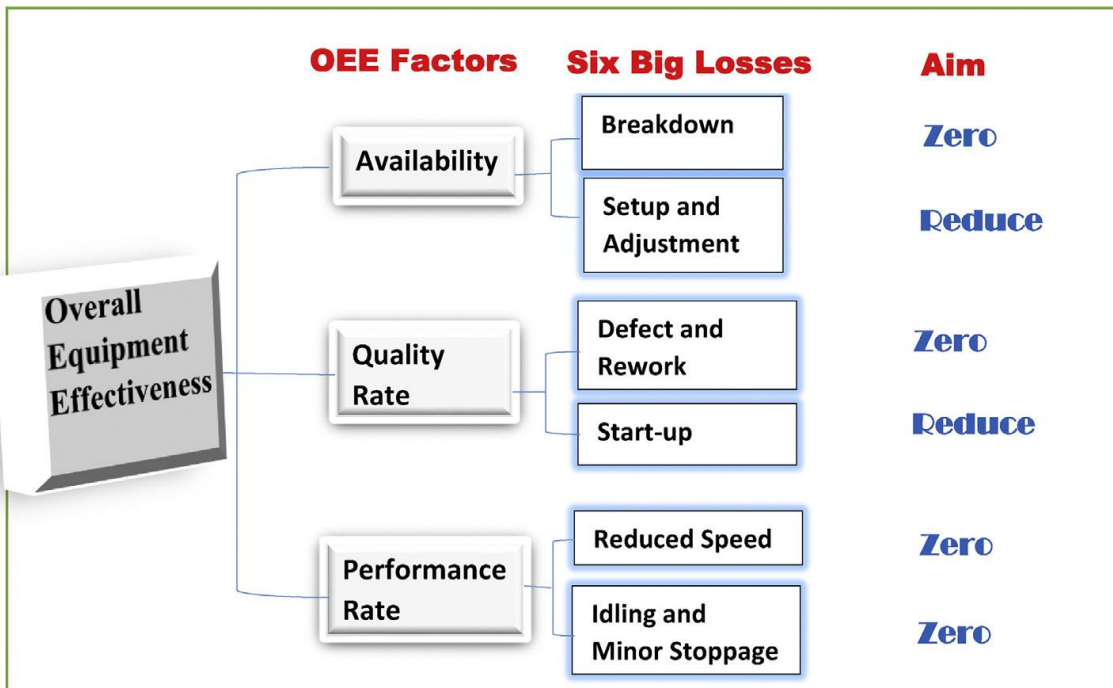


Figura 6. Un modelo de OEE

Fuente: Okpala (2020, p.2) Availability

Quality = Calidad

Performance = Eficiencia en el tiempo empleado en la producción de los equipos.

### **Disponibilidad**

Para Okpala (2020, p.2) señala que la disponibilidad como el tiempo en que una máquina o equipo está listo para las operaciones de producción.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\textit{Tiempo planificado} - \textit{Tiempo inactivo}}{\textit{Tiempo planificado}}$$

El tiempo programado se refiere al tiempo disponible en un día o mes para las operaciones de producción, mientras que el tiempo de inactividad se refiere al tiempo de producción total que un sistema integrado está inactivo debido a fallas, hardware o requisitos de configuración/ajuste.

### **Eficiencia**

Para Okpala (2020, p.2) La capacidad es la cantidad de productos procesados en un día o mes, y el tiempo de ejecución es la diferencia entre el tiempo de carga y el tiempo de agotamiento.

$$EFICIENCIA = \frac{\textit{Número de productos procesados} \times \textit{Tiempo ciclo}}{\textit{Tiempo operativo}}$$

### **Calidad**

Para Okpala (2020, p.2) La calidad debe definirse como la cantidad de un producto que se rechaza porque el producto no se ajusta al diseño para la fabricación y, por lo tanto, requiere reelaboración o puede considerarse chatarra.

$$CALIDAD = \frac{\textit{Cantidad procesada} - \textit{cantidad defectuosa}}{\textit{Cantidad procesada}}$$

Para Okpala (2020, p.3) los objetivos OEE de clase mundial son:

Disponibilidad mayor que 90%

Eficiencia mayor que 95%

Calidad mayor que 99%

OEE mayor que 85%

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación**

Es aplicada debido a que se realizará el uso de los conocimientos científicos de referencia serán las revistas, tesis, libros artículos científicos o papers referentes a las cuestiones del TPM, OEE, disponibilidad, calidad y eficiencia de equipos industriales, para aplicar en la solución de los problemas.

Para Valderrama (2013, p.39) considera que la investigación aplicada depende de los hallazgos y contribuciones teóricos para poder brindar beneficios y comodidad a la sociedad.

#### **Enfoque de la investigación**

Es cuantitativo porque las variables a medir serán cuantificables (numéricos) con las cuales se probará las hipótesis de investigación.

Enfoque cuantitativo: se determina ya que usa la acumulación y la indagación de datos para responder al planteamiento del problema de investigación, utiliza, también, los métodos estadísticos para comparar la certeza o mentira de la suposición Valderrama (2013, p.106).

#### **Nivel de la investigación**

Es explicativo debido que está orientado a contestar los motivos que originan la baja de la eficiencia global de los equipos de refrigeración de leche y sus dimensiones disponibilidad, eficiencia y calidad, será un nivel causa efecto.

La investigación explicativa se dirige a la exposición de los conceptos fenómenos o de la instalación del vínculo entre conceptos. Está orientada a contestar a los motivos de los eventos físicos o sociales. Tal como su denominación señala, su atención se enfoca en hallar la razón por lo que sucede un prodigio determinado, al mismo tiempo implantara en las circunstancias se da este, o porque dos o más variables están vinculadas Valderrama (2013, p45).



Por lo anteriormente expuesto la presente investigación será experimental, pero entraría en la categoría preexperimental ya que la adaptación del mantenimiento productivo total se realizará en una zona de equipos de refrigeración de leche; para las categorías cuasi experimental y experimental pura se necesita contar con un blanco es decir una segunda área de equipos de refrigeración de leche donde no se le aplique el TPM.

La estrategia que se empleará para comprobar la hipótesis será una de diseño pre experimental, indica que TPM solo se aplica a la misma categoría de estudio, en un único local, donde se piensa manipular la variable TPM y observar el aumento de la eficiencia global de los equipos de refrigeración de leche. Se analizará el OEE de los equipos de refrigeración de leche antes y después de la implementación del TPM.

Alcance de la investigación para Valderrama (2013, p. 152) esta relacionado a la durabilidad del tiempo de la investigación, desde el día de comienzo hasta el día de acabar.

El alcance cierra por lo común una definición de las ubicaciones físicas y virtuales, por lo general, incluye descripciones de sitios reales y ficticios, las responsabilidades, las unidades de investigación dentro de la constitución, las actividades y los desarrollos, también el espacio de tiempo ocupado (ISO 19011, 2018, 3.5).

Según lo anteriormente detallado el presente trabajo de investigación tendrá un alcance en el departamento de mantenimiento específicamente en los tanques de enfriamiento de leche en el periodo comprendido entre septiembre 2020 a julio 2021, periodo que dura los cursos de proyecto de investigación y la elaboración.



## 3.2 Variables, Operacionalización

Variable Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Socconini (2016, p.316) nos dice:

Performance Total Maintenance es un enfoque innovador para garantizar el funcionamiento continuo de equipos y edificios mediante la introducción de los siguientes conceptos:

- Prevención.
- Sin defectos causados por maquinas.
- Sin Accidentes.
- No hay tiempo de inactividad.
- Plena participación humana.

Es un proceso sistemático para optimizar el rendimiento general del dispositivo, minimizando el tiempo de inactividad debido a bloqueos o ralentizaciones.

TPM contrata al operador como auxiliar de mantenimiento: el operador realiza limpiezas periódicas y mantenimientos menores (modificaciones, ajustes menores, etc.), mientras que el área de mantenimiento asume la carga, responsable de los sistemas mecánicos, eléctricos y de control.

### Dimensiones e indicadores de la variable independiente

#### Mejora del entorno de trabajo

Para Chlebus (2015, p.4), relacionado al listado de equipos y herramientas imprescindible, los métodos de entrega, las secciones de revisión sobre ergonomía, salud y seguridad, y la implementación de 5'.

$$EU = \frac{\text{Repuestos ubicados correctamente}}{\text{Total de repuestos solicitados}} \times 100\%$$

EU = Exactitud de ubicación de repuestos

$$ES = \frac{\text{Cantidad de repuestos reales}}{\text{Cantidad de repuestos en el sistema}} \times 100\%$$

ES = Exactitud de Stock

### **Mantenimiento autónomo y planificado**

Para Chlebus (2015, p.4), examinar el proceso del servicio diarios, mantenga manualmente los análisis y las operaciones, defina listas de actividades y optimice los servicios.

$$MBT = \frac{\text{Mantenimiento por recorrido realizado}}{\text{Mantenimiento por recorrido programado}} \times 100\%$$

MBT = Mantenimiento basado en tiempo

### **Trabajo estándar**

Para Chlebus (2015, p.4), Procedimientos de reparación, mejores prácticas, definición de lista operativa, equipo requerido, definición de lista de herramientas y repuestos, diseño de patrón de reparación, cumplimiento de patrón de reparación, estándares de reparación.

$$IAAV = \frac{AAV - AV \text{ no VALOR}}{\sum TA}$$

$$\sum TA$$

IAAV = "Índice de actividades que agregan valor"

AAV valor = "Actividades que agregan valor"

AV no valor = "Actividades que no agregan valor"

$\sum TA$  = "Sumatoria de todas las actividades"

$$TE = TN \times (1 + S)$$

TE = "Tiempo Estándar"

TN = "Tiempo nominal"

S = "Suplementos"

## **Torres de enfriamiento**

Una torre de enfriamiento es un dispositivo que se utiliza para enfriar grandes cantidades de agua mediante la eliminación del calor del agua a través de la evaporación o la conducción. El proceso es económico en comparación con otros dispositivos de refrigeración, como los intercambiadores de calor de pared refrigerada.

El agua se dirige a través de la parte superior de la torre utilizando diques o boquillas para distribuir el agua en la mayor área posible. El enfriamiento ocurre cuando el agua gotea de la torre y entra en contacto directo con el aire que está hacia arriba o más frío que el agua. En estas condiciones, el agua se enfriará. Mediante el enfriamiento por transferencia de masa (evaporativo), la temperatura del aire y su humedad aumentan, la temperatura del agua disminuye y la temperatura de corte para el enfriamiento del agua es la temperatura del aire de entrada a la torre. Parte del agua que se evapora emite más calor para que pueda ver el vapor en la parte superior de la torre de enfriamiento.



*Figura 9. Tanque de refrigeración de leche*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Variable Dependiente: Eficiencia Global del Equipo (OEE)**

Okpala (2020, p.2) nos dice: Rouse (2017), Él define OEE como " es la medición de la eficiencia y productividad de una operación de manufactura expresada como un porcentaje", señalando que "indica el verdadero alcance del proceso de fabricación y juega un papel en es una medida general y global de qué tan bien la empresa las operaciones de fabricación están en marcha.

Además, Okpala et al. (2018), Explican que OEE es un método eficaz de analizar el rendimiento del dispositivo, al mismo tiempo que tiene en cuenta las seis pérdidas más grandes. Señalan que es realmente una función de calidad, rendimiento y disponibilidad la que mide la pérdida de hardware.

## Disponibilidad

Para Okpala (2020, p.2) Determinar la disponibilidad de equipo o maquinaria para las operaciones de producción.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\textit{Tiempo planificado} - \textit{Tiempo inactivo}}{\textit{Tiempo planificado}}$$

## Eficiencia

Para Okpala (2020, p.2) la eficiencia se nombra a la cuantía de la diferencia entre un producto procesado en un día o un mes y el tiempo de trabajo es el tiempo de carga y la falta de tiempo.

$$EFICIENCIA = \frac{\textit{Número de productos procesados} \times \textit{Tiempo ciclo}}{\textit{Tiempo operativo}}$$

## Calidad

Para Okpala (2020, p.2) La calidad debe definirse, la cantidad de un producto que se rechaza porque el producto no se ajusta al diseño para la fabricación y se tiene que reprocesar o destinarse a la merma.

$$CALIDAD = \frac{\textit{Cantidad procesada} - \textit{cantidad defectuosa}}{\textit{Cantidad procesada}}$$

## 3.3 Población y muestra

### Sujeto de análisis

El sujeto de análisis denominado para el desarrollo de la investigación será el área de mantenimiento de los tanques de refrigeración de leche. Según Nel, “Cualquier elemento que proporcione información sobre el fenómeno que se investiga.” (2015, p.95).

## **Población**

Según Valderrama (2013, p.182), es un compuesto que se puede determinar la cantidad como también no de componentes que poseen cualidades o peculiaridades comunes, aptos a ser visualizados, por consiguiente, se deduce que el universo de familias, compañías, instituciones, votantes, vehículos, favorecidos de un programa de repartición de alimentos de un distrito de mendicidad.

La población de estudio serán los datos numéricos de la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche, con sus dimensiones calidad, disponibilidad y eficiencia antes y después de la aplicación del TPM, durante un periodo de 90 días antes y 90 días después de la aplicación del TPM, como criterio de exclusión se considera los días domingos y feriados; así mismo, la jornada laboral ordinaria es de 8 horas al día, es decir, sólo se contabilizará los datos de los días laborales hábiles, exactamente se deben considerar 78 datos diarios antes y 78 datos después (78 datos diarios es el resultado de restar 90 datos diarios menos 12 domingos en tres meses).

## **Muestra**

Los datos de la muestra serán datos cuantitativos de la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche con sus dimensiones calidad, disponibilidad y eficiencia antes y después de la aplicación del TPM, durante un periodo de 90 días antes y 90 días después de la aplicación del TPM, como criterio de exclusión se considera los días domingos y feriados; así mismo, la jornada laboral ordinaria es de 8 horas al día, es decir, sólo se contabilizará los datos de los días laborales hábiles.

Según Valderrama, es un subconjunto modelo de un mundo o habitantes. Es un modelo porque muestra puntualmente las particularidades de los habitantes cuando se ejecuta el método adecuado de muestreo de la cual emana; se distingue de ella solo el número de unidades incluidas y es conveniente, puesto que se introduce un número perfecto y insignificante de unidades; tal número se establece mediante la utilización de diversos métodos, para incurrir en error de muestreo al evaluar las características poblacionales más sobresalientes (2013, p.184).

Los aspectos alusivos a la calidad del modelo son más notables que lo relacionado con la cuantía; aclaración, no debe pensarse que la notabilidad del modelo depende de su cantidad. La investigación proporcionada por la muestra posee una ganancia de cómo fueron escogidos sus componentes. A ello se le nombra como muestreo. Si la muestra no es representativa de la población, las deducciones que se pueden sacar de la misma serán poco seguros y, solamente, nos inclinara a una confusión. (Valderrama, 2013, p.184).

Según Valderrama, las consiguientes fórmulas estadísticas se emplearán para procesar con la variable (2013, p.184).

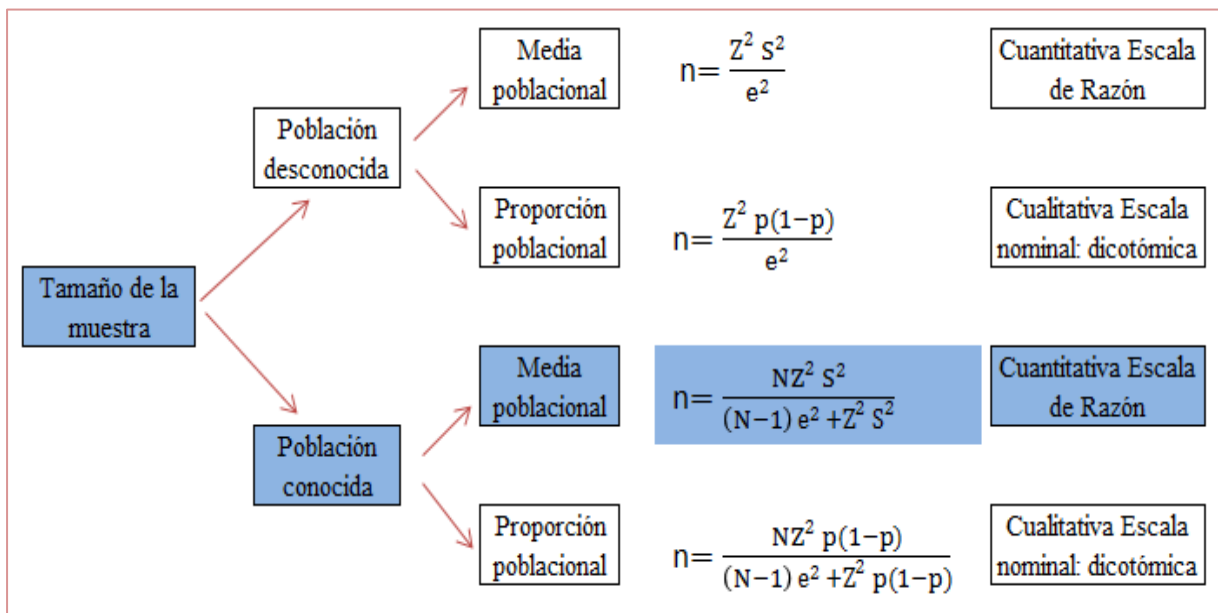


Figura 10. Fórmulas estadísticas para el cálculo de la muestra  
Fuente: Valderrama (2013, p.184)

Según Valderrama las variables cualitativas miden actitudes (2013, p.40).

Según Nel, “las variables cualitativas se miden con la técnica de la indagación utilizando como instrumento el formulario, el cual simboliza un mezclado de interrogantes respecto a una o más variables cualitativas a calcular. El contenido de las interrogantes puede ser tan variado que calcule. Constituye una prueba escrita que

el examinador emplee para extraer la información de cualquier fenómeno. Los formularios también pueden ser electrónicos (2015, p.98).

Por lo anteriormente expuesto las investigaciones para ingeniería según la guía 115 de Productos de investigación de Fin de programa de la Universidad César Vallejo en su página trece establece que las variables a medir para un proyecto de investigación de ingeniería deben ser cuantitativas o numéricas.

En esta investigación por tratarse de variables cuantitativas y según Valderrama, en las investigaciones preexperimentales los datos analizados provienen de la variable dependiente y de cada una de sus dimensiones para la explicación de la contrastación de las pruebas de hipótesis (2013, p.231).

Para cuantificar la dimensión de la muestra en nuestro caso, dado que es una población conocida, queremos evaluar los parámetros de la media poblacional y dado que es una variable cuantitativamente dependiente en la escala del cociente, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 S^2}{(N-1) e^2 + Z^2 S^2}$$

*Figura 11. Fórmula estadística para el cálculo de la muestra en variable cuantitativa de escala razón*

*Fuente: Valderrama (2013, p.184)*

Para esto según Valderrama (2013, p.184) conocer la varianza (S) de la muestra, calcule una pequeña muestra de los datos OEE y calcule a partir de estos datos la varianza muestral  $S^2$ :



Tabla 9. Promedio Muestral de OEE en 10 días

Dato N°	OEE
1	68.00%
2	70.00%
3	72.00%
4	67.00%
5	73.00%
6	67.00%
7	68.00%
8	70.00%
9	72.00%
10	71.00%
<b>Promedio</b>	<b>69.80%</b>

Fuente: Elaboración propia

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Figura 12. Fórmula de la desviación estándar de una muestra  
Fuente: Millones (2020)

Tabla 10. Cálculo de la varianza muestral

Dato N°	OEE	OEE - Promedio	(OEE-Promedio) <sup>2</sup>
1	68	-1.8	3.24
2	70	0.2	0.04
3	72	2.2	4.84
4	67	-2.8	7.84
5	73	3.2	10.24
6	67	-2.8	7.84
7	68	-1.8	3.24
8	70	0.2	0.04
9	72	2.2	4.84
10	71	1.2	1.44
<b>Promedio</b>	<b>69.8</b>		43.6
<b>S</b>			<b>2.201009869</b>
<b>S<sup>2</sup></b>			<b>4.844444444</b>

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la fórmula 6 operamos el tamaño de la muestra:

$N = 78$  datos obtenidos de forma diaria

$Z = 1.96$ , con un nivel de confianza del 95%

$e = 5\%$ , es el complemento del nivel de confianza.

$$n = \frac{78 \times 1.96^2 \times 4.844444444}{(78-1)(0.05)^2 + 1.96^2 \times 4.844444444}$$

$$(78-1)(0.05)^2 + 1.96^2 \times 4.844444444$$

$n = 77.20$  datos = **78** datos diarios del OEE

Lo cual confirma lo que dicen Tipacty (2018) y Gil (2018) “para poblaciones pequeñas con  $N < 80$ , el tamaño de la muestra debe ser igual al tamaño de la población”, es decir  $N = n$ . Según (Gil, 2018) para poblaciones pequeñas el volumen de la población debe ser el volumen del modelo, esto es un cálculo empírico tomado de la experiencia profesional.

## **Muestreo**

Valderrama (2013, p.123). Ya que la población es igual a la muestra, no se necesita muestreo.

Como la población es igual a la muestra esto se conoce como censo.

Según Guillén (2016) Los datos deben presentarse y analizarse en pares o parejas para ejecutar los ensayos de regularidad a la diferencia de los datos y conocer si son paramétricos (si la distribución de las frecuencias se asemejan a la distribución de la campana normal o campana de Gauss) o no paramétricos ( si la distribución de las frecuencias toma cualquier otra forma diferente a la campana normal o campana de Gauss), luego de conocer si son paramétricos se emplea la razón de hipótesis T-student te pares relacionados o su análoga la prueba de Wilcoxon de pares relacionados sin los datos resultasen no paramétricos.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Metodología**

Según (Baena, 2017) son los términos necesarios en base al conocimiento de cuál es la vía idónea. Es una materia que estudia, examina, fomenta, y limpia al método el cual se incrementa y detalla en cada rama científica.

#### **Método**

Según (Baena, 2017) método es un camino a través de una serie de operaciones y normas determinadas, para conseguir el rendimiento planteado.

#### **Técnicas**

Para Baena (2017, p.68):

Las técnicas se vuelven respuesta al “cómo hacer” y acceden la utilización del método en el ámbito donde se usa, las técnicas son habilidades conscientes y reflexivas orientadas al soporte del método.

La técnica es el arte o la forma de distinguir el camino (Gil,2018).

Para (Baena, 2017, p.72), la observación directa es cómo los propios investigadores pueden resumir el informe; ninguna mención de las personas involucradas; tiene un impacto directo en tu sentido de la contemplación. Después de realizar el primer levantamiento relevante, se hará por anotación directa. La guía contemplativa se le da al observador. La observación directa es aquella en la que los investigadores continúan recopilando información. No toca el objeto, captura directamente tu observación. Se realizarán observaciones directas cuando exista información de levantamiento directo. Guía de observación para observadores.

Para (Hernández et.al, 2017, p.148) detalla que al juntar los datos concernientes sobre los atributos, nociones o variables de las unidades de estudio.

En La investigación cuantitativa no se considera una entrevista a menos que sea exploratoria. La entrevista es un área de investigación cualitativa

(Valderrama, 2013, p.195).

Serán las siguientes, las técnicas utilizadas:

1. Observación Directa: Seguirán procedimientos almacenados para la recopilación de datos y se desarrollará un gráfico.
2. Revisión de documentos: Las actividades registradas en el área de almacén y distribución serán analizadas para el control de operaciones posteriores.

### **Instrumento**

Para (Baena,2017, p.68), los es el soporte que tienes para que la tecnología consiga su objetivo, en el caso del cazador sería tu equipo, tu arma, incluido el botiquín o material de primeros auxilios. Otras herramientas incluyen microscopios, telescopios, hojas de entrevistas, cuadernos de campo, cámaras, grabadoras y más.

Para Valderrama “son medios físicos utilizados por los investigadores para recopilar y almacenar información” (2013, p. 95).

Los instrumentos son las herramientas que usamos en campo o en el trabajo para capturar la información (Gil, 2018).

Para el avance de la investigación se usarán los siguientes instrumentos:

Observación directa (técnica):

- Formato de toma de tiempo.
- Imágenes obtenidas de eventos empresariales de la zona, como se mostrará en el anexo respectivo.
- Grabaciones de las actividades. Para revisar la secuencia de las operaciones.
- Cronómetro, medición de tiempo.

Revisión de documentos (técnica):

- Copiadora.
- Escáner.
- Otros

## **Validez**

“La validez, en términos generales, se relaciona a qué tan bien un instrumento mide la variable que pretende medir.” (Hernández, Fernández, Baptista, 2010, p. 201).

Los contribuyentes deben hacerlo de manera ética, y la información generada por la empresa debe verificarse o cotejarse con los pagos realizados a las tres empresas que realizan el transporte al personal de mantenimiento a las zonas geográficas donde se encuentra cada uno de los tanques de refrigeración de leche.

Para la proyecto de estudio, la validez del instrumento se hará mediante la evaluación de expertos, 03 docentes adeptos de nuestra prestigiosa Universidad Cesar Vallejo.

## Confiabilidad

La confiabilidad del contenido de información del trabajo radica en que la información obtenida de los sistemas de la empresa es utilizada para la investigación, y por lo tanto es confiable. La empresa tiene una cultura de calidad, y cada colaborador realiza actividades de mejora diaria, lo cual es verificado por los colaboradores de la empresa. Los datos ingresados al sistema son efectivamente correctos.

“La confiabilidad de un instrumento de medición que se refiere al uso repetido de la misma persona u organización producirá los mismos resultados.” (Hernández et.al, 2010, p. 173).



*Figura 13. Representación de la confiabilidad y validez*

*Fuente: (Hernández et.al 2010, p. 205)*

Para el cálculo de la confiabilidad empleara la técnica de backtesting, donde el mismo grupo o testers son analizados utilizando como medida el coeficiente  $r(R)$  de Pearson. (Valderrama, 2013, p.215). La prueba Test-retest no se trata del análisis antes y después usado en la demostración de las pruebas de hipótesis, trata de calibrar, poner en punto el instrumento de medición de la variable dependiente y de sus dimensiones, es similar a tomar medidas con una pinza amperimétrica lo que marque hoy 28/10/20 debe ser muy cercano o casi igual a lo que marque el 28/11/20 claro está manteniendo constante las variables de estudio.

Tabla 11. Confiabilidad

Validez por V de Ayken											
S=	la suma de si										
n=	número de jueces										
c=	número de valores de la escala de valoración										

SI	1
NO	0

FORMULA	$V = \frac{S}{[n(c-1)]}$
---------	--------------------------

Validez	Nº	PREGUNTAS	ESPECIALISTAS								TOTAL	
			1		2		3		4		SUMA	V
			SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO		
constructo	1	¿Cree usted que la aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global de los tanques de enfriamiento de leche en empresa agroindustrial?	1			0	1		1		3	0.75
	2	¿Cree usted que la variable independiente gestion de mantenimiento productivo total tiene relación con la variable dependiente eficiencia		0	1		1		1		3	0.75
	3	¿Cree usted que el indicador de mejora de entorno de trabajo guarda relación con el indicador de disponibilidad?	1		1		1		1		4	1
contenido	4	¿Cree usted que los indicadores: exactitud de ubicaciones, exactitud de stock son los adecuados para medir mejora del entorno del trabajo?		0	1		1			0	2	0.5
	5	¿Cree usted que mediante el mantenimiento basado en tiempo se obtendrá un buen mantenimiento autonomo y planificado?	1		1		1		1		4	1
	6	¿Cree usted que los indicadores elegidos: indice de actividades que agregan valor , son adecuados para medir trabajo estandar?.		0	1		1		1		3	0.75
Instrumento	7	¿Cree usted que el indice de actividades ayudará a mejorar el tiempo estandar?		0	1		1		1		3	0.75
	8	¿Cree usted que el indicador Mantenimiento por recorrido realizado y Mantenimiento por recorrido programado mide la dimensión de Mantenimiento autonomo y planificado?	1			0	1		1		3	0.75
	9	¿Cree usted que el instrumento de reporte de mantenimiento recopila la información para evaluar la variable dependiente Eficiencia Global del	1		1		1		1		4	1
											PROMEDIO	0.805556
											V=	0.805556

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Confiabilidad

Confiabilidad por el método de Alfa de Cronbach											
Encuestados	E	ITEMS (PREGUNTAS)									SUMA
		1P	2P	3P	4P	5P	6P	7P	8P	9P	
Jorge Canales Perez	E1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	7
Nixon Rodas Valle	E2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
Harold Placido De la Cruz	E3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Percy Dionicio Sanchez	E4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Frank Ancajima Silva	E5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Luis Carbajal Lopez	E6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Pedro Garcia Luna	E7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Andres Baca Torres	E8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Juan Tarazona Lima	E9	1	1	1	1	0	0	1	1	0	6
Varianza		0.173	0.099	0.000	0.000	0.173	0.099	0.000	0.000	0.099	
Sumatoria de varianzas		0.64									
Varianza de la suma de los ítems		1.28									

$\alpha =$	Coefficiente de confiabilidad de cuestionario	0.84375
$K =$	Número de ítems del instrumento	9
$\sum Si^2 =$	Sumatoria de las varianzas de los ítems	0.64197531
$St^2 =$	Varianza total del instrumento	1.28395062

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left( 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

RANGO	CONFIABILIDAD
0.53 a menos	confiabilidad nula
0.54 a 0.59	confiabilidad baja
0.60 a 0.65	confiable
0.66 a 0.71	muy confiable
0.72 a 0.99	excelente confiabilidad
1	confiabilidad perfecta

0.84375 | Nuestro instrumento es de excelente confiabilidad

Fuente: Elaboración propia.



## **3.5 Procedimientos**

### **Breve Reseña Histórica de la Empresa.**

La unidad de análisis es una empresa agroindustrial situada en el ex fundo Larrea Mz N lote 1 Moche Trujillo La Libertad con 12 años en el mercado, cuenta con 1 tanque de enfriamiento marca Delaval, cuya función es almacenar y conservar la leche hasta su recojo, el cual opera 8 horas de manera continua , 6 días a la semana, con una capacidad de almacenamiento de 1000 litros de leche de vaca por tanque; el problema es que por tema de desgaste de sus partes no logra funcionar eficientemente aumentando el tiempo de enfriamiento, actualmente la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche es en promedio 71.53% por día siendo el estándar de 90% por día según el fabricante.

Afirma la adhesión a estrictos estándares de calidad, integridad, ética e integridad

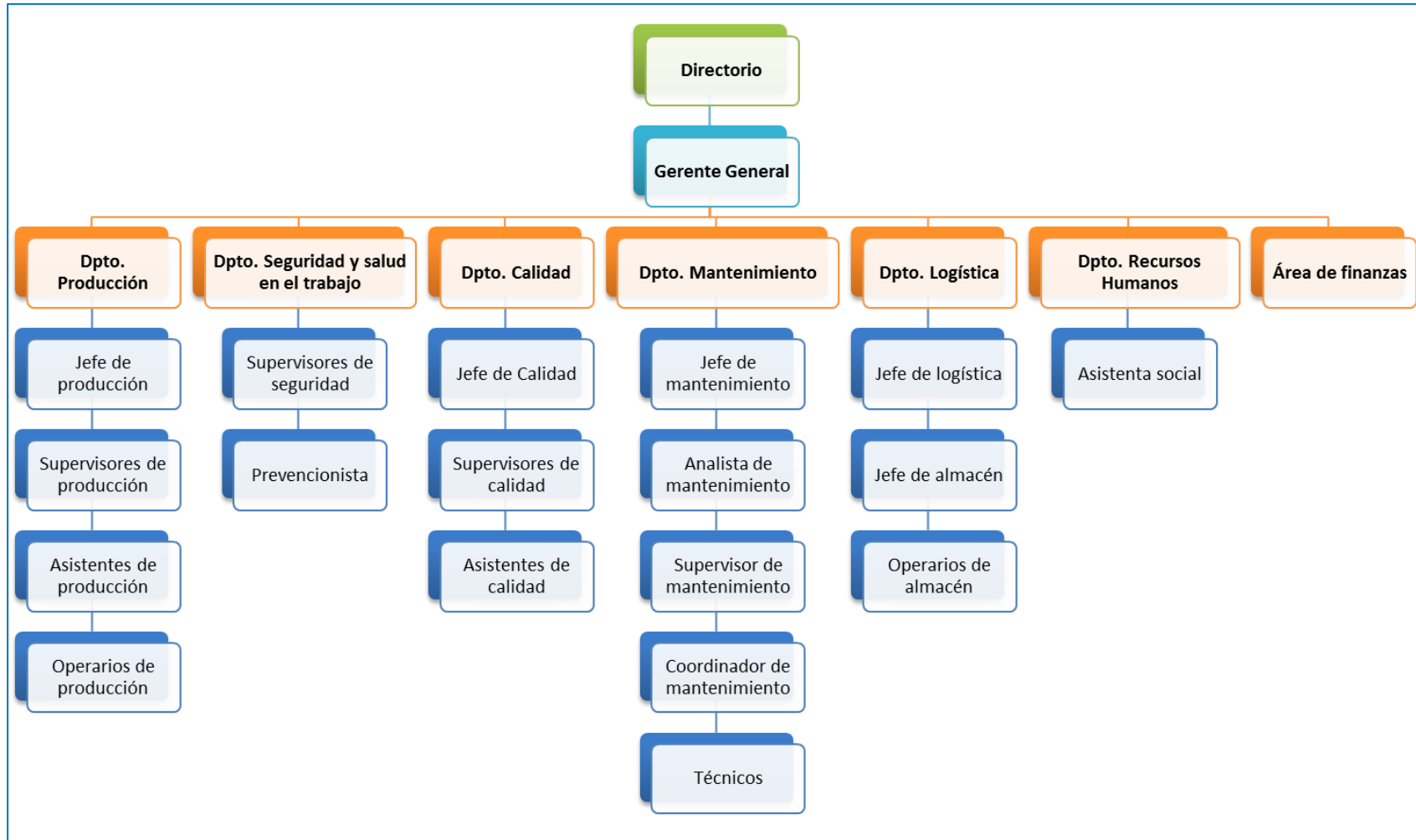
### **Misión:**

Beneficiar a la sociedad desarrollando productos saludables de alta calidad y suministrándolos a los mercados nacionales e internacionales, y desarrollando nuevas alternativas a los productos saludables y la industria alimentaria para promover el desarrollo nacional.

### **Visión:**

Ser una organización innovadora y líder en el mercado internacional, sinónimo de calidad garantizada y productos naturales, se esfuerza por satisfacer las necesidades de los clientes más exigentes y brindar soluciones alternativas que contribuyan al desarrollo e imagen del Perú.

Las operaciones y los procedimientos de todas las actividades comerciales de la empresa se desarrollarán en un entorno que mejore y desarrolle a los empleados de la empresa.



*Figura 15. Organigrama de la empresa*

*Fuente: Elaboración propia.*

### a) Situación actual

El tanque de enfriamiento de leche vertical consta de una tina interior y exterior llamado también tanque de expansión directa, ya que en su interior hay un evaporador de placas (tubos que en cuyo interior circula el agente refrigerante (gas refrigerante R22). Este gas refrigerante tiene como función principal absorber el calor que existe en la tina de leche, así mismo consta de un agitador vertical que permite que la agitación de la leche se haga de manera homogénea y a la misma temperatura, tiene forma ovalada para ampliar su superficie de refrigeración, dispone de una tapa giratoria que se apertura de forma vertical y horizontal para tener un mayor acceso al momento de abastecer con la leche, el tanque tiene una capacidad de procesamiento de 1000 litros de leche por ciclo.

El tanque de enfriamiento de leche opera 8 horas al día de manera continua, presenta una eficiencia global promedio del equipo (OEE) de 71.53%, debido a que tiene problemas durante su funcionamiento por motivos de desgaste en sus partes, aumentando con ello el tiempo de enfriamiento poniendo en riesgo la proliferación de bacterias que afecten la calidad del producto, ya que ésta se debe enfriar y mantenerse almacenada a una temperatura de 4° a 6°C.



*Figura 16. Tanque de enfriamiento de leche.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## b) Datos Pre test

### Dimensiones de la variable independiente TPM

#### Entorno del Trabajo

#### Exactitud de Ubicación de repuestos

Los repuestos se encuentran registrados, sin embargo, carecen de exactitud en lo que a ubicación se refiere, puesto que cuando el tanque de enfriamiento se encuentra en operación y ocurre la falla, se interviene para realizar el cambio de los repuestos teniendo como inconveniente que no se ubican con rapidez ya que no se encuentran clasificados debidamente, siendo esto pérdida de tiempo para su puesta en marcha afectando la eficiencia global del equipo (tanque de enfriamiento de leche).

*Tabla 13. Repuestos de tanque de enfriamiento de leche*

Mantenimiento	Código	Tipo de repuesto	Stock	UMB
Preventivo	601020100228	1-040-06-39679 O'RING	49	UN
Correctivo	601020100285	1536076 SOCKET TORNILLO DE CABEZA M6X20	33	UN
Correctivo	601020100308	1976115110 RESORTE COMPRESOR	40	UN
Preventivo	601020100312	200178390 PRISIONERO DE EJE 3/16"	49	UN
Preventivo	601020100318	20150072 ORING	49	UN
Preventivo	601020100355	272 027 105 RESORTES	33	UN
Correctivo	601020100391	422204 TAPON	37	UN
Preventivo	601020100482	782611303 SENSOR GR70-700MM	21	UN
Preventivo	601020100517	8838001 EMPAQUETADURA	37	UN
Preventivo	601020100521	8838573 INSERCIÓN TRAMPA	39	UN
Preventivo	703030100011	ACEITE MONOGRADO SAE40	5	GLN
Correctivo	703030100018	ACEITE P/COMPRESOR DE ESTER POLIOL 32	5	GLN
Correctivo	701010100333	ARANDELA PRESION F.N. DE 1/2"	47	UN
Correctivo	601020100668	CONECTOR DE FERULA 1 1/2"	47	UN
Correctivo	701010100033	CONECTOR DE MANGUERA 1"	34	UN
Correctivo	601020100032	EMPAQUE DE SILICONAN 2"	46	UN
Preventivo	701010100083	ESPARRAGO INOXIDABLE 5/16"	3	M
Preventivo	701010100087	ESPARRAGO INOXIDABLE M5	3	M
Preventivo	601060100699	KO 08960 O RING - 90 X 5	17	UN
Correctivo	701020600156	KO 10070 RETEN 30 - 40 5/7	16	UN
Correctivo	601060100700	KO 10504 ANILLO TEFLON 1 1/4"	18	UN
Preventivo	601060100701	KO 10555 ANILLO DE TEFLON DE 1 1/4"	39	UN

Preventivo	601060100704	KO 10765 ANILLO OBTURADOR 3"	12	UN
Correctivo	601060100705	KO 10855 ANILLO OBTURADOR 4"	11	UN
Correctivo	701010700120	NIPLE SCH-40 DE 1 1/2" X 2"	46	UN
Correctivo	601060100262	O'RING NITRILO DE 3.5 X 51MM.	37	UN
Correctivo	701010100145	PERNO INOXIDABLE 5/16" X 2"	25	UN
Preventivo	701010100410	PERNO SOCKET INOX. 1/4" X 2"	20	UN
Correctivo	701010100414	PERNO SOCKET INOX. M4 X 30	27	UN
Correctivo	701010700122	REDUCCIÓN INOXIDABLE 2X1 1/2"	32	UN
Preventivo	701010100143	TAPA DE REGISTRO MANHOLE 20 CM	46	UN
Preventivo	703030100015	VALVULA MARIPOSA DE 1 1/2"	37	UN
Correctivo	701010100389	VALVULA MARIPOSA DE 2"	28	UN

Fuente: Elaboración propia.

Según Chlebus (2015, p.4)

$$EU = \frac{\text{Repuestos ubicados correctamente}}{\text{Total de repuestos solicitados}} \times 100\%$$

Tabla 14. Exactitud de ubicación de repuestos

Exactitud de ubicación de repuestos (EU)					
Mes	N°	Semanas	Total de repuestos solicitados	Repuestos ubicados correctamente	EU (%)
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	12	6	50.00%
	2	12/10/20 - 17/10/20	9	5	55.56%
	3	19/10/20 - 24/10/20	8	7	87.50%
	4	26/10/20 - 31/10/20	7	7	100.00%
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	14	8	57.14%
	6	09/11/20 - 14/11/20	13	9	69.23%
	7	16/11/20 - 21/11/20	12	9	75.00%
	8	23/11/20 - 28/11/20	9	6	66.67%
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	9	5	55.56%
	10	07/12/20 - 12/12/20	8	6	75.00%
	11	14/12/20 - 19/12/20	10	7	70.00%
	12	21/12/20 - 26/12/20	11	7	63.64%
					68.77%

Fuente: Elaboración propia.

Se detalla en la tabla 14 el indicador “EU” se encuentra en un promedio de 68.73% en el pre test.



*Figura 17. Falta de orden en los repuestos.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 18. Repuestos clasificados indebidamente  
Fuente: Elaboración propia.*

## Exactitud de stock

Para asegurar que el mantenimiento y/o reparación del tanque de enfriamiento de leche sea eficaz, se debe tener una lectura veraz sobre los repuestos que se encuentran realmente en físico con el stock que se visualiza en el sistema, esto debido a que en algunas ocasiones se programaba el mantenimiento a la máquina y al momento de su ejecución no había stock del repuesto a cambiar, es para ello que se debe validar de manera visual y evitar así la falta de estos que originan retraso para su puesta en servicio nuevamente.

Según Chlebus (2015, p.4)

$$ES = \frac{\text{Cantidad de repuestos reales}}{\text{Cantidad de repuestos en el sistema}} \times 100\%$$

Tabla 15. Exactitud de stock de repuestos

Exactitud de Stock de repuestos (ES)					
Mes	N°	Semanas	Repuestos en el sistema	Repuestos reales	ES (%)
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	33	30	90.91%
	2	12/10/20 - 17/10/20	33	31	93.94%
	3	19/10/20 - 24/10/20	33	29	87.88%
	4	26/10/20 - 31/10/20	33	27	81.82%
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	33	25	75.76%
	6	09/11/20 - 14/11/20	33	26	78.79%
	7	16/11/20 - 21/11/20	33	31	93.94%
	8	23/11/20 - 28/11/20	33	30	90.91%
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	33	32	96.97%
	10	07/12/20 - 12/12/20	33	27	81.82%
	11	14/12/20 - 19/12/20	33	30	90.91%
	12	21/12/20 - 26/12/20	33	26	78.79%
					86.87%

Fuente: Elaboración propia.

Se detalla en la table 15 el indicador “ES”, se encuentra en un promedio de 86.87% en el pre test.





*Figura 19. Falta de stock de repuestos (1).  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 20. Falta de stock de repuestos (2).*

*Fuente: Elaboración propia.*

## Mantenimiento autónomo planificado

Se refiere a que el personal operario se sume en labores de mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche, es decir que trabajen en conjunto con personal técnico tanto en la planificación de las actividades de mantenimiento ya sean preventivos o correctivos, así como en la ejecución de estas.

Según Chlebus (2015, p.4)

$$MBT = \frac{\text{Mantenimiento por recorrido realizado}}{\text{Mantenimiento por recorrido programado}} \times 100\%$$

Tabla 16. Mantenimiento basado en el tiempo

Mantenimiento basado en el tiempo (MTBF)					
Mes	N°	Semanas	Mtto. Por recorrido programado	Mtto. Por recorrido realizado	MTBF (%)
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	3	2	66.67%
	2	12/10/20 - 17/10/20	7	5	71.43%
	3	19/10/20 - 24/10/20	6	5	83.33%
	4	26/10/20 - 31/10/20	12	10	83.33%
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	3	2	66.67%
	6	09/11/20 - 14/11/20	10	7	70.00%
	7	16/11/20 - 21/11/20	3	2	66.67%
	8	23/11/20 - 28/11/20	12	10	83.33%
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	6	3	50.00%
	10	07/12/20 - 12/12/20	7	6	85.71%
	11	14/12/20 - 19/12/20	3	2	66.67%
	12	21/12/20 - 26/12/20	15	13	86.67%
					73.37%

Fuente: Elaboración propia.

Se detalla en la tabla 16, que se tiene un nivel de ejecución promedio sobre el mantenimiento basado en el tiempo (MTBF) de 73.37%.

Se observa en la tabla 17, las 15 actividades se encuentran planificadas, sin embargo, no se ejecutan en su totalidad ya sea por motivos de falta de stock de repuestos o por no tener la exactitud de ubicación de repuestos, obstaculizando y retrasando los mantenimientos programados.

Tabla 17. Mantenimientos programados

PLAN DE MANTENIMIENTO – 2020												
AREA DE MANTENIMIENO	TANQUE DE ENFRIAMIENTO DE LECHE											
	MESES											
	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
ACTIVIDADES	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Revisión y/o cambio de válvula reguladora de presión del condensador.		E		N		E		N		E		E
Revisión y/o cambio del control de presión (presostato).			E			E			N			E
Mantenimiento al motor.	E	N	E	E	N	E	E	E	E	E	E	E
Revisión y/o cambio del aceite del reductor del agitador de 32 rpm.				E				E				N
Revisión de la válvula solenoide.		E		E		N		E		E		E
Revisión y/o cambio del gas refrigerante al condensador.			E			E			N			E
Revisión y/o cambio de empaquetadoras en juntas.				E				E				E
Revisión de la válvula de expansión termostática.	N	E	E	E	E	E	N	E	E	E	E	E

Revisión y/o cambio del control de temperatura (termostato).				N				E				E
Verificación del consumo eléctrico (amperaje) del motor agitador.		E		E		N		E		N		E
Mantenimiento al tablero del sistema eléctrico.	E	N	E	E	E	E	E	E	E	E	N	E
Revisión de válvula reguladora de presión del evaporador.			N			E			N			E
Revisión de la válvula de presión diferencial.				E				N				E
Mantenimiento a unidad condensadora (motor, ventilador).		E		E		N		E		E		E
Revisión y/o cambio de pernos de fijación.				E				E				N
Mtto. Programado.	3	7	6	12	3	10	3	12	6	7	3	15
Mtto. Ejecutado.	2	5	5	10	2	7	2	10	3	6	2	13
<b>Nivel de ejecución (%)</b>	<b>66.67%</b>	<b>71.43%</b>	<b>83.33%</b>	<b>83.33%</b>	<b>66.67%</b>	<b>70.00%</b>	<b>66.67%</b>	<b>83.33%</b>	<b>50.00%</b>	<b>85.71%</b>	<b>66.67%</b>	<b>86.67%</b>

Fuente: Elaboración propia.

E= Ejecutadas.

N= No ejecutadas.

## Trabajo estándar

Se detalla en la tabla 18, la secuencia de las operaciones que se realizan en el mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche, estas posteriormente serán evaluadas y luego clasificadas en aquellas que “agregan valor” y “no agregan valor”.

*Tabla 18. Actividades del plan de mantenimiento*

N°	ACTIVIDADES
1	Revisión y /o cambio de válvula reguladora de presión del condensador.
2	Revisión y/o cambio del control de presión (presostato).
3	Mantenimiento al motor.
4	Revisión y/o cambio del aceite del reductor del agitador de 32 rpm.
5	Revisión de la válvula solenoide.
6	Revisión y/o cambio del gas refrigerante al condensador.
7	Revisión y/o cambio de empaquetadoras en juntas.
8	Revisión de la válvula de expansión termostática.
9	Revisión y/o cambio del control de temperatura (termostato).
10	Verificación del consumo eléctrico (amperaje) del motor agitador.
11	Mantenimiento al tablero del sistema eléctrico.
12	Revisión de válvula reguladora de presión del evaporador.
13	Revisión de la válvula de presión diferencial.
14	Mantenimiento a unidad condensadora (motor, ventilador).
15	Revisión y/o cambio de pernos de fijación.

*Fuente: Elaboración propia.*

## Tiempo estándar

Este es el tiempo necesario para que el técnico para realizar cada actividad, sin embargo, actualmente no se tiene un registro debido a que no se ha realizado un estudio de tiempos anteriormente, es decir se asigna el tiempo por cada actividad de manera empírica.

## Dimensiones Variable Dependiente OEE

Para hallar la OEE del tanque de enfriamiento de leche se hará uso del historial de fallas en los meses Octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 19. Historial de fallas

REGISTRO DE FALLAS						
Mes	N°	Semanas	N° de fallas	Tiempo promedio por falla (horas)	Tiempo inactivo (horas)	Acciones tomadas
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	4	1	4	Mtto. correctivo
	2	12/10/20 - 17/10/20	2	3	6	
	3	19/10/20 - 24/10/20	2	2	4	
	4	26/10/20 - 31/10/20	3	2	6	
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	3	3	9	
	6	09/11/20 - 14/11/20	2	2	4	
	7	16/11/20 - 21/11/20	4	2	8	
	8	23/11/20 - 28/11/20	5	1	5	
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	3	1	3	
	10	07/12/20 - 12/12/20	4	2	8	
	11	14/12/20 - 19/12/20	4	2	8	
	12	21/12/20 - 26/12/20	3	3	9	
<b>Promedio</b>			<b>3.25</b>	<b>2</b>	<b>74</b>	

Fuente: Elaboración propia.

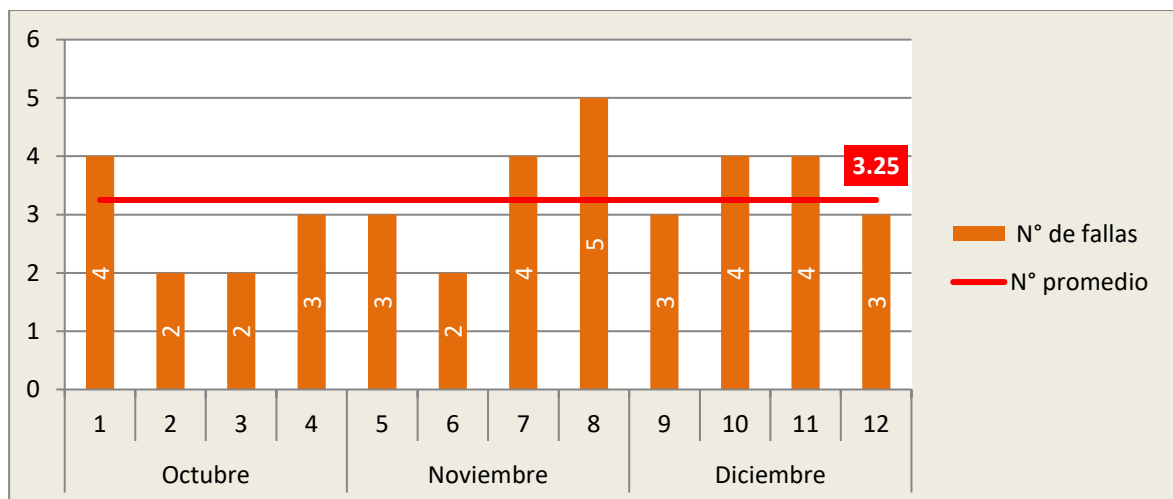


Figura 21. Historial de fallas.

Fuente: Elaboración propia

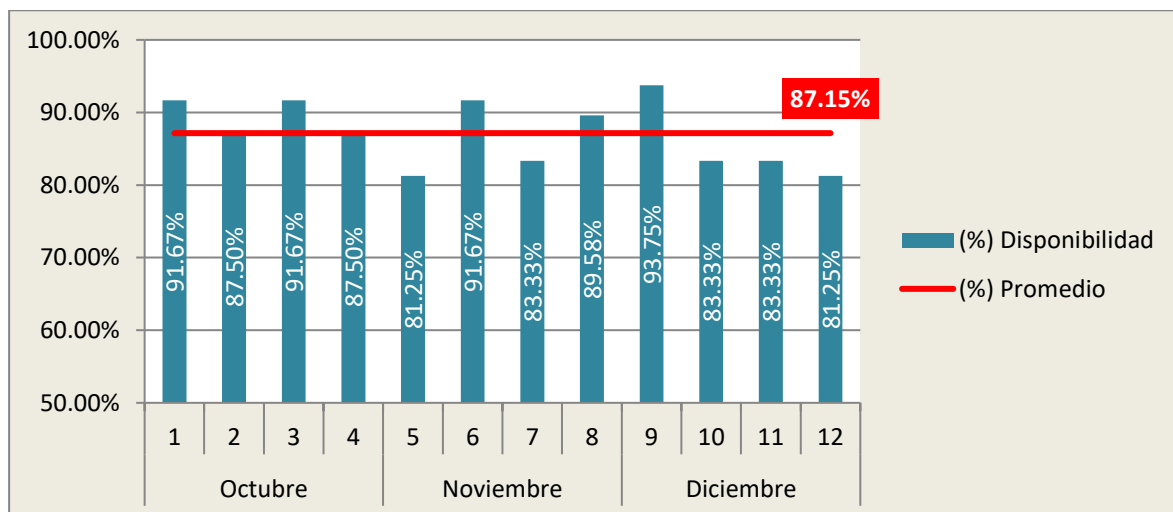
## Disponibilidad

En la tabla se detalla la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en las 12 semanas de estudio.

*Tabla 20. Disponibilidad Pre test.*

DISPONIBILIDAD								
Mes	N°	Semanas	N° de fallas	Tiempo promedio por falla (hrs.)	Tiempo inactivo (hrs.)	Tiempo Planificado (hrs.)	Tiempo disponible	Disponibilidad
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	4	1	4	48	44	91.67%
	2	12/10/20 - 17/10/20	2	3	6	48	42	87.50%
	3	19/10/20 - 24/10/20	2	2	4	48	44	91.67%
	4	26/10/20 - 31/10/20	3	2	6	48	42	87.50%
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	3	3	9	48	39	81.25%
	6	09/11/20 - 14/11/20	2	2	4	48	44	91.67%
	7	16/11/20 - 21/11/20	4	2	8	48	40	83.33%
	8	23/11/20 - 28/11/20	5	1	5	48	43	89.58%
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	3	1	3	48	45	93.75%
	10	07/12/20 - 12/12/20	4	2	8	48	40	83.33%
	11	14/12/20 - 19/12/20	4	2	8	48	40	83.33%
	12	21/12/20 - 26/12/20	3	3	9	48	39	81.25%
<b>Total</b>			<b>39</b>	<b>2</b>	<b>74</b>	<b>576</b>	<b>502</b>	<b>87.15%</b>

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 22. Disponibilidad Pre test.*

*Fuente: Elaboración propia*



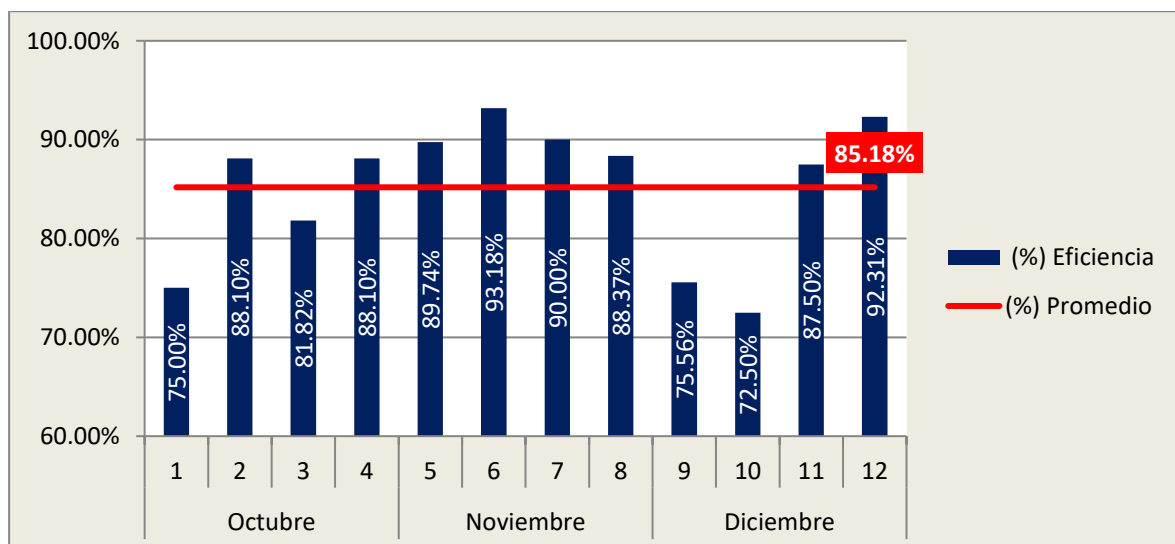
## Eficiencia

Se detalla en la table 21, la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en las 12 semanas del pre test.

*Tabla 21. Eficiencia Pre test.*

EFICIENCIA									
Mes	N°	Semanas	Tiempo de ciclo ideal			Tiempo de ciclo real			% Eficiencia
			Producción planificada (litros)	tiempo estimado (hrs.)	litros/hora	Cantidad procesada (litros)	tiempo estimado (hrs.)	litros/hora	
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	44000	44	1000	33000	44	750	75.00%
	2	12/10/20 - 17/10/20	42000	42	1000	37000	42	881	88.10%
	3	19/10/20 - 24/10/20	44000	44	1000	36000	44	818	81.82%
	4	26/10/20 - 31/10/20	42000	42	1000	37000	42	881	88.10%
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	39000	39	1000	35000	39	897	89.74%
	6	09/11/20 - 14/11/20	44000	44	1000	41000	44	932	93.18%
	7	16/11/20 - 21/11/20	40000	40	1000	36000	40	900	90.00%
	8	23/11/20 - 28/11/20	43000	43	1000	38000	43	884	88.37%
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	45000	45	1000	34000	45	756	75.56%
	10	07/12/20 - 12/12/20	40000	40	1000	29000	40	725	72.50%
	11	14/12/20 - 19/12/20	40000	40	1000	35000	40	875	87.50%
	12	21/12/20 - 26/12/20	39000	39	1000	36000	39	923	92.31%
Promedio					1000		852	85.18%	

Fuente: Elaboración propia



*Figura 23. Eficiencia Pre test.*

Fuente: Elaboración propia.

## Calidad

Se detalla en la tabla 22, la calidad del tanque de enfriamiento de leche en las 12 semanas del pre test.

Tabla 22. Dimensión de Calidad Pre test.

Calidad					
Mes	N°	Semanas	Cantidad procesada (litros)	Cantidad defectuosa (litros)	Calidad (%)
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	33000	1000	96.97%
	2	12/10/20 - 17/10/20	37000	1000	97.30%
	3	19/10/20 - 24/10/20	36000	2000	94.44%
	4	26/10/20 - 31/10/20	37000	1000	97.30%
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	35000	1000	97.14%
	6	09/11/20 - 14/11/20	41000	2000	95.12%
	7	16/11/20 - 21/11/20	36000	1000	97.22%
	8	23/11/20 - 28/11/20	38000	2000	94.74%
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	34000	1000	97.06%
	10	07/12/20 - 12/12/20	29000	1000	96.55%
	11	14/12/20 - 19/12/20	35000	1000	97.14%
	12	21/12/20 - 26/12/20	36000	1000	97.22%
<b>Promedio</b>			<b>427000</b>	<b>15000</b>	<b>96.52%</b>

Fuente: Elaboración propia.

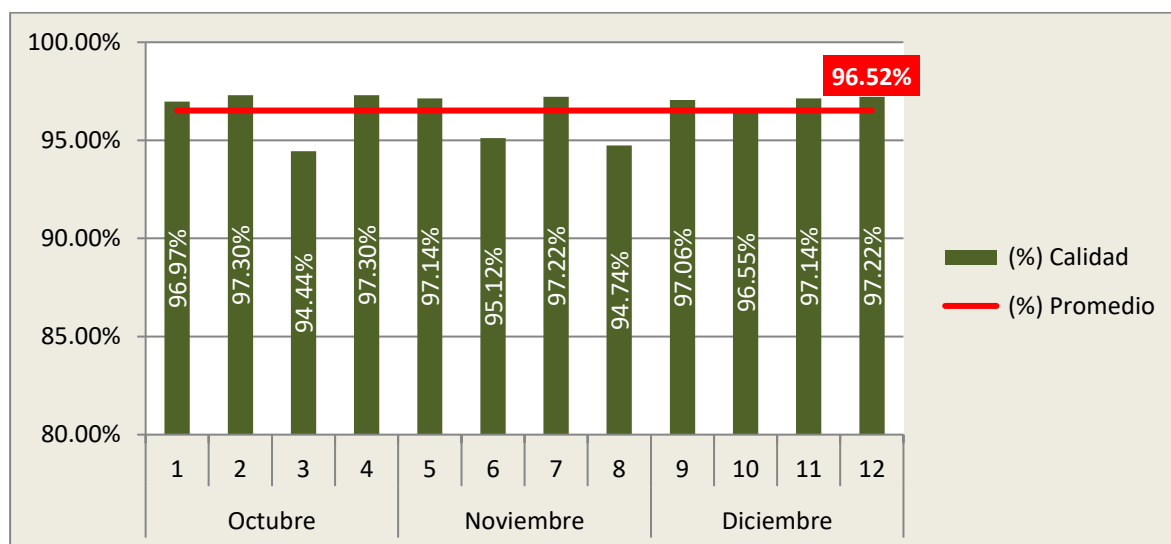


Figura 24. Dimensión de Calidad Pre test.

Fuente: Elaboración propia.

## Eficiencia global del equipo (OEE)

Para hallar la eficiencia global del equipo del “tanque de enfriamiento de leche”, se realiza el cálculo de los datos según la fórmula del autor.

Okpala (2020, p.2)

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

En la siguiente tabla se han registrado los datos antes mostrados en las tablas 20, 21, 22 respectivamente de las dimensiones que conforman la eficiencia global del equipo como son la disponibilidad, eficiencia y calidad.

*Tabla 23. Eficiencia global del equipo (OEE) Pre test.*

EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)						
Mes	N°	Semanas	Disponibilidad (%)	Eficiencia (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Octubre	1	05/10/20 - 10/10/20	91.67%	75.00%	96.97%	66.67%
	2	12/10/20 - 17/10/20	87.50%	88.10%	97.30%	75.00%
	3	19/10/20 - 24/10/20	91.67%	81.82%	94.44%	70.83%
	4	26/10/20 - 31/10/20	87.50%	88.10%	97.30%	75.00%
Noviembre	5	02/11/20 - 07/11/20	81.25%	89.74%	97.14%	70.83%
	6	09/11/20 - 14/11/20	91.67%	93.18%	95.12%	81.25%
	7	16/11/20 - 21/11/20	83.33%	90.00%	97.22%	72.92%
	8	23/11/20 - 28/11/20	89.58%	88.37%	94.74%	75.00%
Diciembre	9	30/11/20 - 05/12/20	93.75%	75.56%	97.06%	68.75%
	10	07/12/20 - 12/12/20	83.33%	72.50%	96.55%	58.33%
	11	14/12/20 - 19/12/20	83.33%	87.50%	97.14%	70.83%
	12	21/12/20 - 26/12/20	81.25%	92.31%	97.22%	72.92%
<b>Promedio</b>			<b>87.15%</b>	<b>85.18%</b>	<b>96.52%</b>	<b>71.53%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Se detalla en la tabla 23, que la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche es de 71.53%.

Así mismo se detalla en la figura 25, que el promedio actual se mantiene por debajo del promedio óptimo del 90%, este indicador es el que se quiere mejorar con la aplicación del TPM.

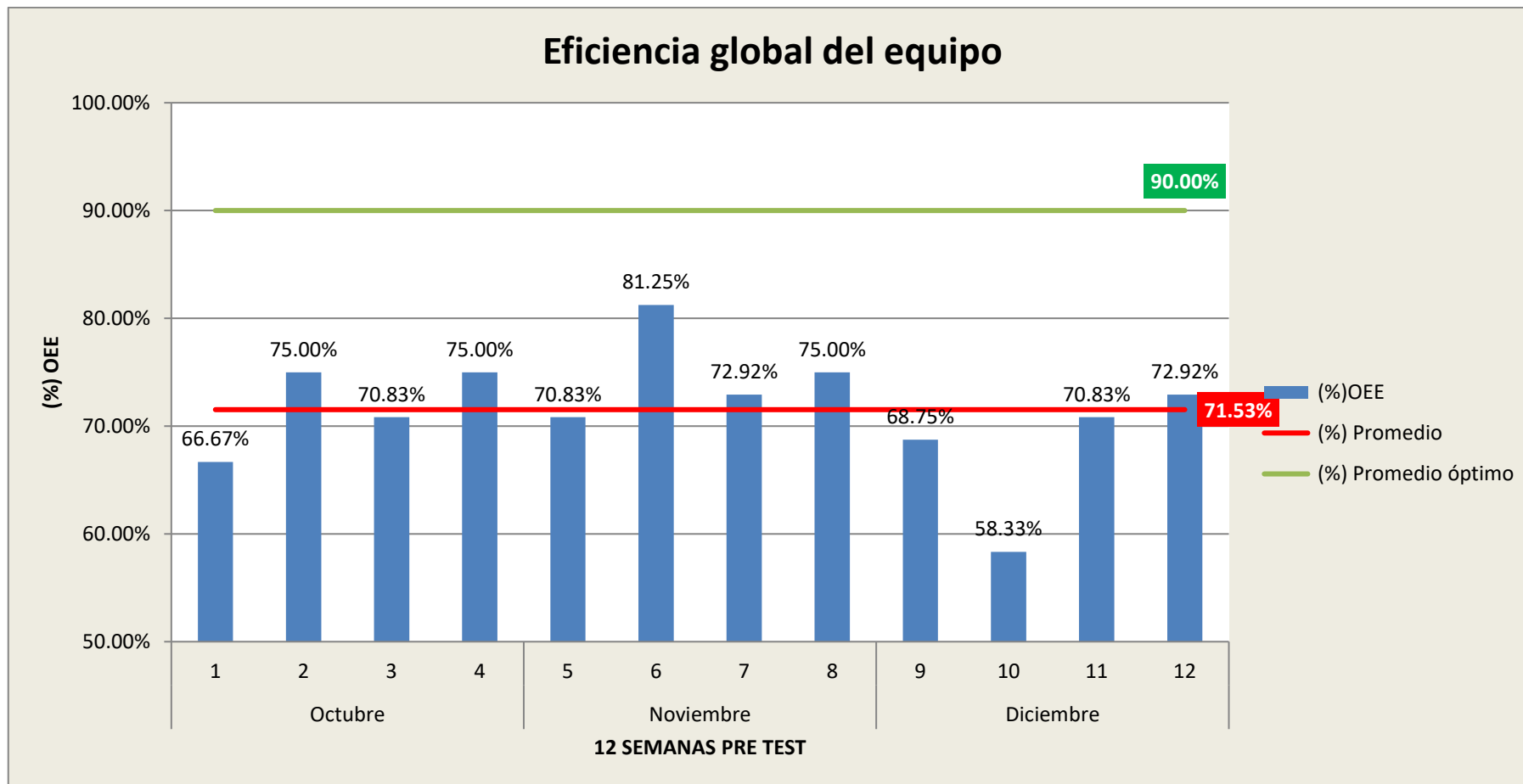


Figura 25. Eficiencia global del equipo Pre test.

Fuente: Elaboración propia.

### **c) Desarrollo de la mejora**

Según Chlebus (2015. p.3) la eficiencia global de las máquinas se puede mejorar con la aplicación TPM.

El objetivo principal del TMP es mejorar la eficiencia global de las máquinas y/o equipos a través de los siguientes puntos:

- Gestión oportuna de equipos y mantenimiento preventivo.
- Lista de operación y mantenimiento mecánico periódico para el operador.
- Incrementar la participación de los trabajadores en los procesos de la empresa.

Los pilares principales del TMP son 3: mejora del entorno de trabajo, mantenimiento autónomo y planificado y desarrollo de trabajo estándar Chlebus (2015, p.3).

La solución del problema “baja eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche”, se dará en función a las actividades programadas en la siguiente investigación.

### **Aplicación del TPM**

#### **Mejora del entorno de trabajo**

Como parte de la mejora, se gestionará los recursos y equipos, tomando como primera vía la validación de los repuestos a través del inventario, con el objetivo de tener sincronizados el stock físico sea el mismo que el stock que se encuentra registrado en el sistema, respetando el FIFO.

De igual forma habilitar racks de almacenamiento para tener una mejor exactitud de ubicación de los repuestos, con la finalidad de que al momento de solicitar algún tipo de repuesto ya sea para un mantenimiento preventivo o correctivo, programado o no programado, el repuesto sea ubicado de manera rápida para ello se designará una correcta clasificación e identificación del mismo.

## **Mantenimiento Autónomo y planificado**

Se podrá integrar al personal de producción en tareas de mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche, para ello se llevará a cabo **capacitaciones sobre las 5S** y de criterio técnico (TPM), con el fin de que los operarios adquieran conocimientos básicos sobre el correcto funcionamiento y mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche, estas capacitaciones se darán conjuntamente con personal del área de mantenimiento para realizar un “feedback”, o sea que exista una retroalimentación del conocimiento entre operarios y personal técnico.

Así mismo se **planificarán** las actividades, se implementará el **plan de mantenimiento preventivo** y se dará seguimiento a través del **control de ejecución** de los mantenimientos programados , teniendo como base los datos recolectados sobre las incidencias que ha tenido según su historial de fallas, los datos obtenidos tanto en los mantenimientos preventivos y correctivos como en los tiempos de ciclo de operación del tanque de enfriamiento de leche, estos datos serán registrados en un formato de control de fallas con el objetivo de eliminarlas con antelación.

## **Desarrollo de trabajo estándar**

Para priorizar las actividades que **agregan valor** de aquellas que “**no agregan valor**”, se debe realizar un análisis sobre la importancia que tiene la actividad y su grado de influencia que tiene ésta en el mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche.

Finalmente, se realizará un cálculo del tiempo de configuración estándar para encontrar los tiempos de configuración promedio, normal y estándar para cada operación.



### Diagrama de gantt - actividades en la aplicación de la mejora

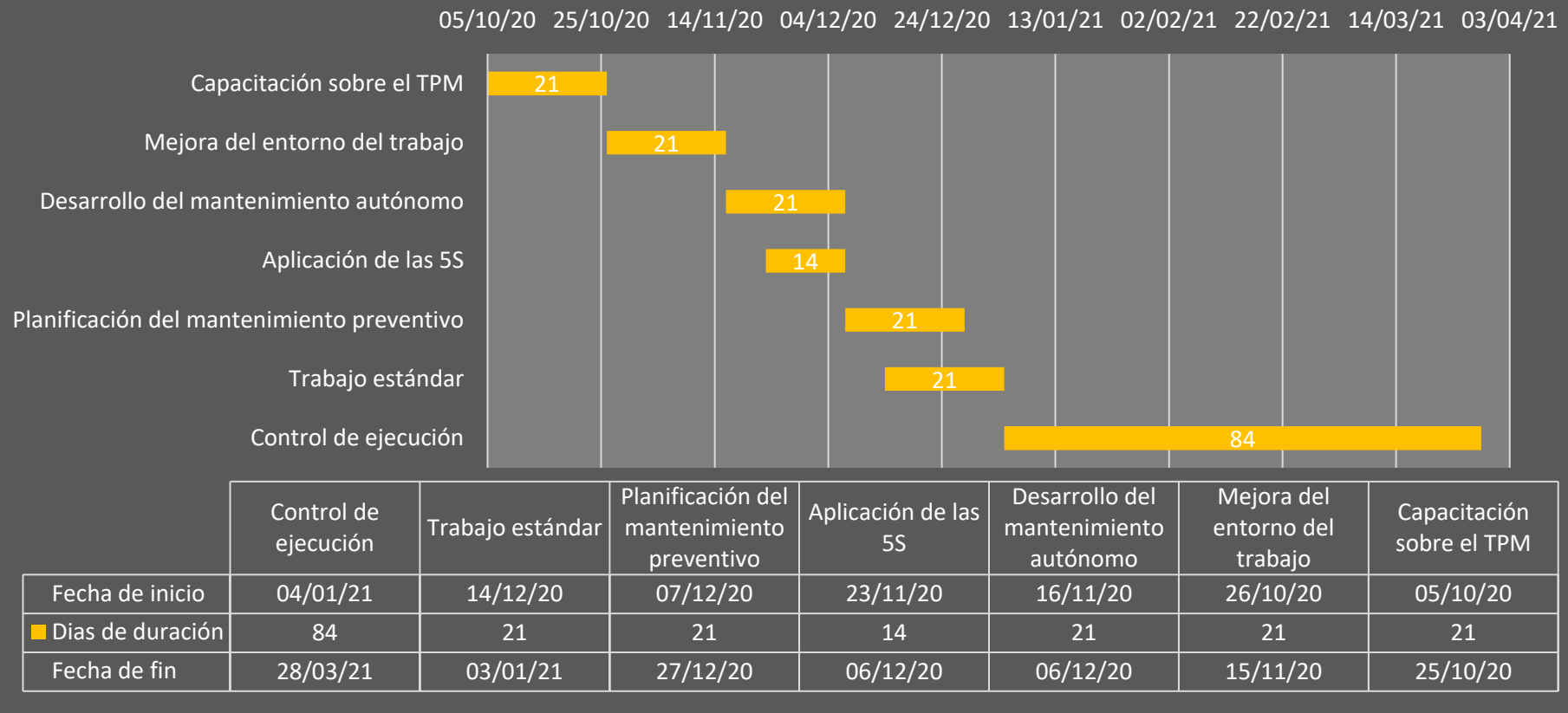


Figura 26. Diagrama de Gantt sobre actividades a realizar en la mejora.

Fuente: Elaboración propia.



## **Actividad 1: Capacitación sobre el TPM**

El 05 de octubre se presentó la propuesta al jefe de mantenimiento, para que habilite los recursos necesarios en la elaboración del proyecto, tiene objetivo de mejorar la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche, obteniendo como respuesta la aprobación de la misma.

El 06 de octubre se realizó la selección de los operarios que se integrarán en este proyecto, teniendo como referencia su desempeño en la operación del tanque de enfriamiento de leche durante el proceso de producción.

El 08 de octubre se da inicio a las capacitaciones referentes al TPM, en el cual asistieron personal técnico del área de mantenimiento y personal operario de producción.

La sesión formativa tuvo lugar en la sala de reuniones de la empresa y los horarios fueron adecuados de manera oportuna para que no exista un cruce con las actividades.

Teniendo como objetivo principal que tanto los operarios como los técnicos de mantenimiento adquieran nuevos conocimientos acerca del TPM, reforzando así de manera positiva para mejorar la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche.

Los puntos abordados en las charlas de capacitación dentro del TPM, y en los que se hizo más énfasis, fueron los siguientes:

- **Mejora del entorno del trabajo:** EU y ES de los repuestos.
- **Desarrollo del mantenimiento autónomo:** Integración del personal operario con personal técnico en labores de mantenimiento.
- **Aplicación de 5 S:** (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke).
- **Desarrollo de estándares:** Tiempo de funcionamiento.
- **Implementación del mantenimiento preventivo:** Planificación del mantenimiento preventivo.



*Figura 27. Personal recibiendo capacitación sobre TPM  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 28. Personal recibiendo capacitación sobre TPM*

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Actividad 2: Mejora del entorno del trabajo**

El 26 de octubre se inicia con la mejora del entorno del trabajo, en la primera fase se pone en práctica lo aprendido en las capacitaciones.

El TPM tiene como dimensión la mejora del entorno del trabajo y ésta depende de dos indicadores “Exactitud de ubicación de repuestos” y “Exactitud de stock”, para mejorar los indicadores antes mencionados se tomaron las siguientes acciones respectivamente:

### **A. Exactitud de ubicación de repuestos**

Las acciones a tomar para alcanzar la mejora en el indicador “EU de repuestos” fueron:

- **Limpiar el espacio** utilizado para almacenar los repuestos en el taller.
- **Ordenar los repuestos** para optimizar el espacio.
- **Identificar y etiquetar los repuestos**, para tener una ubicación exacta de éstos.



*Figura 29. Limpiar el espacio.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 30. Ordenar los repuestos.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 31. Identificar y etiquetar los repuestos*

*Fuente: Elaboración propia.*

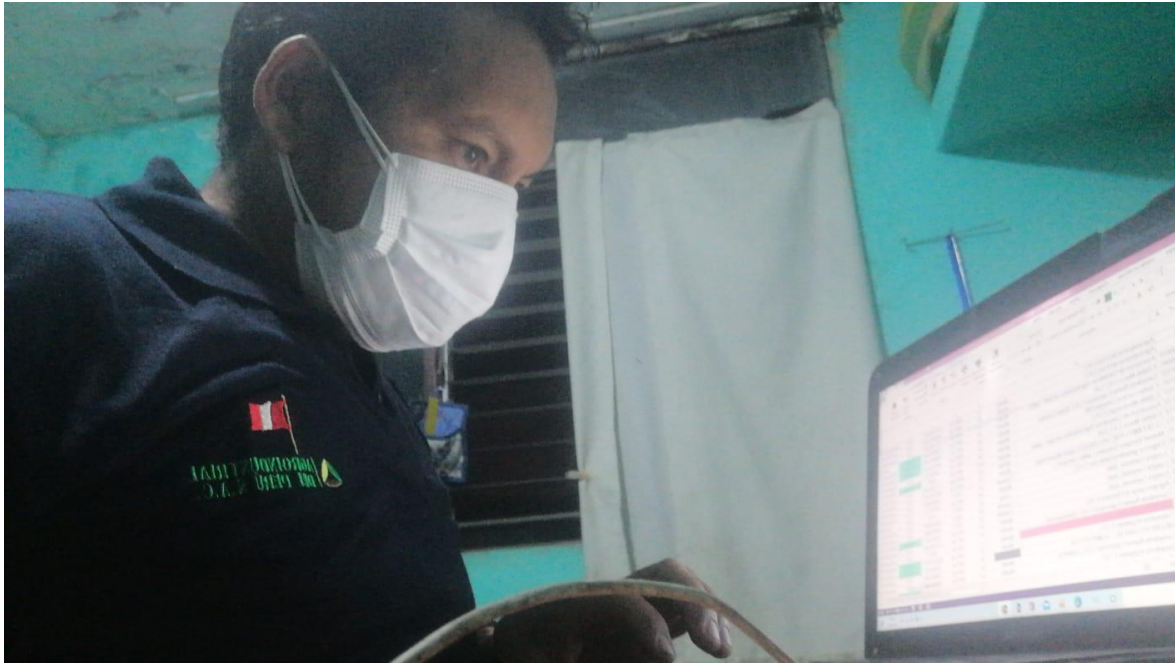
## **B. Exactitud de stock**

Las acciones a tomar para alcanzar la mejora en el indicador “Exactitud de stock”, fueron:

- **Validación de repuestos:** Se llevó a cabo un **inventario interno de los repuestos** que se tienen en el taller, donde la cantidad de número de repuestos físicos que se tienen que actualizar en el sistema para que estas sean las mismas cantidades.
- **Actualización de la base de datos** de manera periódica sobre el número de repuestos.



*Figura 32. Validación de repuestos*  
*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 33. Actualización de la base de datos*

*Fuente: Elaboración propia.*

### **Actividad 3: Desarrollo del mantenimiento Autónomo**

“Con la acogida del mantenimiento automatizado, los operadores de producción asumen tareas de mantenimiento eficientes, incluida la limpieza, así como algunos mantenimientos preventivos de rutina y, lo que es más importante, la notificación de sus necesidades.” (Cuatrecasas y Torrel, 2010, p. 130).

El 16 de noviembre se empieza con el avance del mantenimiento autónomo, en este trayecto se realiza la integración del personal operario en labores básicas de mantenimiento y de control al tanque de enfriamiento de leche, trabajar conjuntamente con el personal técnico de mantenimiento, aportando ideas y comentando las observaciones que ocurren durante el proceso, ya que es él quien opera el equipo.

Estos conocimientos son complementados con las capacitaciones recibidas anteriormente acerca del TPM, alcanzando como objetivo que el operario realice los ajustes que sean necesarios al equipo, para su óptima funcionalidad.



El “feedback” entre el personal operario y técnico acerca de la operación o mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche, es clave, ya que, a través de la retroalimentación de información, partirá la evaluación de las fallas para anticiparlas con antelación, y evitar así paradas imprevistas que no solo afectan al equipo sino al producto (leche).

El operario tiene la capacidad de realizar las siguientes acciones:

- Realizar check list del estado del equipo.
- Realizar ajustes a los dispositivos que componen el equipo.
- Reportar las fallas del equipo de forma adecuada y con criterio técnico.
- Identificar la causa raíz de las fallas.
- Realizar mantenimientos básicos al equipo (Revisiones, mediciones).



*Figura 34. Revisión del equipo por parte del operario.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 35. Reajuste del equipo antes del proceso.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 36. Identificar la causa raíz de las fallas.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 37. Realizar mantenimientos básicos al equipo*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **Actividad 4: Aplicación de las 5 S**

Para Pascal (2019, p.1-2), el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) describe la implementación de TPM con ocho pilares. TPM comienza con 5S, que organiza metódicamente el lugar de trabajo y las prácticas laborales. El enfoque de las 5S requiere una nueva filosofía y forma de trabajar. Se puede dividir en 5 fases, nombradas por 5 palabras japonesas, cada una de las cuales comienza con la letra "S" (Ordenar, Enderezar, Brillar, Estandarizar, Sostener), de ahí el nombre 5S.

El 23 de noviembre se empieza con la aplicación de las 5S, con la participación del personal operario y técnico, teniendo como finalidad mejorar las condiciones al momento de desempeñar tanto la operación como el mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche.

Las 5S son las siguientes:

- Clasificación.
- Orden.
- Limpieza.
- Estandarizar.
- Disciplina.

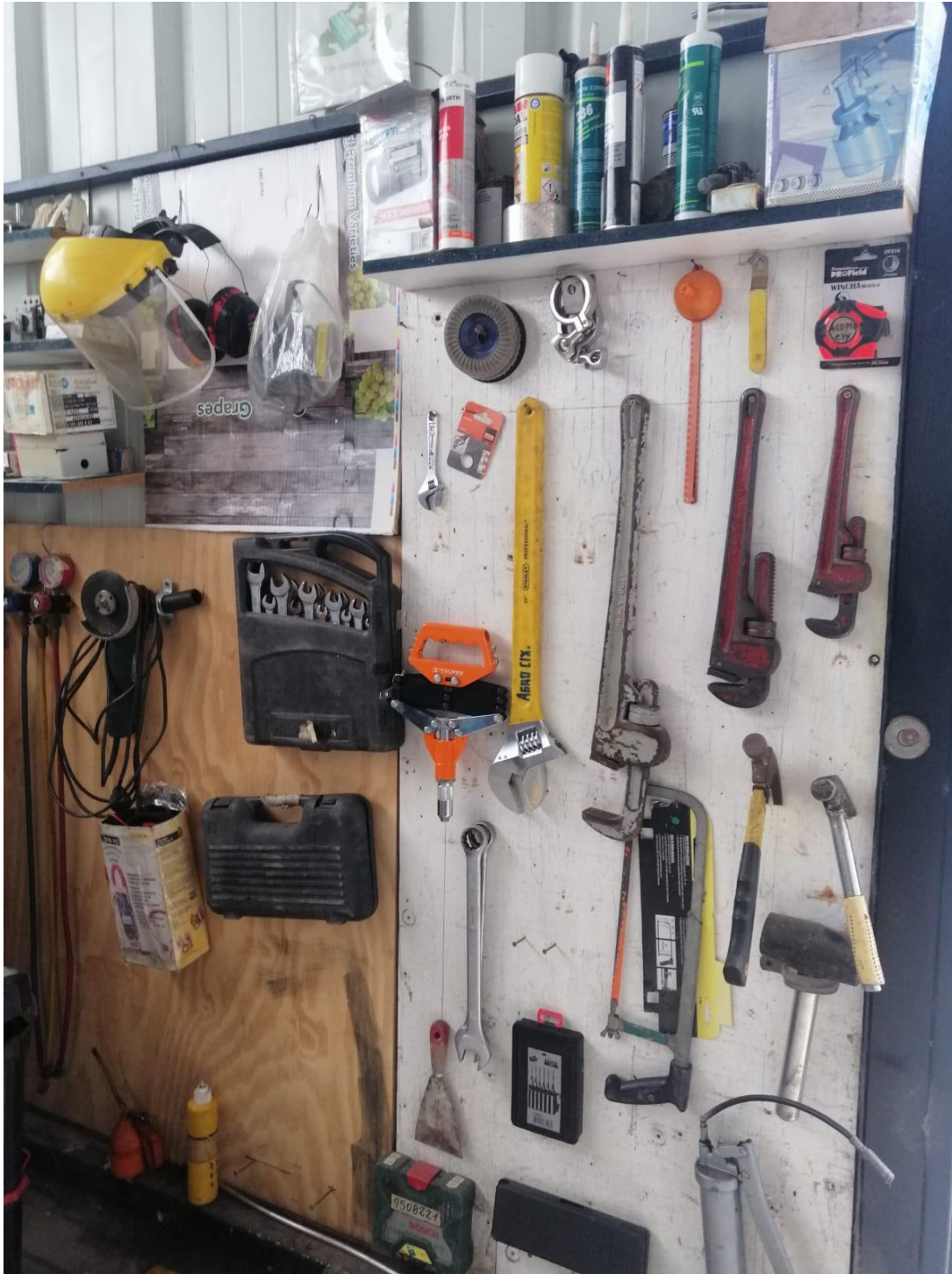
Así mismo se realiza la descripción del proceso de aplicación de las 5S antes mencionadas.

- **1S Seiri: Clasificación**

Esta primera fase se realiza en el puesto de trabajo (taller), teniendo como misión “**clasificar los repuestos y herramientas**”, para ello fue necesario identificar y separar aquellos que se emplearan en la ejecución del mantenimiento preventivo o correctivo del tanque de enfriamiento de leche. Así mismo se vio en la necesidad de realizar la creación de un formato **check list**, para verificar con antelación y de manera más rápida, que “si” se tienen disponibles los repuestos y herramientas para el mantenimiento.

De este modo, el personal a cargo del mantenimiento tiene mayor disposición de las herramientas y repuestos a usar ya que no se hallarán más elementos que los necesarios.





*Figura 39. Clasificación de repuestos.*

*Fuente: Elaboración propia.*



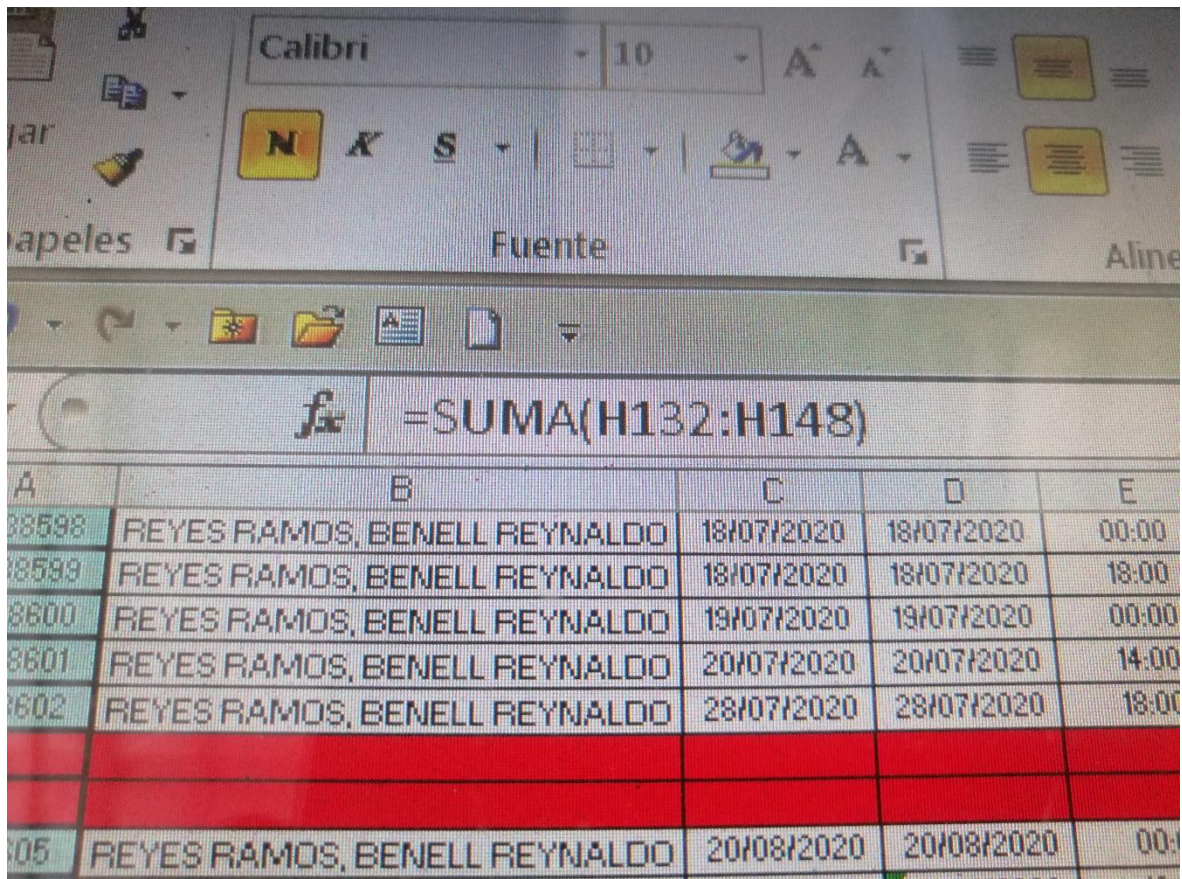


Figura 40. Clasificación de herramientas.

Fuente: Elaboración propia.

- **2S Seiton: Orden**

Esta 2S, se realiza igualmente en el taller, con el “orden de los repuestos y herramientas” que se utilizaran en el mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche, es decir situar lo necesario.

Ordenando de tal forma que exista mayor facilidad al momento de buscar un repuesto o herramienta, hallarlo de manera rápida y eficaz, de no hacerlo, se extenderá el tiempo programado para la ejecución del mantenimiento, y con ello se incrementará el tiempo estimado para la puesta en servicio nuevamente del tanque.

Por ello es muy importante ordenar los repuestos y herramientas, ya que así se podrá reducir los tiempos improductivos.

Así mismo se elaboró un formato de control que es revisado por el líder de grupo en el cambio de turno, con el objetivo de mantener el orden.



*Figura 41. Ordenando los repuestos y herramientas.*

*Fuente: Elaboración propia.*

- **3S Seiso: Limpieza**

La limpieza es un factor muy importante y debe prevalecer en todo momento, ya que toda actividad relacionada al mantenimiento u operación del tanque de enfriamiento de leche, genera residuos sólidos y líquidos, debido al desgaste y fricción que se dan en sus partes que afectan no solo al equipo sino también contamina al producto (leche) que se está procesando.

La aplicación de esta 3S “limpieza”, se realiza en el taller (puesto de trabajo) y al equipo, designando al personal de forma rotativa para su ejecución al inicio y término del turno de trabajo, ya que no basta con realizar un buen mantenimiento al tanque, si el entorno en el que se realiza no es lo adecuadamente **inocuo**, ya que el equipo procesa un producto alimenticio y por lo tal debe estar **libre de agentes contaminantes**.



*Figura 42. Realizando limpieza en el lugar de trabajo.*

Fuente: Elaboración propia.

- **4S Seiketsu: Estandarizar**

La aplicación de la 4S “estandarizar” consta específicamente en el control de cumplimiento de las 3S mencionadas anteriormente (clasificación, orden y limpieza).

Es por ello que en el taller se ha establecido formatos de control con el fin de señalar y diferenciar una situación inusual de las ya establecidas por las 3S, implantar nuevos hábitos de trabajo para prevenir la desorganización, desorden y suciedad, a través de la estandarización de nuevas normas que puedan identificar este tipo de situaciones.

<b>Empresa:</b>				<b>Fecha:</b>
<b>Tipo de mantenimiento:</b>				
<b>Procedimiento de orden / limpieza</b>				
<b>Equipo:</b> Tanque enfriamiento de leche				Duración: 30 minutos
<b>Actividades</b>			<b>Si</b>	<b>No</b>
<b>Observaciones</b>				
1.- Limpiar el área de trabajo.				
2.- Bloquear el equipo.				
3.- Limpiar residuos de grasa y polvo del equipo.				
4.- Sopletear el tablero eléctrico de mando y control.				
5.- Limpiar el cableado eléctrico.				
6.- Limpiar el motor (parte externa).				
7.- Limpiar el agitador para evitar contaminación.				
8.- limpiar el tanque de refrigeración.				
9.- Limpiar el ventilador de la unidad condensadora.				
10.- Limpiar el asiento de las válvulas de cierre.				
11.- Limpiar la válvula solenoide.				
12.- Ordenar el área de trabajo.				
13.- Clasificar las herramientas a usar en la operación.				
14.- Ordenar las herramientas para el reajuste.				
15.- Inspección general del equipo.				
16.- Desbloquear el equipo.				
			<b>Inicio:</b>	<b>fin:</b>
Realizado por: _____				

*Figura 43. Normas establecidas en el taller*

*Fuente: Elaboración propia*

- **5S Shitsuke: Disciplina**

La aplicación de la 5S “disciplina”, se debe realizar de manera rigurosa, de no ser el caso las 4S mencionadas anteriormente no se sostendrían en el tiempo.

Mantener la disciplina entre el personal técnico y operario es muy importante, ya que de ahí dependerá el éxito de las 4S aplicadas anteriormente, sin embargo, se tuvo muchas complicaciones puesto que en varias ocasiones les era muy difícil mantenerse, sobre todo al personal operario.

A pesar de ello se logró alcanzar en comportamiento mesurado, tomando conciencia que los trabajos que se realizan al tanque de enfriamiento de leche, exponen al personal a sufrir algún tipo de accidente de no tomar las medidas necesarias del caso.



*Figura 44. Disciplina en el personal.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Actividad 5: Planificación del mantenimiento preventivo**

Según Cuatrecasas y Torrel (2010, p. 189) es un conjunto sistemático de operaciones de mantenimiento programadas diseñadas para acercar gradualmente su instalación de producción a los objetivos de TPM: cero fallas, cero defectos, sin desperdicio y sin problemas.

El 07 de diciembre se empieza con la planificación del mantenimiento preventivo, la cual tiene por objetivo optimizar de manera eficiente el tiempo de trabajo del operario durante el mantenimiento y el tiempo de trabajo del equipo durante su operación en el proceso de enfriamiento de leche.

Para ello se toma como relación la base de datos, con el fin de ajustar los tiempos en la planificación, en base al número de frecuencias que se ha intervenido el tanque.

Así mismo tomar como soporte la experiencia de los técnicos para realizar los ajustes necesarios en función a los tiempos que se emplean para realizar los mantenimientos, de tal manera que la planificación, programación y ejecución de estos, no afecten el proceso.

Las acciones que se llevaron a cabo para la planificación del mantenimiento preventivo fueron las siguientes:

- Revisar la frecuencia con que se realizan los trabajos de mantenimiento (base de datos: pre test).
- Modificar el tiempo de duración de los trabajos de mantenimiento (base de datos: pre test).

La planificación del mantenimiento preventivo, consta de 10 actividades, puesto que se han retirado 5 debido a que han sido seleccionadas en la categoría de “no agregan valor”.

En la tabla 23, se muestra la programación de la planificación del programa preventivo del tanque de enfriamiento de leche.

Tabla 25. Planificación del mantenimiento preventivo.

PLAN DE MANTENIMIENTO – 2021												
AREA DE MANTENIMIENTO	TANQUE DE ENFRIAMIENTO DE LECHE											
	MESES											
ACTIVIDADES	ENERO				FEBRERO				MARZO			
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Revisión y/o cambio del control de presión (presostato).		P		P		P		P		P		P
Revisión y/o cambio del aceite del reductor del agitador de 32 rpm.				P				P				P
Revisión y/o cambio del gas refrigerante al condensador.	P		P		P		P		P		P	
Revisión y/o cambio de empaquetaduras en juntas.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Revisión y/o cambio del control de temperatura (termostato).		P		P		P		P		P		P
Verificación del consumo eléctrico (amperaje) del motor agitador.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Mantenimiento al tablero del sistema eléctrico.	P		P		P		P		P		P	
Revisión de la válvula de presión diferencial.		P		P		P		P		P		P
Mantenimiento a unidad condensadora (motor, ventilador).				P				P				P
Revisión y/o cambio de pernos de fijación.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Fuente: Elaboración propia.

P = Programado.



## **Actividad 6: Trabajo estándar**

En el trabajo estándar se define la secuencia de las actividades que se realizan durante el mantenimiento del tanque de enfriamiento de leche, con el objetivo que el mantenimiento se realice manera más eficaz y que el orden de su ejecución quede establecido; para ello se evalúan las actividades que “agregan valor” al mantenimiento de aquellas que “no agregan valor”.

Las operaciones que agregan valor se refiere a aquellas actividades que son de mayor prioridad y se pueden realizar sin mucha demanda de tiempo en un “mantenimiento preventivo”.

Por otro lado, las actividades que no agregan valor son importantes de igual medida, pero tienen menor prioridad y demandan de mucho tiempo para su ejecución, por lo cual estas actividades deben programarse en un “mantenimiento correctivo programado”.

Así mismo se establece el tiempo estándar de cada una de las actividades para hallar un tiempo promedio, estableciendo de igual forma el suplemento (tolerancia), durante el mantenimiento.

El 14 de diciembre se inicia con la aplicación del trabajo estándar, llevando a cabo las siguientes acciones:

- Se realiza la evaluación de las actividades que “agregan valor” de aquellas que “no agregan valor”.
- Se realiza la toma de tiempos por cada actividad que se realiza en el mantenimiento, para hallar el tiempo estándar.
- Se forman 4 grupos de 2 personas (1 técnico, 1 operario).
- Se establecen las actividades y el tiempo de ejecución, consolidando el trabajo estándar.

En la siguiente tabla 26, se evalúan las siguientes actividades.

*Tabla 26. Actividades que agregan valor*

N°	ACTIVIDADES	AGREGAN VALOR	
		SI	NO
1	Revisión y/o cambio de válvula reguladora de presión del condensador.		
2	Revisión y/o cambio del control de presión (presostato).		
3	Mantenimiento al motor.		
4	Revisión y/o cambio del aceite del reductor del agitador de 32 rpm.		
5	Revisión de la válvula solenoide.		
6	Revisión y/o cambio del gas refrigerante al condensador.		
7	Revisión y/o cambio de empaquetadoras en juntas.		
8	Revisión de la válvula de expansión termostática.		
9	Revisión y/o cambio del control de temperatura (termostato).		
10	Verificación del consumo eléctrico (amperaje) del motor agitador.		
11	Mantenimiento al tablero del sistema eléctrico.		
12	Revisión de válvula reguladora de presión del evaporador.		
13	Revisión de la válvula de presión diferencial.		
14	Mantenimiento a unidad condensadora (motor, ventilador).		
15	Revisión y/o cambio de pernos de fijación.		

*Fuente: Elaboración propia.*

Se detalla en la tabla 26, el número de actividades para el mantenimiento son 15, de las cuales se han suprimido 5 actividades, ya que según la evaluación de los técnicos “no agregan valor” siendo de menor prioridad y por ello se deben programar en un posterior mantenimiento correctivo.

Se realiza la evaluación del índice de actividades que agregan valor, aplicando la fórmula según Chlebus (2015, p.4):

$$IAAV = \frac{AAV - AV \text{ no VALOR}}{\sum TA}$$

IAAV= Índice de actividades que agregan valor.

AAV= Actividades que agregan valor.

AV no VALOR= Actividades que no agregan valor.

$\sum TA$  = Todas las actividades.

Reemplazando los valores de la tabla 24:

$$IAAV = \frac{10 - 5}{15}$$
$$IAAV = \mathbf{33\%}$$

Este resultado será relevante para el posterior planteamiento de las actividades en el post test, programadas para el mantenimiento.

Así mismo, se calcula el "tiempo estándar" de las actividades, su factor de actuación y su suplemento (tolerancia), utilizando las siguientes fórmulas:

- Tiempo Promedio =  $\sum$  Tiempos Observados / Número de Observaciones
- Tiempo Normal = Tiempo Promedio x Factor de actuación
- Tiempo estándar = T. Normal x (1 + % de tolerancia/100)

Los valores dados en lo que respecta al factor de actuación y al suplemento se refieren:

Valor de actuación = 90%.

El valor de actuación se refiere a la efectividad de los operarios en realizar la ejecución de las actividades.

Suplementos = 15%.

Dentro del suplemento se encuentran las necesidades del personal, la fatiga ocasionada por el trabajo y la limpieza del equipo.

De las cuales se reemplazan los valores obtenidos en la toma de tiempos, como ejemplo se realiza el cálculo de la primera actividad “Revisión y/o cambio del control de presión (presostato)” de la tabla 25.

- Tiempo Promedio =  $\sum$  Tiempos Observados / Número de Observaciones  
= 122 min / 4 = **31min.**

- Tiempo Normal = Tiempo Promedio ( Factor de Actuación)  
= 31 min. \* 90/100 = **27 min.**

- Tiempo Estándar = Tiempo Normal( 1 + % de suplementos/100)  
= 27 min. (1 + 15/100) = **32 min.**

Obteniendo el tiempo total de las actividades, un tiempo estándar de **407** minutos.

En la siguiente tabla 25, se registran el tiempo en la ejecución en las 10 actividades del mantenimiento preventivo.

Tabla 27. Tiempo estándar

N°	ACTIVIDADES	Tiempo observado en minutos				Tiempo promedio	Tiempo normal	TIEMPO ESTÁNDAR
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	T.P	TN= T.P*F.A	TE=TN*(1+S)
1	Revisión y/o cambio del control de presión (presostato).	34	28	30	30	31	27	32
2	Revisión y/o cambio del aceite del reductor del agitador de 32 rpm.	35	31	30	33	32	29	33
3	Revisión y/o cambio del gas refrigerante al condensador.	30	26	33	38	32	29	33
4	Revisión y/o cambio de empaquetadoras en juntas.	25	22	20	27	24	21	24
5	Revisión y/o cambio del control de temperatura (termostato).	27	31	35	30	31	28	32
6	Verificación del consumo eléctrico (amperaje) del motor agitador.	24	18	22	26	23	20	23
7	Mantenimiento al tablero del sistema eléctrico.	36	28	30	33	32	29	33
8	Revisión de la válvula de presión diferencial.	40	32	30	30	33	30	34
9	Mantenimiento a unidad condensadora (motor, ventilador).	130	140	130	135	134	120	138
10	Revisión y/o cambio de pernos de fijación.	27	20	22	24	23	21	24
	<b>Tiempo total</b>	<b>408</b>	<b>376</b>	<b>382</b>	<b>406</b>	<b>393</b>	<b>353.7</b>	<b>407</b>
F.A = Factor de actuación = 90%		* Cabe indicar que se formaron 4 grupos de trabajo (1 técnico y 1 operario), obteniendo un tiempo estándar de 407 minutos.						
S = Suplementos = 15%								

Fuente: Elaboración propia.

**Actividad 7: Control de ejecución**

*Tabla 28. Control de ejecución*

PLAN DE MANTENIMIENTO – 2021												
AREA DE MANTENIMIENTO	TANQUE DE ENFRIAMIENTO DE LECHE											
	MESES											
ACTIVIDADES	ENERO				FEBRERO				MARZO			
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Revisión y/o cambio del control de presión (presostato).		E		E		E		E		E		E
Revisión y/o cambio del aceite del reductor del agitador de 32 rpm.				E				E				E
Revisión y/o cambio del gas refrigerante al condensador.	E		E		E		E		E		E	
Revisión y/o cambio de empaquetaduras en juntas.	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Revisión y/o cambio del control de temperatura (termostato).		E		E		E		E		E		E
Verificación del consumo eléctrico (amperaje) del motor agitador.	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

Mantenimiento al tablero del sistema eléctrico.	E		E		E		E		E		E	
Revisión de la válvula de presión diferencial.		E		E		E		E		E		E
Mantenimiento a unidad condensadora (motor, ventilador).				E				E				E
Revisión y/o cambio de pernos de fijación.	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Mtto. programado	5	6	5	8	5	6	5	8	5	6	5	8
Mtto. ejecutado	5	6	5	8	5	6	5	8	5	6	5	8
<b>Nivel de ejecución (%)</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

E = Ejecutado.

Se detalla en la tabla de control de ejecución, el cumplimiento de las actividades se desarrollan en su totalidad, por tal motivo alcanza un 100% en el nivel de ejecución.

#### d) Datos Post test

#### Dimensiones de la variable independiente TPM

#### Entorno del Trabajo

#### Exactitud de Ubicación de repuestos

En la dimensión, entorno del trabajo, se muestra los datos reflejados en el indicador “Exactitud de ubicación de repuestos”, después de la aplicación del TPM en las 12 semanas de estudio.

*Tabla 29. Exactitud de ubicación de repuestos*

Exactitud de ubicación de repuestos (EU)					
Mes	N°	Semanas	Total de repuestos solicitados	Repuestos ubicados correctamente	EU (%)
Enero	1	04/01/21 - 10/01/21	8	7	87.50%
	2	11/01/21 - 17/01/21	11	10	90.91%
	3	18/01/21 - 24/01/21	10	10	100.00%
	4	25/01/21 - 31/01/21	12	11	91.67%
Febrero	5	01/01/21 - 07/02/21	9	9	100.00%
	6	08/02/21 - 14/02/21	8	7	87.50%
	7	15/02/21 - 21/02/21	7	7	100.00%
	8	22/02/21 - 28/02/21	14	12	85.71%
Marzo	9	01/02/21 - 07/03/21	8	7	87.50%
	10	08/03/21 - 14/03/21	11	10	90.91%
	11	15/03/21 - 21/03/21	13	12	92.31%
	12	22/03/21 - 28/03/21	10	9	90.00%
<b>Promedio</b>					<b>92%</b>

*Fuente: Elaboración propia.*



## Exactitud de stock

Tabla 30. Exactitud de stock

Exactitud de Stock de repuestos (ES)					
Mes	N°	Semanas	Repuestos en el sistema	Repuestos reales	ES (%)
Enero	1	04/01/21 - 10/01/21	33	32	96.97%
	2	11/01/21 - 17/01/21	33	32	96.97%
	3	18/01/21 - 24/01/21	33	30	90.91%
	4	25/01/21 - 31/01/21	33	32	96.97%
Febrero	5	01/01/21 - 07/02/21	33	31	93.94%
	6	08/02/21 - 14/02/21	33	33	100.00%
	7	15/02/21 - 21/02/21	33	30	90.91%
	8	22/02/21 - 28/02/21	33	33	100.00%
Marzo	9	01/02/21 - 07/03/21	33	33	100.00%
	10	08/03/21 - 14/03/21	33	33	100.00%
	11	15/03/21 - 21/03/21	33	32	96.97%
	12	22/03/21 - 28/03/21	33	31	93.94%
<b>Promedio</b>					<b>96%</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Mantenimiento autónomo planificado

Tabla 31. Mantenimiento basado en el tiempo

Mantenimiento basado en el tiempo (MTBF)					
Mes	N°	Semanas	Mtto. Por recorrido programado	Mtto. Por recorrido realizado	MTBF (%)
Enero	1	04/01/21 - 10/01/21	5	5	100%
	2	11/01/21 - 17/01/21	6	6	100%
	3	18/01/21 - 24/01/21	5	5	100%
	4	25/01/21 - 31/01/21	8	8	100%
Febrero	5	01/01/21 - 07/02/21	5	5	100%
	6	08/02/21 - 14/02/21	6	6	100%
	7	15/02/21 - 21/02/21	5	5	100%
	8	22/02/21 - 28/02/21	8	8	100%
Marzo	9	01/02/21 - 07/03/21	5	5	100%
	10	08/03/21 - 14/03/21	6	6	100%
	11	15/03/21 - 21/03/21	5	5	100%
	12	22/03/21 - 28/03/21	8	8	100%
<b>Promedio</b>					<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

## Trabajo estándar

En la dimensión, trabajo estándar, se muestra los datos obtenidos en el indicador “Índice de actividades que agregan valor”, así como su respectivo tiempo estándar después de la aplicación del TPM.

Según Chlebus (2015, p.4):

$$IAAV = \frac{AAV - AV \text{ no VALOR}}{\sum TA}$$

Reemplazando los valores:

$$IAAV = \frac{10 - 0}{10} = 100\%$$

Alcanza el 100% ya que, en este nuevo planteamiento, ya “no existen actividades que NO agreguen valor”, ya que fueron suprimidas en la aplicación del TPM.

*Tabla 32. Actividades que agregan valor*

N°	ACTIVIDADES	TIEMPO ESTÁNDAR (minutos)
		TE=TN*(1+S)
1	Revisión y/o cambio del control de presión (presostato).	32
2	Revisión y/o cambio del aceite del reductor del agitador de 32 rpm.	33
3	Revisión y/o cambio del gas refrigerante al condensador.	33
4	Revisión y/o cambio de empaquetadoras en juntas.	24
5	Revisión y/o cambio del control de temperatura (termostato).	32
6	Verificación del consumo eléctrico (amperaje) del motor agitador.	23
7	Mantenimiento al tablero del sistema eléctrico.	33
8	Revisión de la válvula de presión diferencial.	34
9	Mantenimiento a unidad condensadora (motor, ventilador).	138
10	Revisión y/o cambio de pernos de fijación.	24
	<b>Tiempo total</b>	<b>407</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## Dimensiones Variable Dependiente OEE

### Disponibilidad

En la dimensión, disponibilidad, se muestra los Post en las 12 semana de estudio.

Tabla 33. Disponibilidad Post test.

DISPONIBILIDAD - APLICACIÓN TPM								
Mes	N°	Semanas	N° de fallas	Tiempo promedio por falla (hrs.)	Tiempo inactivo (hrs.)	Tiempo Planificado (hrs.)	Tiempo disponible	Disponibilidad
Enero	1	05/10/20 - 10/10/20	0	0	0	48	48	100.00%
	2	12/10/20 - 17/10/20	1	1	1	48	47	97.92%
	3	19/10/20 - 24/10/20	0	0	0	48	48	100.00%
	4	26/10/20 - 31/10/20	1	1	1	48	47	97.92%
Febrero	5	02/11/20 - 07/11/20	2	1	2	48	46	95.83%
	6	09/11/20 - 14/11/20	1	1	1	48	47	97.92%
	7	16/11/20 - 21/11/20	2	1	2	48	46	95.83%
	8	23/11/20 - 28/11/20	1	1	1	48	47	97.92%
Marzo	9	30/11/20 - 05/12/20	2	1	2	48	46	95.83%
	10	07/12/20 - 12/12/20	1	1	1	48	47	97.92%
	11	14/12/20 - 19/12/20	0	0	0	48	48	100.00%
	12	21/12/20 - 26/12/20	1	1	1	48	47	97.92%
<b>Total</b>			<b>12</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>576</b>	<b>564</b>	<b>97.92%</b>

Fuente: Elaboración propia

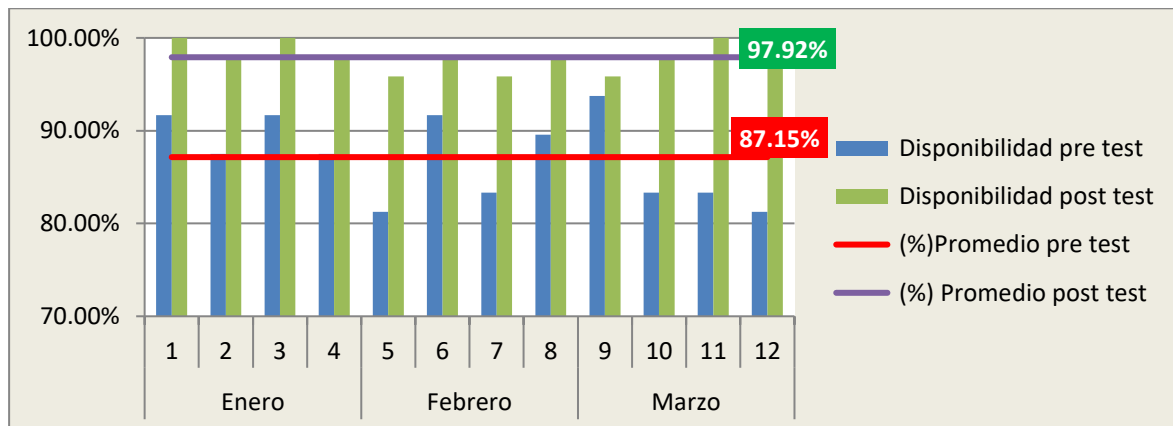


Figura 45. Disponibilidad Post test.

Fuente: Elaboración propia

## Eficiencia

En la dimensión, eficiencia, se muestra los datos Post en las 12 semanas de estudio.

Tabla 34. Eficiencia Post test.

EFICIENCIA - APLICACIÓN TPM									
Mes	N°	Semanas	Tiempo de ciclo ideal			Tiempo de ciclo real			% Eficiencia
			Producción planificada (litros)	tiempo estimado (hrs.)	litros/hora	Cantidad procesada (litros)	tiempo estimado (hrs.)	litros/hora	
Enero	1	05/10/20 - 10/10/20	48000	48	1000	48000	48	1000	100.00%
	2	12/10/20 - 17/10/20	47000	47	1000	46000	47	979	97.87%
	3	19/10/20 - 24/10/20	48000	48	1000	48000	48	1000	100.00%
	4	26/10/20 - 31/10/20	47000	47	1000	46000	47	979	97.87%
Febrero	5	02/11/20 - 07/11/20	46000	46	1000	44000	46	957	95.65%
	6	09/11/20 - 14/11/20	47000	47	1000	46000	47	979	97.87%
	7	16/11/20 - 21/11/20	46000	46	1000	44000	46	957	95.65%
	8	23/11/20 - 28/11/20	47000	47	1000	46000	47	979	97.87%
Marzo	9	30/11/20 - 05/12/20	46000	46	1000	44000	46	957	95.65%
	10	07/12/20 - 12/12/20	47000	47	1000	46000	47	979	97.87%
	11	14/12/20 - 19/12/20	48000	48	1000	48000	48	1000	100.00%
	12	21/12/20 - 26/12/20	47000	47	1000	46000	47	979	97.87%
<b>Promedio</b>					<b>12000</b>			<b>11742</b>	<b>97.85%</b>

Fuente: Elaboración propia

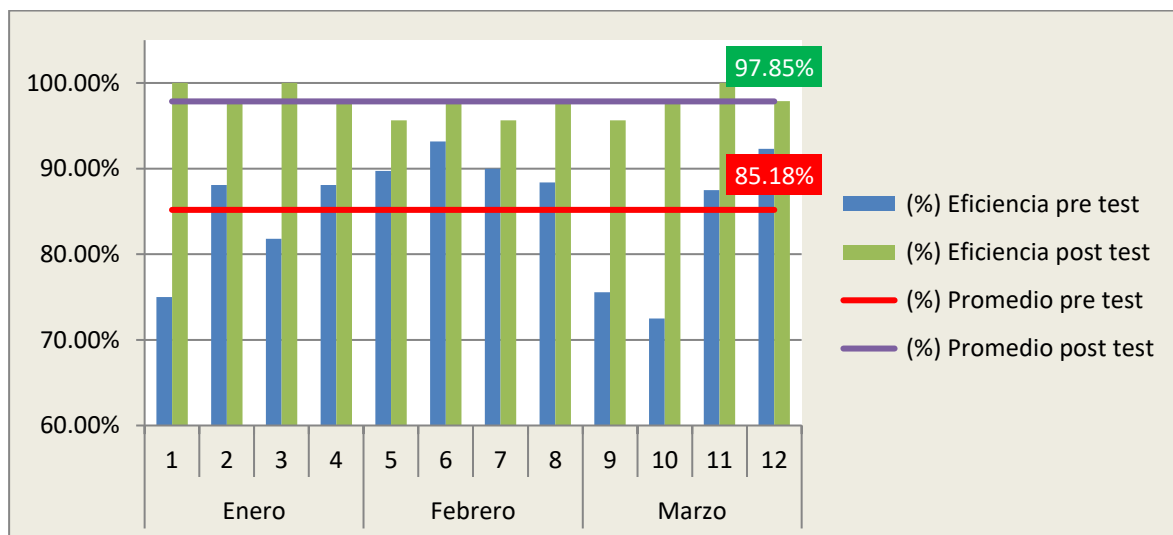


Figura 46. Eficiencia Post test.

Fuente: Elaboración propia

## Calidad

En la dimensión, calidad, se muestra los datos Post en las 12 semanas de estudio.

Tabla 35. Calidad Post test.

CALIDAD - APLICACIÓN TPM					
Mes	N°	Semanas	Cantidad procesada (litros)	Cantidad defectuosa (litros)	Calidad (%)
Enero	1	05/10/20 - 10/10/20	48000	0	100.00%
	2	12/10/20 - 17/10/20	46000	200	99.57%
	3	19/10/20 - 24/10/20	48000	0	100.00%
	4	26/10/20 - 31/10/20	46000	200	99.57%
Febrero	5	02/11/20 - 07/11/20	44000	300	99.32%
	6	09/11/20 - 14/11/20	46000	200	99.57%
	7	16/11/20 - 21/11/20	44000	500	98.86%
	8	23/11/20 - 28/11/20	46000	300	99.35%
Marzo	9	30/11/20 - 05/12/20	44000	200	99.55%
	10	07/12/20 - 12/12/20	46000	200	99.57%
	11	14/12/20 - 19/12/20	48000	0	100.00%
	12	21/12/20 - 26/12/20	46000	200	99.57%
<b>Promedio</b>			<b>46000</b>	<b>192</b>	<b>99.58%</b>

Fuente: Elaboración propia

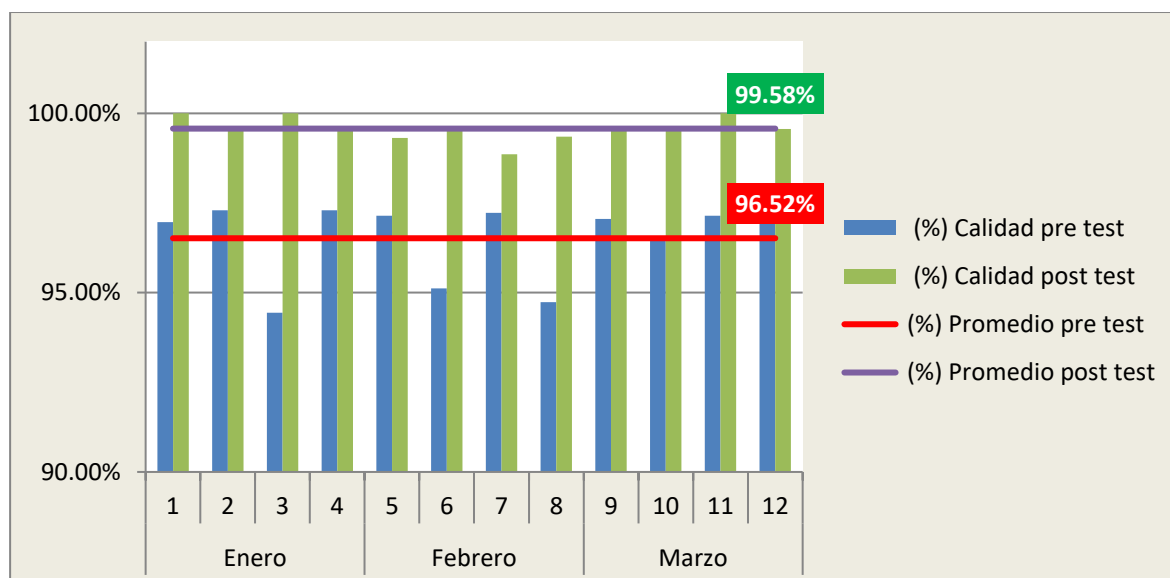


Figura 47. Calidad Post test.

Fuente: Elaboración propia

## Eficiencia global del equipo (OEE)

Se han registrado los datos las tablas 33, 34, 35 respectivamente de las dimensiones que conforman la eficiencia global del equipo reflejados en la tabla 36.

*Tabla 36. Eficiencia global del equipo (OEE) Post test.*

EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (OEE) - APLICACIÓN TPM						
Mes	N°	Semanas	Disponibilidad (%)	Eficiencia (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Enero	1	05/10/20 - 10/10/20	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	2	12/10/20 - 17/10/20	97.92%	97.87%	99.57%	95.42%
	3	19/10/20 - 24/10/20	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	4	26/10/20 - 31/10/20	97.92%	97.87%	99.57%	95.42%
Febrero	5	02/11/20 - 07/11/20	95.83%	95.65%	99.32%	91.04%
	6	09/11/20 - 14/11/20	97.92%	97.87%	99.57%	95.42%
	7	16/11/20 - 21/11/20	95.83%	95.65%	98.86%	90.63%
	8	23/11/20 - 28/11/20	97.92%	97.87%	99.35%	95.21%
Marzo	9	30/11/20 - 05/12/20	95.83%	95.65%	99.55%	91.25%
	10	07/12/20 - 12/12/20	97.92%	97.87%	99.57%	95.42%
	11	14/12/20 - 19/12/20	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	12	21/12/20 - 26/12/20	97.92%	97.87%	99.57%	95.42%
<b>Promedio</b>			<b>97.92%</b>	<b>97.85%</b>	<b>99.58%</b>	<b>95.43%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Se detalla en la table 36, que la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche ha mejorado con la aplicación del TPM, ya que alcanzado un promedio de 95.43%.

En la figura 48, se detalla que la eficiencia global ha incrementado de 71.53% a 95.43%, así mismo ha superado el promedio óptimo del 90%.

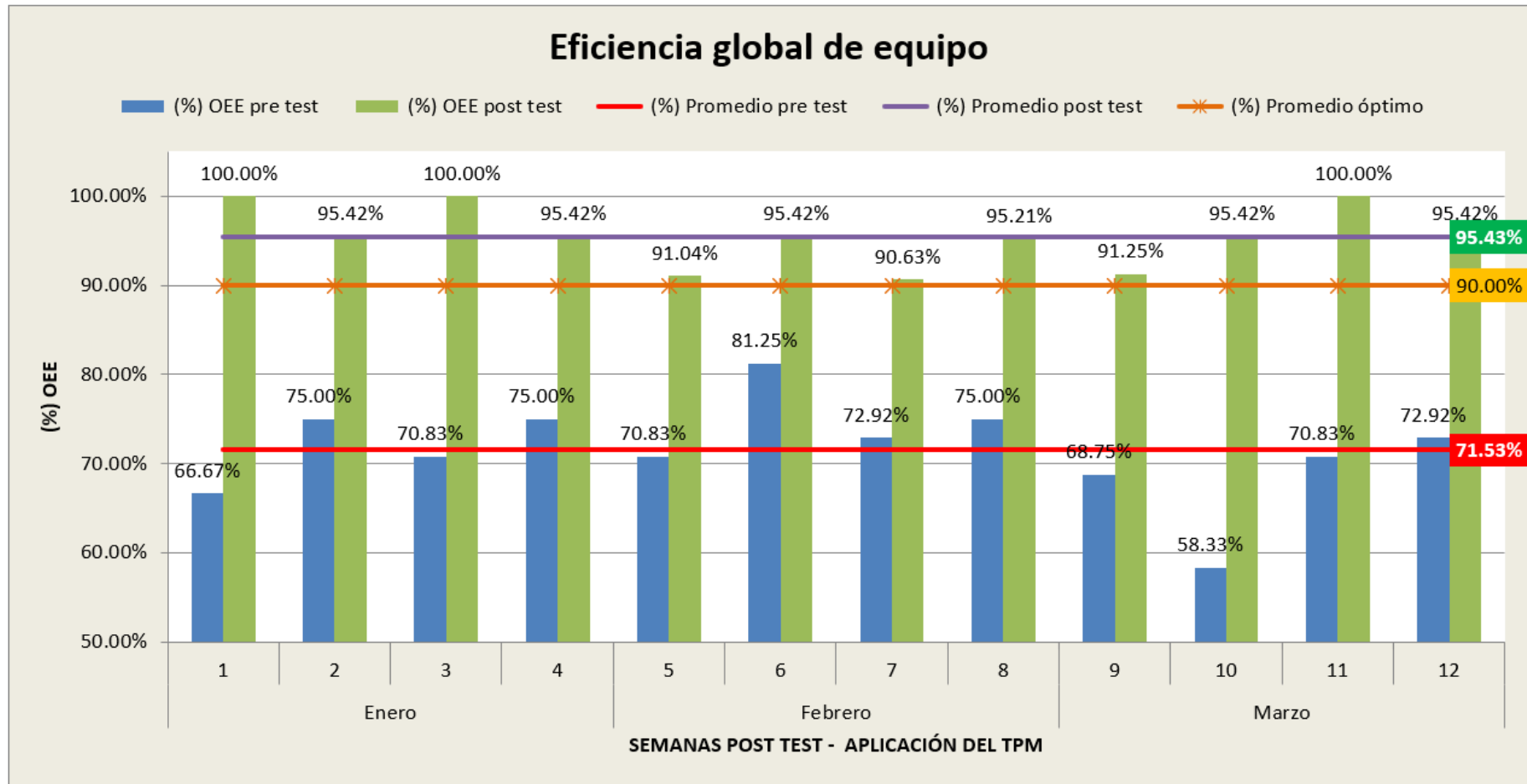


Figura 48. Eficiencia global del equipo Post test.

Fuente: Elaboración propia.

### e) Análisis económico financiero

Se fundamenta en la cuantía de dinero que la empresa invierte en el TPM de la empresa.

Tabla 37. Costo horas/hombre

CONCEPTOS	OPERARIOS	TÉCNICOS
Remuneración Básica	S/. 930.00	S/. 1,500.00
<b>PAGOS DEL EMPLEADOR</b>		
Essalud 9%	S/. 83.70	S/. 135.00
Gratificación mensual (16.66% RB)	S/. 154.94	S/. 249.90
Vacaciones mensual	S/. 77.50	S/. 125.00
CTS (9.72% RB)	S/. 90.40	S/. 145.80
Asignación Familiar (10% RMV)	S/. 93.00	S/. 150.00
<b>Total/beneficios</b>	<b>S/. 499.53</b>	<b>S/. 805.70</b>
<b>Costo sueldo del trabajador</b>	<b>S/. 1,429.53</b>	<b>S/. 2,305.70</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Costos de inversión

<b>ETAPA INICIAL</b>	
Horas - Hombre del personal en capacitación	S/. 1,556.35
Separatas	S/. 100.00
volantes y publicidad	S/. 90.00
Horas - Hombre personal Capacitador	S/. 260.42
Horas hombre / tesistas	S/. 1,844.56
<b>Sub Total</b>	<b>S/. 3,851.32</b>
<b>ETAPA DE APLICACIÓN</b>	
Horas - Hombre aplicación (TPM)	S/. 5,241.62
Horas hombre / tesistas	S/. 2,017.49
Elaboración de formatos	S/. 50.00
Reposición de herramientas	S/. 900.00
Programa 5 "S"	S/. 1,000.00
Planificación del mantenimiento	S/. 3,000.00
<b>Sub Total</b>	<b>S/. 12,209.11</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 16,060.44</b>

Fuente: Elaboración propia.



*Tabla 39. Proyección del beneficio con la aplicación del TPM*

<b>Costo de la mejora</b>	<b>S/. 16,060.44</b>
Precio de venta x litro	S/. 3.50
Ganancia neta x litro	S/. 0.50
Producción adicional después de la implementación del TPM en Litros/mes	23000
<b>Beneficio mensual</b>	<b>S/. 11,500.00</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 40. Flujo de caja Costo- beneficio

FLUJO DE CAJA		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
Ventas Proyectadas por producción			11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500
Beneficio			11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500
Inversiones Tangibles														
Elaboración de formatos		-50.00												
volantes y publicidad		-90.00												
Reposición de herramientas		-900.00												
Separatas		-100.00												
Inversiones Intangibles														
Horas - Hombre personal en capacitación (etapa inicial)		-1,556.35												
Horas - Hombre personal Capacitador (etapa inicial)		-260.42												
Horas hombre tesistas(etapa inicial)		-1,844.56												
Horas hombre tesistas (etapa de aplicación)		-2,017.49												
Horas - Hombre aplicación del TPM		-5,241.62												
Planificación del mantenimiento		-3,000.00												
Programa 5S		-1,000.00												
TOTALES NETOS		-16,060.44	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500
TEA	15%													
TEM	1.171%	TEM = (1+TEA) <sup>n</sup> / i <sup>n</sup> - 1												
Cálculo del VAN	111,981.44													
Cálculo de la TIR	71%													
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	7.9725													

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis financiero con base en la proyección de la mejora con la aplicación del TPM, en un periodo de 12 meses, el VAN es de S/. 111,981.44 los que fueron calculados con un COK de interés promedio de la empresa de 15%.

La TIR calculada para el mismo periodo de 12 meses, fue del 71%, siendo este positivo, ya que es superior al COK del 15% de la empresa, esto quiere decir que la empresa desea ganar como mínimo un 15%, sin embargo con la aplicación del proyecto se adquiere un 71% de TIR (tasa de interés de retorno), por eso es positivo ya que recupera su capital de inversión (costo) y obtiene un beneficio (ganancia) de 56%.

### **Relación costo beneficio**

El valor ganado significa que por cada sol invertido en TPM hay una ganancia de S/. 7.9725 Por lo tanto, la mejora es “económicamente factible”.

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

El análisis de datos que se realizará en el estudio es un análisis descriptivo e inferencial, para ello, hemos utilizado formularios de registro, fotografías y observaciones en vivo, y los resultados del monitoreo de la condición nos permitirán medir el rendimiento general y está mejorando al igual que en el enfriador de leche.

Los valores antes y después de TPM se cuantificaron cada 12 semanas (90 días antes y 90 días después) utilizando datos recopilados de los métodos actuales y propuestos según las variables de estudio (dependencias y sus dimensiones).

Para ello, hemos utilizado formularios de registro, fotografías y observaciones en vivo, y los resultados del monitoreo de la condición nos permitirán medir el rendimiento general y está mejorando al igual que en el enfriador de leche.

Se debe aplicar la prueba de normalidad a las diferencias de los datos pre test y post test de la eficiencia global, para saber si la diferencia de rendimiento global es paramétrica o no paramétrica y para saber si se debe utilizar la prueba T de Student con el software SPSS V. 22 o Pares de correlación de Wilcoxon para probar los pares de correlación.

### **3.7 Aspectos éticos**

La información registrada en la encuesta se obtendrá de fuentes auténticas, para obtener la información autorizada se respetará y autorizará a los autores de los artículos, libros y diversas fuentes de información utilizadas. Los estándares que guían el desarrollo de la investigación se basan en aspectos éticos como la buena voluntad, la inocencia, el autocontrol y la justicia.

## **IV. RESULTADOS**

## Análisis descriptivo

El análisis descriptivo se realizará en base del periodo de estudio (12 semanas antes y 12 semanas después).

Por consiguiente, se apreciará el resumen de procesamientos de los datos:

### Análisis descriptivo de la variable Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM).

### Análisis descriptivo de la dimensión Entorno del trabajo

En la tabla 41, Los resultados se presentan en términos de entorno de trabajo, es decir, la precisión de la ubicación de las piezas de repuesto durante el período de la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche.

*Tabla 41. Análisis descriptivo – Exactitud de ubicación de repuestos (EU)*

		Estadísticos	
		EU pre test	EU post test
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		68,7750	92,0008
Error estándar de la media		4,14946	1,50478
Mediana		67,9500 <sup>a</sup>	90,9100 <sup>a</sup>
Moda		55,56 <sup>b</sup>	87,50 <sup>b</sup>
Desviación estándar		14,37416	5,21271
Varianza		206,616	27,172
Asimetría		,901	,772
Error estándar de asimetría		,637	,637
Curtosis		,695	-,811
Error estándar de curtosis		1,232	1,232
Rango		50,00	14,29
Mínimo		50,00	85,71
Máximo		100,00	100,00

a. Se ha calculado a partir de datos agrupados.

b. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

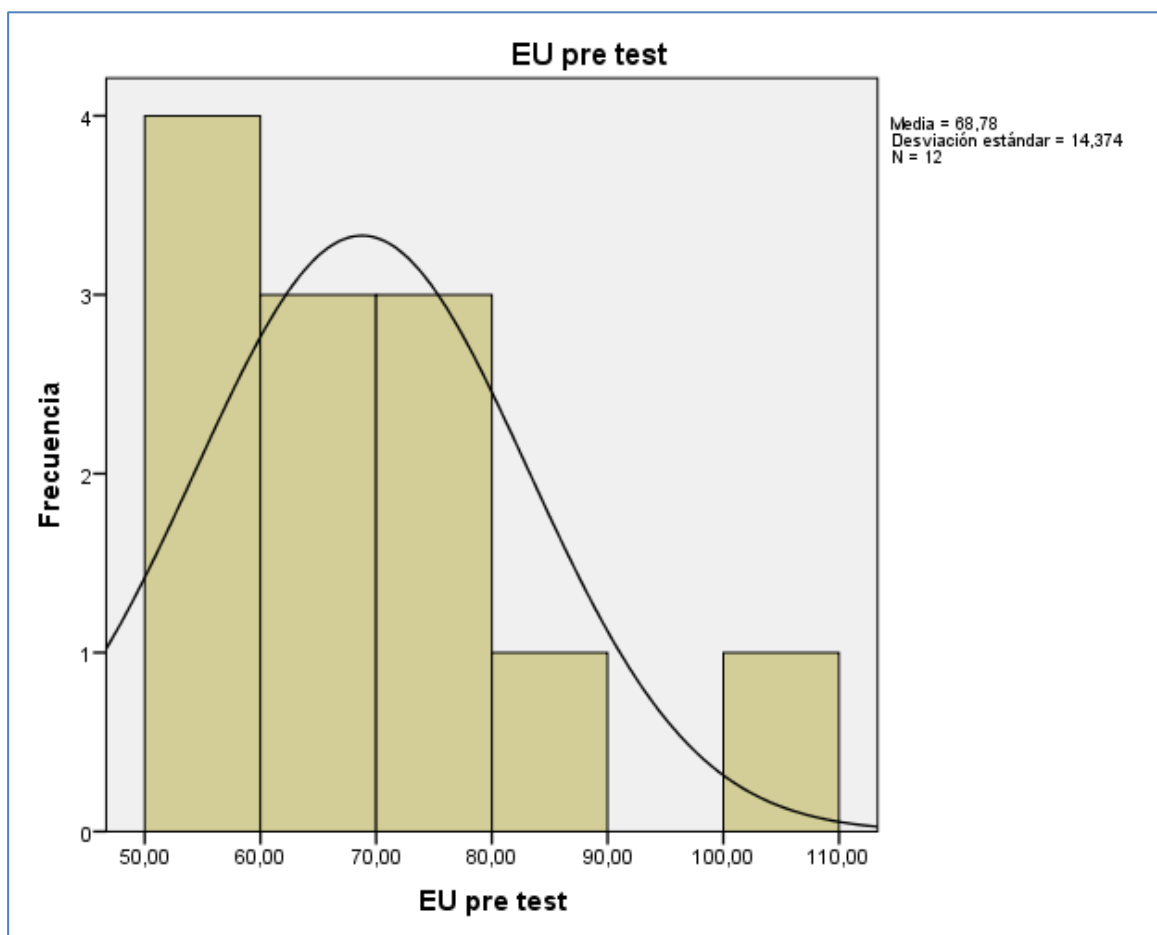
*Fuente: Elaboración propia.*

Según los resultados se determina lo siguiente:

**Media:** La media de la exactitud de ubicación de repuestos en el pre test es 68.78 (figura 49), y en el post test es 92.00 (figura 50), en el cual se observa que el indicador exactitud de ubicación de repuestos ha mejorado un 23.22% esto se debe a que con la aplicación del TPM se ha logrado mejorar la exactitud de ubicación de los repuestos, a través de la clasificación y ordenamiento.

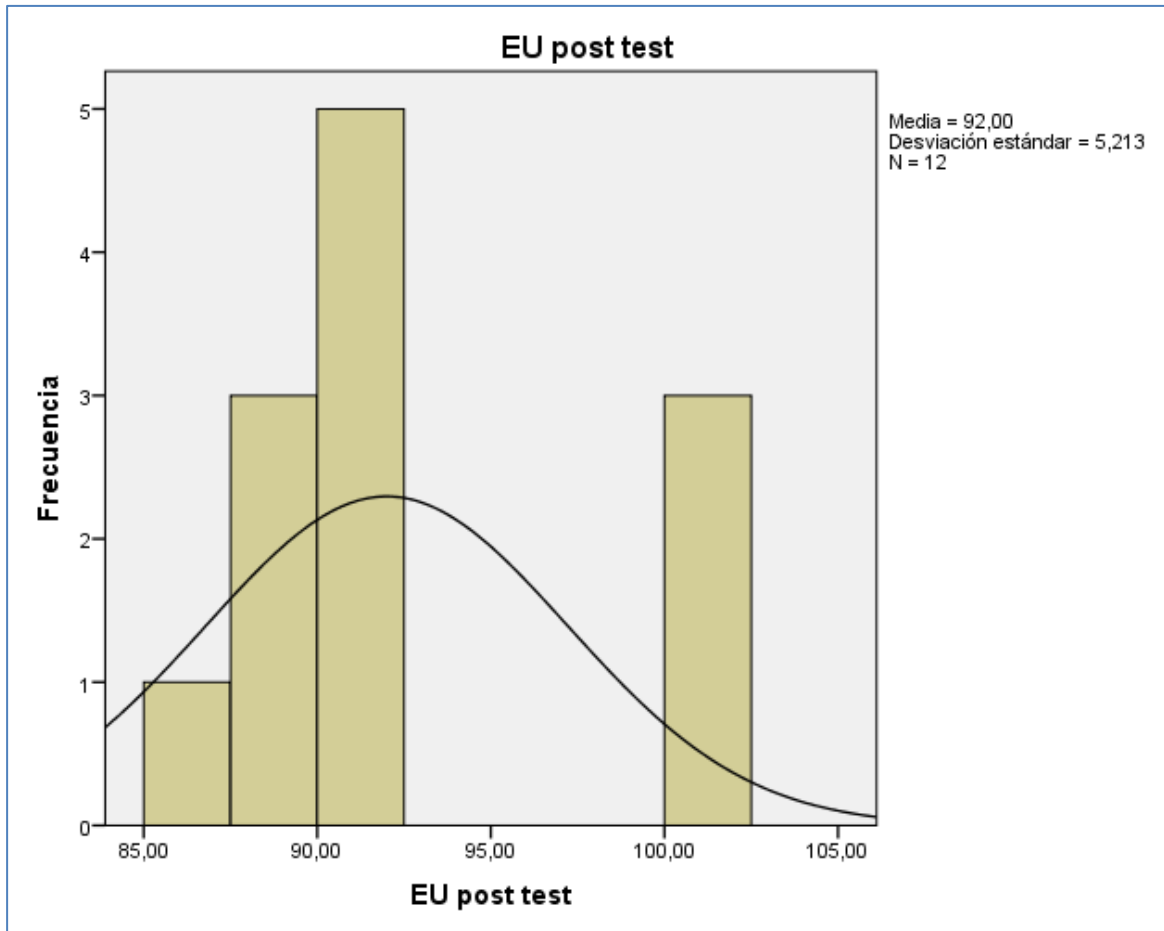
**Curtosis:** La curtosis en el pre test es 0.695 y en el post test es de -0,811 según los datos en el post test la curtosis ha alcanzado una forma más “achatada” es decir los datos se encuentran menos concentrados en la media y más alejada de la curva normal = 0.

**Asimetría:** El valor de la asimetría en el pre test es 0.901 y en el post test obtiene el valor de 0.772; según los datos en el post test alcanza una asimetría positiva.



*Figura 49. Histograma - Exactitud de ubicación de repuestos (EU) pre test*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 50. Histograma - Exactitud de ubicación de repuestos (EU) post test*

*Fuente: Elaboración propia*

**Desviación estándar:** La desviación estándar en el pre test es de 14.37416 (tabla 39), los datos indican que había gran dispersión con respecto a la media 68.78; debido a que no se realizaba una correcta ubicación de los repuestos. Sin embargo, con la aplicación del TPM se observa en el post test que alcanza un valor de 5,21271 (tabla 39), determinando que los datos están menos dispersos con respecto a la media 92,00; es decir ha mejorado la exactitud de ubicación de repuestos del tanque de enfriamiento de leche, ya que se ha alcanzado mantener este indicador de manera constante, debido a la clasificación, ordenamiento y codificación de los repuestos.



En la tabla 42, Los resultados se presentan para la dimensión del entorno de trabajo, que es la precisión de los inventarios de repuestos durante el período de prueba de la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche.

*Tabla 42. Análisis descriptivo – Exactitud de stock de repuestos (ES)*

		Estadísticos	
		ES pre test	ES post test
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		86,8700	96,4650
Error estándar de la media		2,05414	,97496
Mediana		88,6375 <sup>a</sup>	96,9700 <sup>a</sup>
Moda		90,91	96,97 <sup>b</sup>
Desviación estándar		7,11576	3,37736
Varianza		50,634	11,407
Asimetría		-,226	-,560
Error estándar de asimetría		,637	,637
Curtosis		-1,497	-,872
Error estándar de curtosis		1,232	1,232
Rango		21,21	9,09
Mínimo		75,76	90,91
Máximo		96,97	100,00

a. Se ha calculado a partir de datos agrupados.

b. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

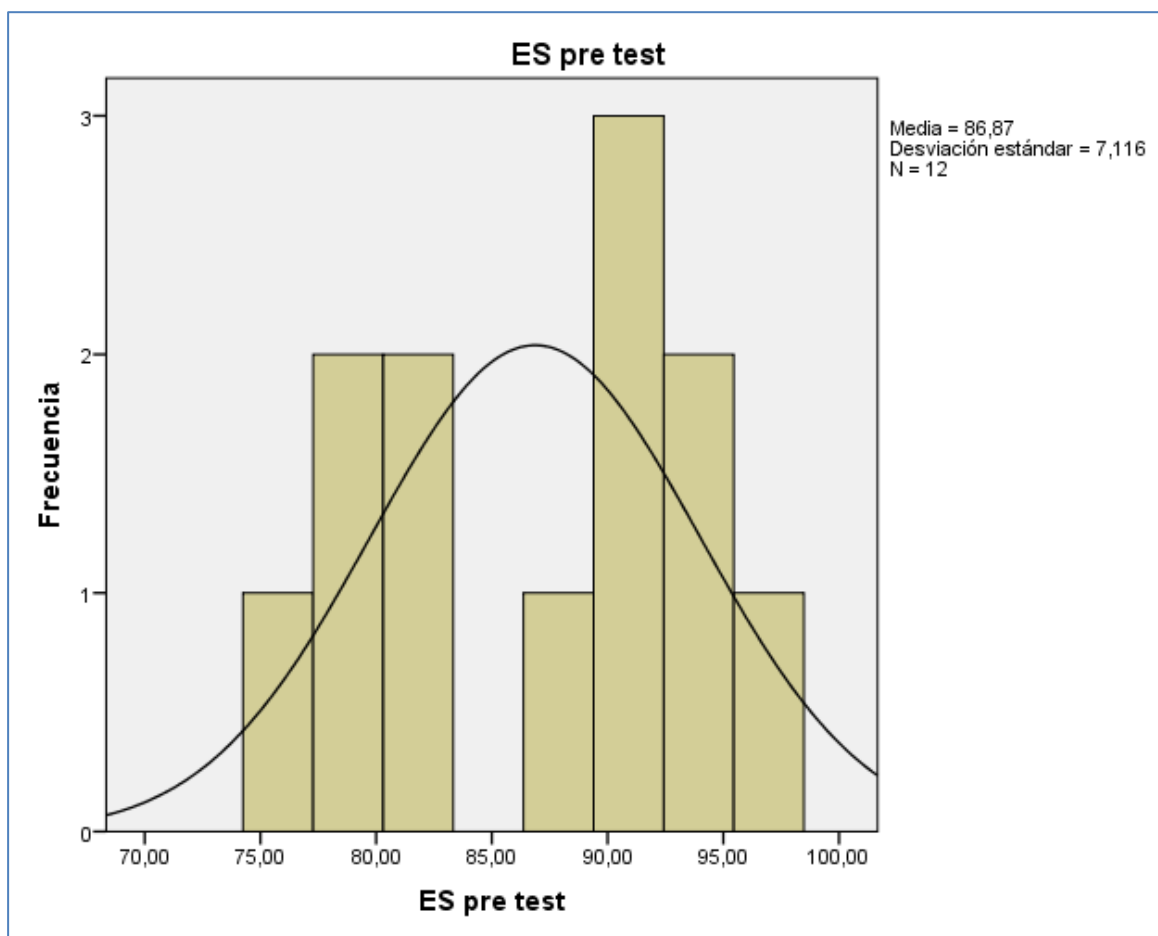
*Fuente: Elaboración propia.*

Según los resultados se determina lo siguiente:

**Media:** La media de la exactitud de ubicación de repuestos en el pre test es 86.87 (figura 51), y en el post test es 96.46 (figura 52), en el cual se observa que el indicador exactitud de ubicación de repuestos ha mejorado un 9.59%; esto se debe a que con la aplicación del TPM se ha logrado mejorar la exactitud de stock de los repuestos, a través de la validación del número de repuestos reales que se encontraban en físico con respecto al número de repuestos que estaban registrados en el sistema.

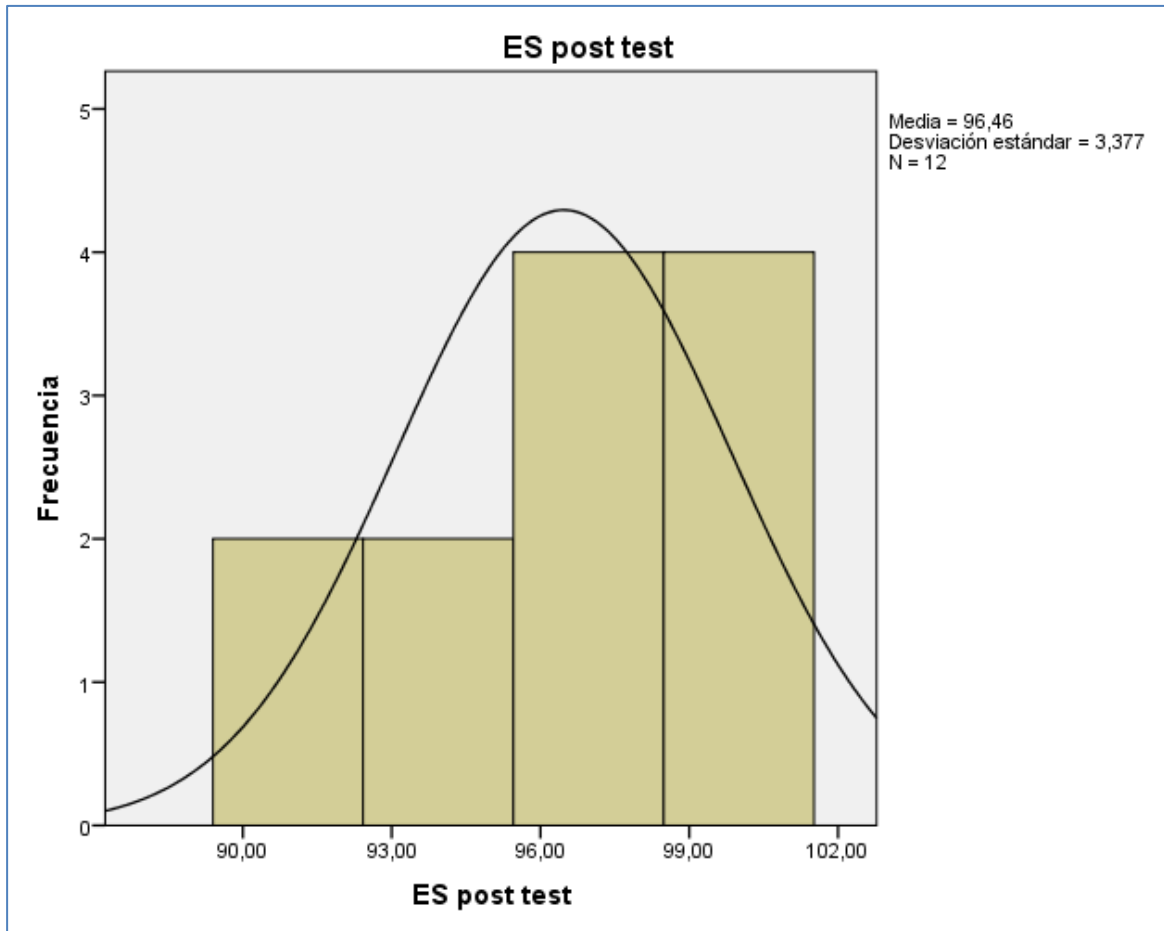
**Curtosis:** La curtosis en el pre test es -1.497 y en el post test es de -0.872 según los datos en el post test la curtosis ha alcanzado una forma más “apuntada” es decir los datos se encuentran más concentrados en la media y más cerca a la curva normal = 0.

**Asimetría:** El valor de la asimetría en el pre test es -0.226 y en el post test obtiene el valor de -0.560; según los datos en el post test alcanza una asimetría negativa.



*Figura 51. Histograma - Exactitud de stock de repuestos (ES) pre test*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 52. Histograma - Exactitud de stock de repuestos (ES) post test*

*Fuente: Elaboración propia.*

**Desviación estándar:** La desviación estándar en el pre test es de 7.11576 (tabla 42), los datos indican que existía gran dispersión con respecto a la media 86.87; debido a que no se tenía un control adecuado sobre la exactitud de stock de los repuestos. Sin embargo, con la aplicación del TPM se observa en el post test que alcanza un valor de 3.37736 (tabla 42), determinando que los datos están menos dispersos con respecto a la media 96.46 es decir; ha mejorado la exactitud de stock de repuestos del tanque de enfriamiento de leche debido a que se tiene una lectura verdadera en cuanto al número de repuestos que se encuentran en físico y en el sistema.

### Análisis descriptivo de la dimensión Mantenimiento autónomo planificado

En la tabla 43, Los resultados se muestran en la dimensión de autoservicio planificada, con métricas basadas en la duración del mantenimiento durante el período de estudio de la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche.

*Tabla 43. Análisis descriptivo – Mantenimiento basado en el tiempo (MBT)*

		Estadísticos	
		MBT pre test	MBT post test
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		73,3733	100,0000
Error estándar de la media		3,21880	,00000
Mediana		70,7150 <sup>a</sup>	. <sup>a</sup>
Moda		66,67	100,00
Desviación estándar		11,15025	,00000
Varianza		124,328	,000
Asimetría		-,537	
Error estándar de asimetría		,637	,637
Curtosis		-,052	
Error estándar de curtosis		1,232	1,232
Rango		36,67	,00
Mínimo		50,00	100,00
Máximo		86,67	100,00

a. Se ha calculado a partir de datos agrupados.

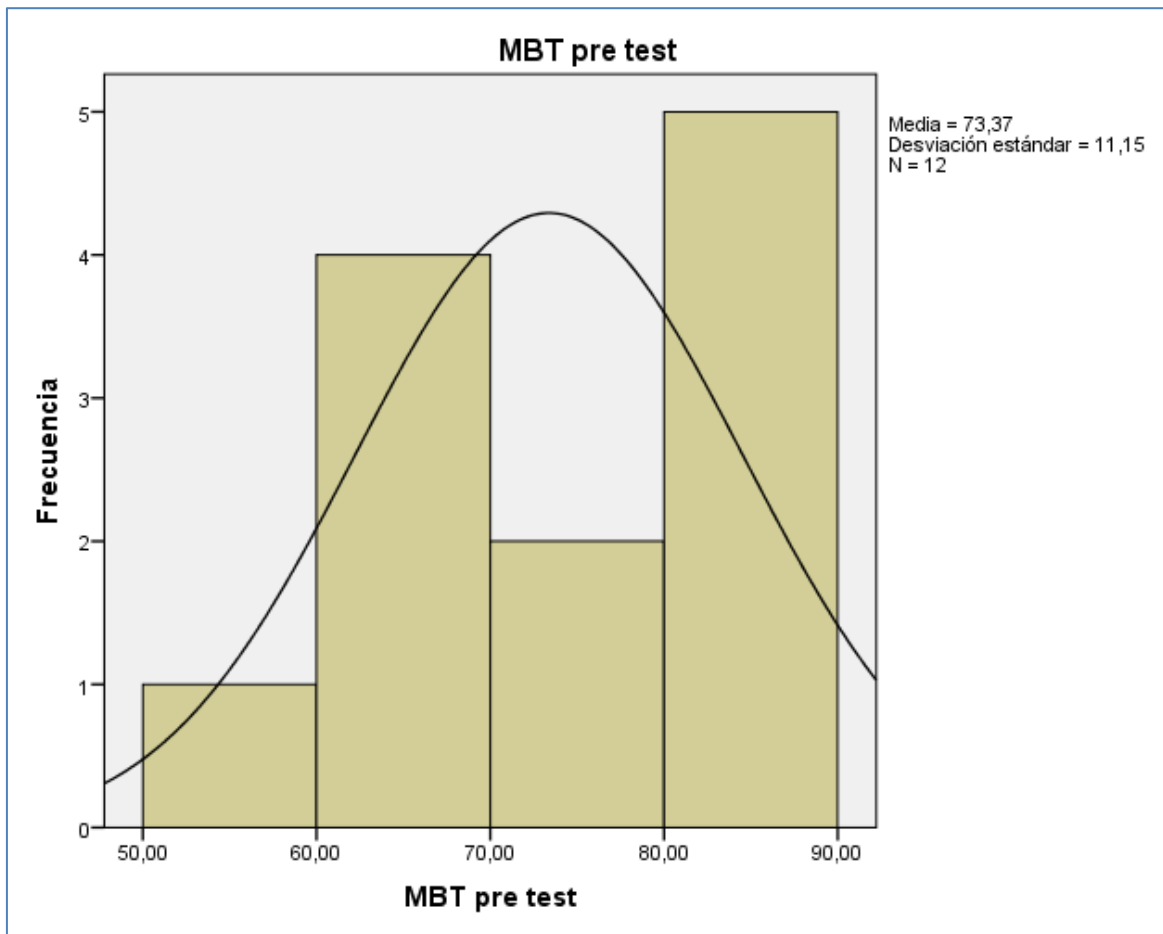
*Fuente: Elaboración propia.*

Según los resultados se determina lo siguiente:

**Media:** La media del mantenimiento basado en el tiempo en el pre test es 73.37 (figura 53), y en el post test es 100.00 (figura 54), en el cual se observa que el indicador mantenimiento basado en el tiempo ha mejorado un 26.63%; esto se debe a que con la aplicación del TPM se ejecutan los mantenimientos programados, manteniendo de forma constante la realización de las actividades de mantenimiento al tanque de enfriamiento de leche.

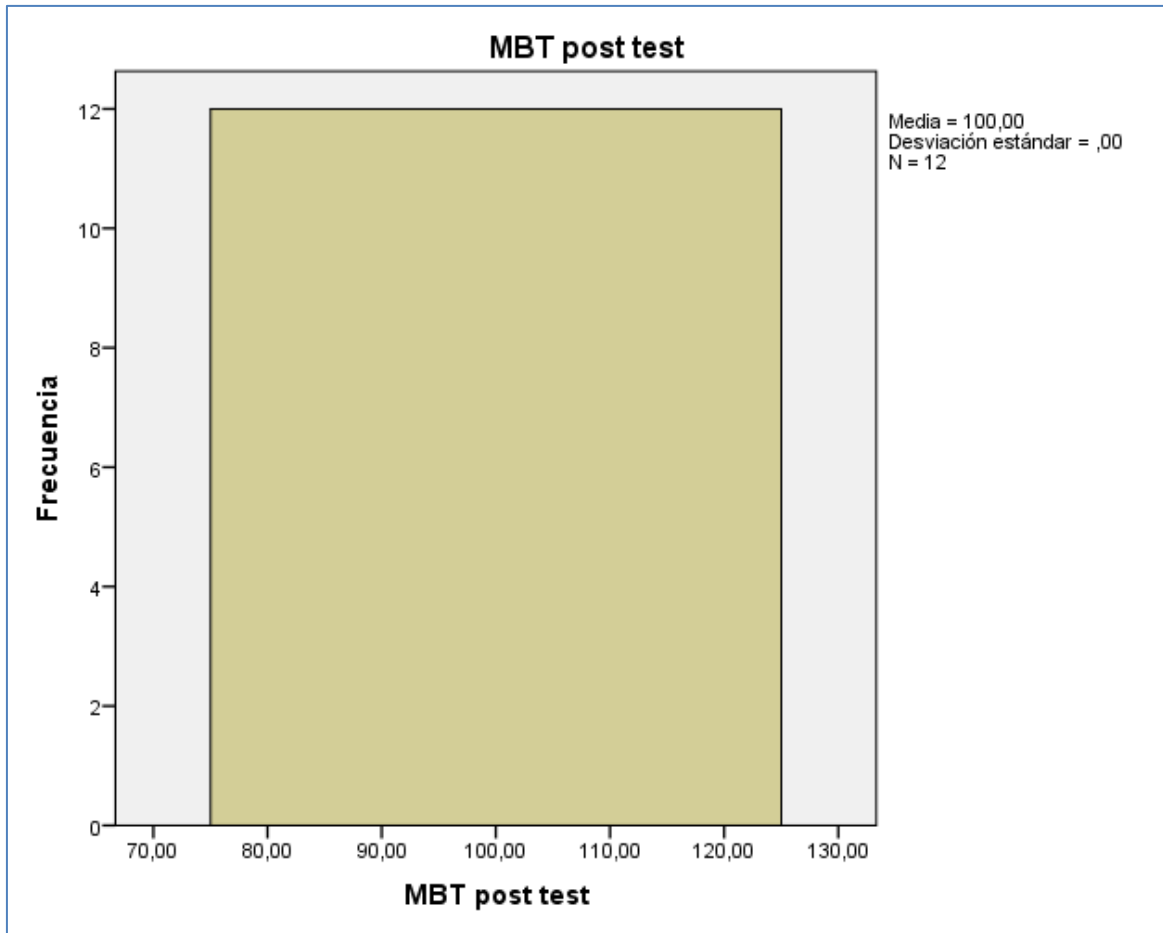
**Curtosis:** La curtosis en el pre test es -0.52 y en el post test es de 0, es decir; según los datos en el post test la curtosis ha alcanzado una curva de distribución normal = 0.

**Asimetría:** El valor de la asimetría en el pre test es -0.537 y en el post test obtiene el valor de 0; es decir; según los datos en el post test alcanza una distribución de forma “simétrica”.



*Figura 53. Histograma – Mantenimiento basado en el tiempo (MBT) pre test*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 54. Mantenimiento basado en el tiempo (MBT) post test*

*Fuente: Elaboración propia.*

**Desviación estándar:** El el pre test es de 11.15025 (tabla 43), los datos indican que existía gran dispersión con respecto a la media 73.37; debido a que no se ejecutaban los mantenimientos programados. Sin embargo con la aplicación del TPM se observa en el post test que obtiene un valor de 0.00 (tabla 43) es decir; no existe dispersión alguna de los datos ya que se ejecutan en su totalidad los mantenimientos programados manteniendo así una efectividad del 100.00% en lo que a mantenimiento basado en el tiempo se refiere.

### **Análisis descriptivo de la dimensión – Trabajo estándar**

Inicialmente en el pre test (antes de la aplicación del TPM), para el tanque de enfriamiento de leche se tenían registradas 15 actividades pertenecientes al mantenimiento de la máquina.

Dichas actividades estaban registradas, pero no se tenían definidas exactamente, de igual forma no se tenían definidos los tiempos empleados para cada actividad, y el número de técnicos que intervendrían en el mantenimiento y/o intervención.

Posteriormente con la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche, se determinaron a través del estudio la consolidación de solo 10 actividades para su mantenimiento, a través de la calificación de las actividades que “agregan valor” de aquellas que “no agregan valor”, además se definió el tiempo estándar para cada actividad.

### Análisis descriptivo de la variable dependiente: Eficiencia Global de equipo

En la tabla 44, se aprecia los resultados sobre la variable dependiente “Eficiencia global del equipo”, durante el periodo de tiempo del estudio de la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche.

*Tabla 44. Análisis descriptivo de variable dependiente Eficiencia global del equipo*

		Estadísticos	
		Eficiencia global pre test	Eficiencia global post test
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		71,5275	95,4358
Error estándar de la media		1,60851	,96329
Mediana		72,0840 <sup>a</sup>	95,3850 <sup>a</sup>
Moda		70,83 <sup>b</sup>	95,42
Desviación estándar		5,57203	3,33695
Varianza		31,048	11,135
Asimetría		-,874	,047
Error estándar de asimetría		,637	,637
Curtosis		2,560	-,836
Error estándar de curtosis		1,232	1,232
Rango		22,92	9,37
Mínimo		58,33	90,63
Máximo		81,25	100,00

a. Se ha calculado a partir de datos agrupados.

b. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

*Fuente: Elaboración propia.*

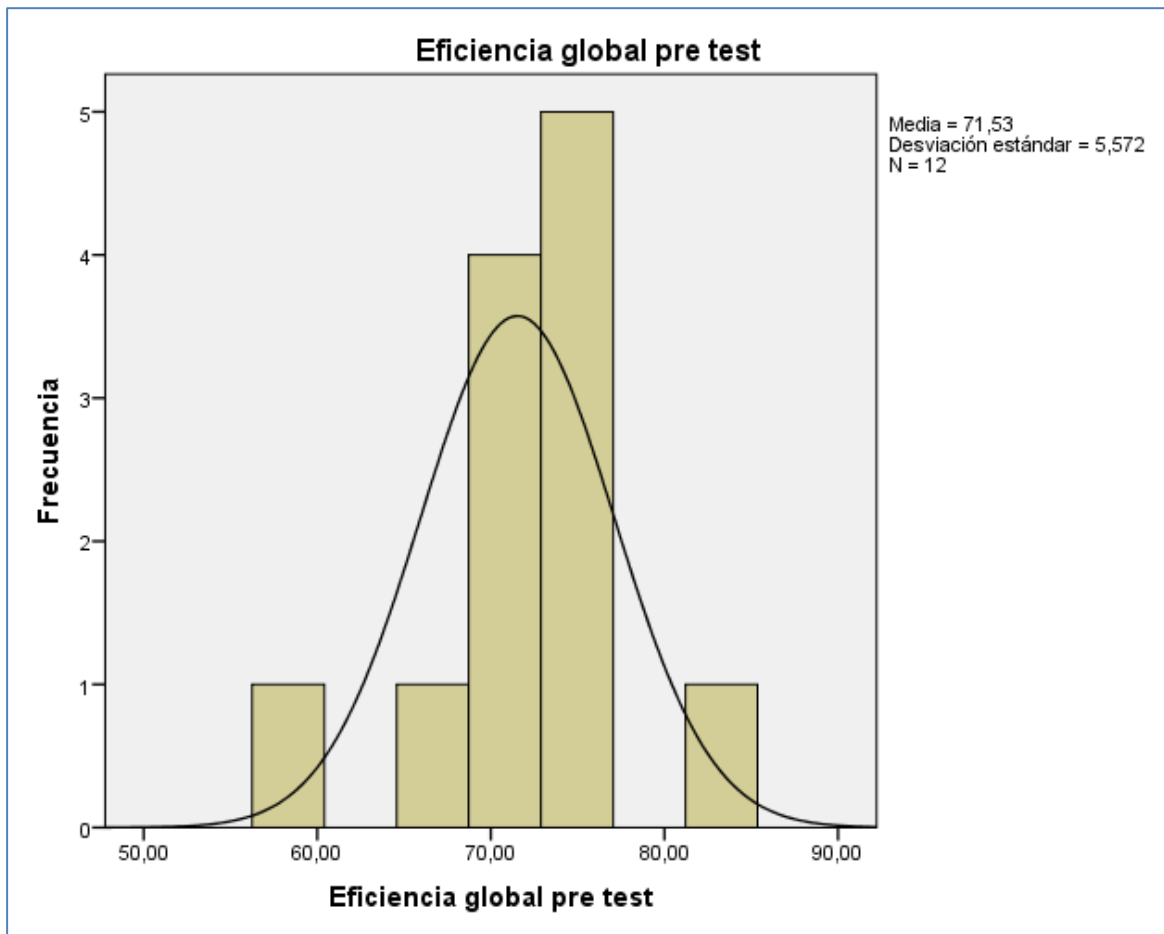
Según los resultados se determina lo siguiente:

**Media:** La media de la variable dependiente en el pre test es 71.53 (figura 55), y en el post test es 95.44 (figura 56), se observa que ha mejorado la eficiencia global del equipo (OEE) un 23.91%; esto se debe a que con la aplicación del TPM el tanque de enfriamiento de leche ha incrementado en sus tres dimensiones que corresponden a la disponibilidad, eficiencia y calidad.



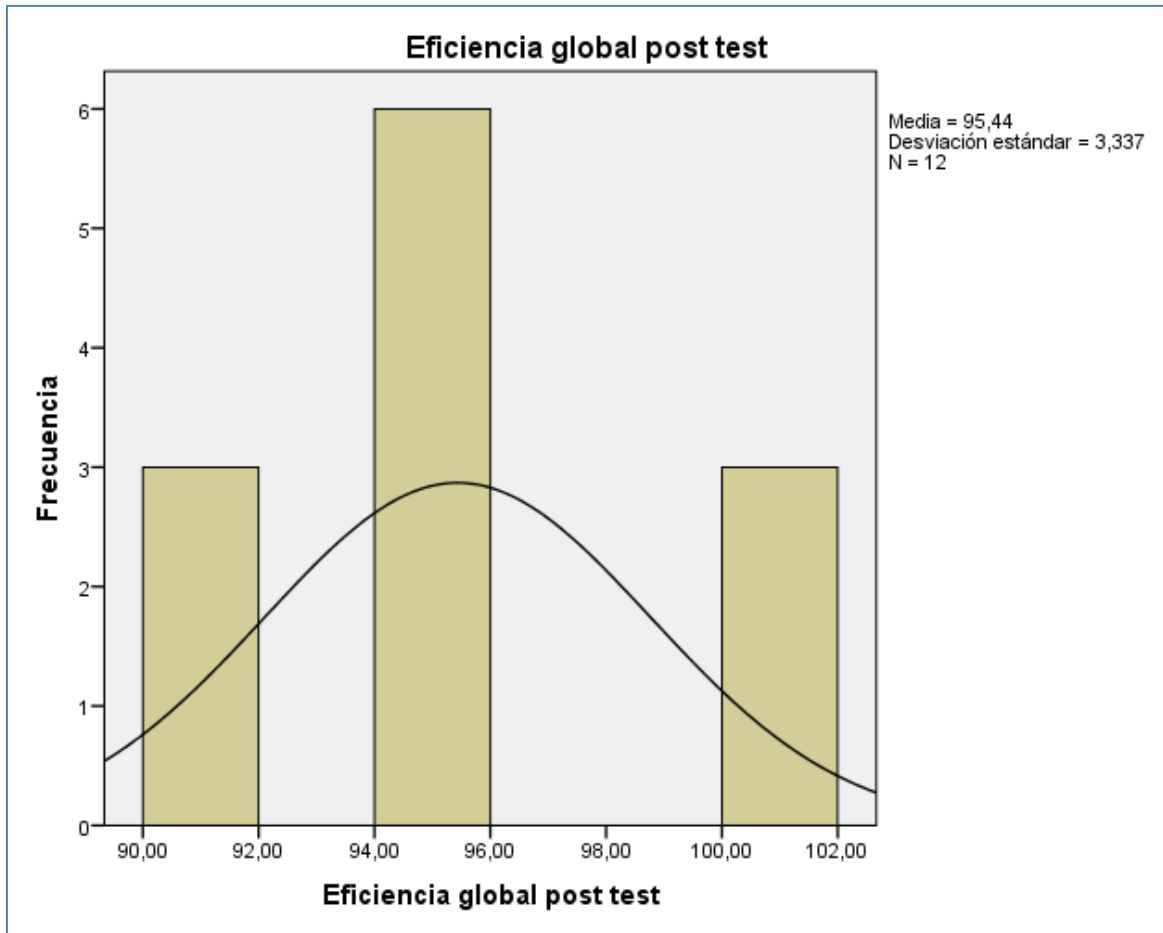
**Curtosis:** La curtosis en el pre test es 2.560 y en el post test es de -0.836, según los datos en el post test la curtosis ha alcanzado una forma más “achatada” es decir los datos se encuentran menos concentrados en la media y más cerca a la curva normal = 0.

**Asimetría:** El valor de la asimetría en el pre test es -0.874 y en el post test obtiene el valor de 0.047; según los datos en el post test alcanza una asimetría positiva.



*Figura 55. Histograma – Eficiencia global del equipo*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 56. Histograma – Eficiencia global del equipo post test*

*Fuente: Elaboración propia.*

**Desviación estándar:** La desviación estándar en el pre test es de 5.57203 (tabla 44), los datos indican que existía dispersión con respecto a la media 71.53; debido a la baja eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche. Sin embargo, en el post test con la aplicación del TPM la desviación estándar obtiene un valor de 3.33695 (tabla 44), determinando que los datos están menos dispersos aún con respecto a la media 95.44 es decir; ha mejorado la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche, así como sus respectivas dimensiones disponibilidad, eficiencia y calidad.

### Análisis descriptivo de la dimensión disponibilidad.

En la tabla 45, se muestra los resultados sobre la dimensión disponibilidad durante el periodo de tiempo del estudio de la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche.

*Tabla 45. Análisis descriptivo - Disponibilidad*

		Estadísticos	
		Disponibilidad pre test	Disponibilidad post test
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		87,1525	97,9175
Error estándar de la media		1,30384	,44452
Mediana		87,5000 <sup>a</sup>	97,9200 <sup>a</sup>
Moda		83,33 <sup>b</sup>	97,92
Desviación estándar		4,51662	1,53988
Varianza		20,400	2,371
Asimetría		-,001	-,006
Error estándar de asimetría		,637	,637
Curtosis		-1,668	-,856
Error estándar de curtosis		1,232	1,232
Rango		12,50	4,17
Mínimo		81,25	95,83
Máximo		93,75	100,00

a. Se ha calculado a partir de datos agrupados.

b. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

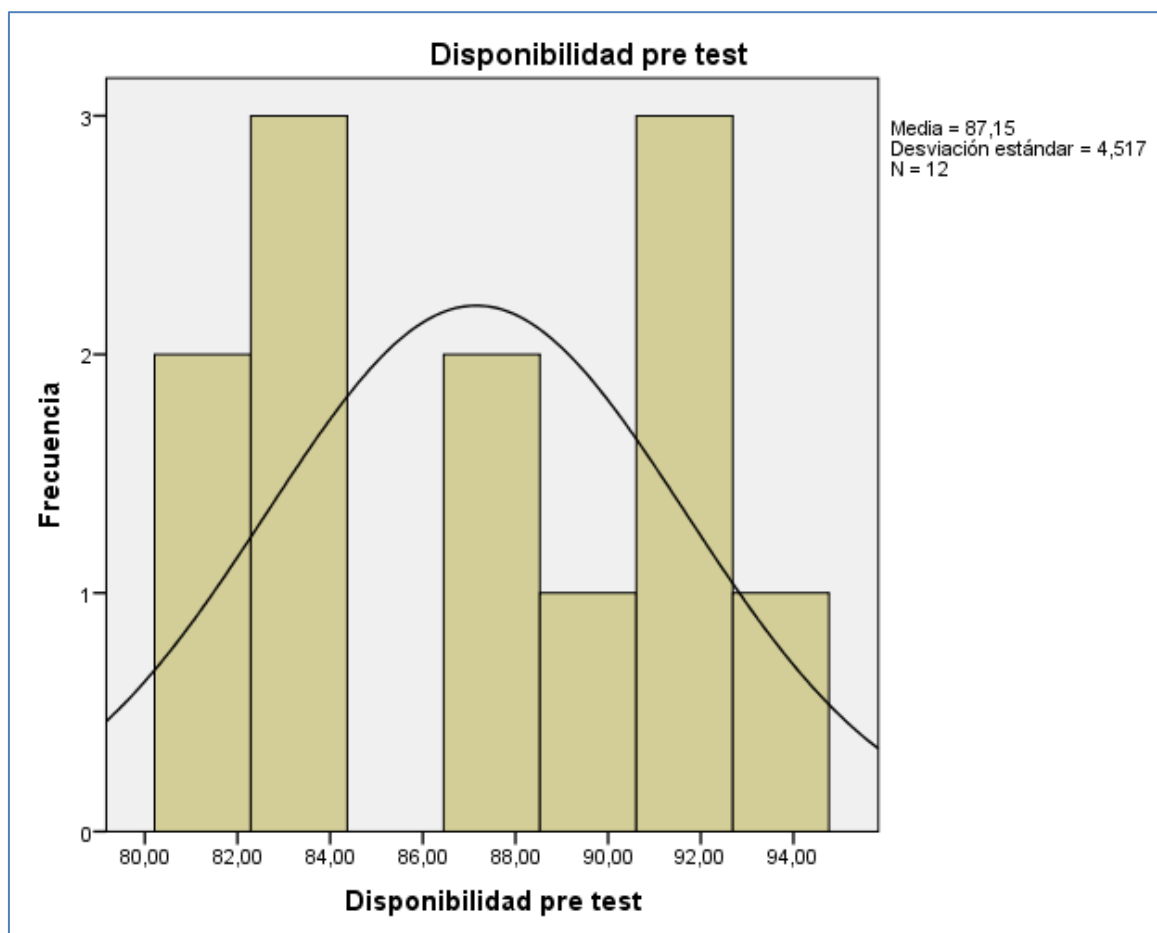
*Fuente: Elaboración propia.*

Según los resultados se determina lo siguiente:

**Media:** La media de la dimensión disponibilidad en el pre test es 87.15 (figura 57), y en el post test es 97.92 (figura 58), se observa que ha mejorado la disponibilidad un 10.76%; esto se debe a que con la aplicación del TPM el tanque de enfriamiento de leche tiene mayor disponibilidad durante el proceso de producción reduciendo el número de fallas y por ende las horas inactivas, por otro lado, se han aumentado las horas operativas.

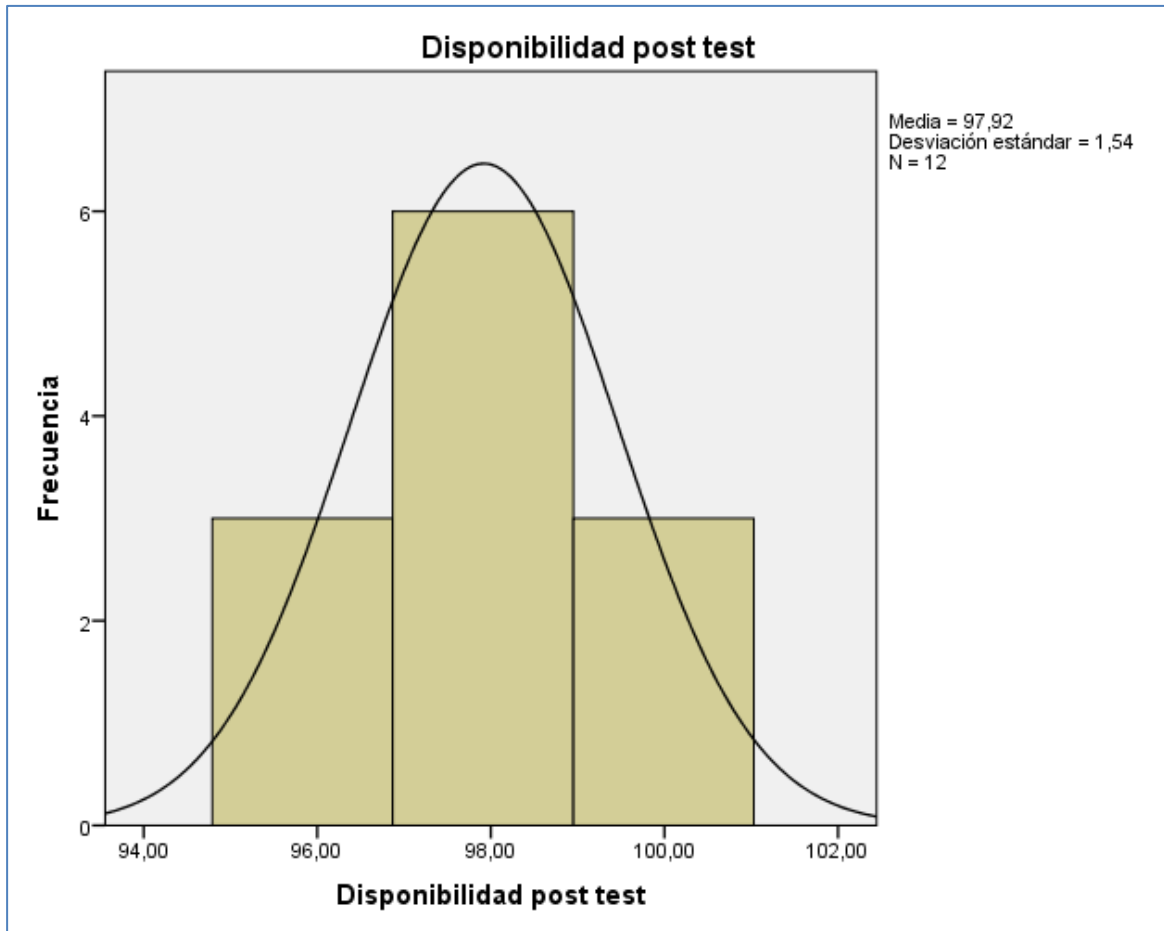
**Curtosis:** La curtosis en el pre test es -1.168 y en el post test es de -0.856, según los datos en el post test la curtosis ha alcanzado una forma más “apuntada” es decir los datos se encuentran más concentrados en la media y más cerca a la curva normal = 0.

**Asimetría:** El valor de la asimetría en el pre test es -0.001 y en el post test obtiene el valor de -0.006; según los datos en el post test alcanza una asimetría negativa.



*Figura 57. Histograma – Disponibilidad pre test*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 58. Histograma – Disponibilidad post test*

*Fuente: Elaboración propia.*

**Desviación estándar:** La desviación estándar en el pre test es de 4.51662 (tabla 45), los datos indican que existía gran dispersión con respecto a la media 87.15; debido a que la disponibilidad del tanque de enfriamiento no era constante. Sin embargo, en el post test con la aplicación del TPM la desviación estándar alcanza un valor de 1.53988 (tabla 45), determinando que los datos están menos dispersos con respecto a la media 97.92 es decir; ha mejorado la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche ya que se mantiene de manera más constante.

### Análisis descriptivo de la dimensión eficiencia.

En la tabla 46, se muestra los resultados sobre la dimensión eficiencia durante el periodo de tiempo del estudio de la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche.

Tabla 46. Análisis descriptivo – Eficiencia

		Estadísticos	
		Eficiencia pre test	Eficiencia post test
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		85,1817	97,8475
Error estándar de la media		2,05921	,46376
Mediana		88,1000 <sup>a</sup>	97,8700 <sup>a</sup>
Moda		88,10	97,87
Desviación estándar		7,13330	1,60652
Varianza		50,884	2,581
Asimetría		-,856	-,050
Error estándar de asimetría		,637	,637
Curtosis		-,794	-,855
Error estándar de curtosis		1,232	1,232
Rango		20,68	4,35
Mínimo		72,50	95,65
Máximo		93,18	100,00

a. Se ha calculado a partir de datos agrupados.

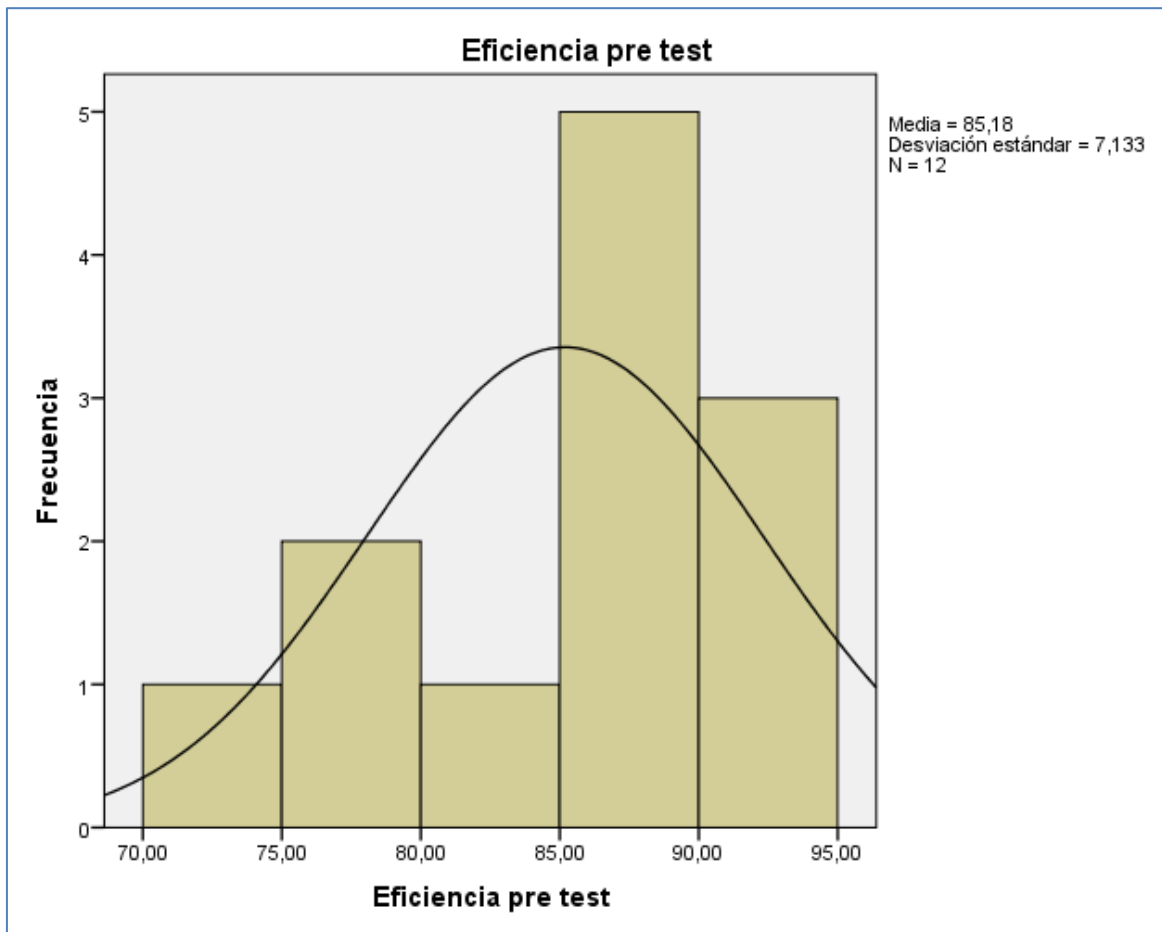
Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados se determina lo siguiente:

**Media:** La media de la dimensión eficiencia en el pre test es 85.18 (figura 59), y en el post test es 97.84 (figura 60), se observa que ha mejorado la eficiencia un 12.69%; esto se debe a que con la aplicación del TPM el tanque de enfriamiento de leche tiene mayor eficiencia durante el proceso de producción, ya que ha aumentado el número de litros de leche procesados por día.

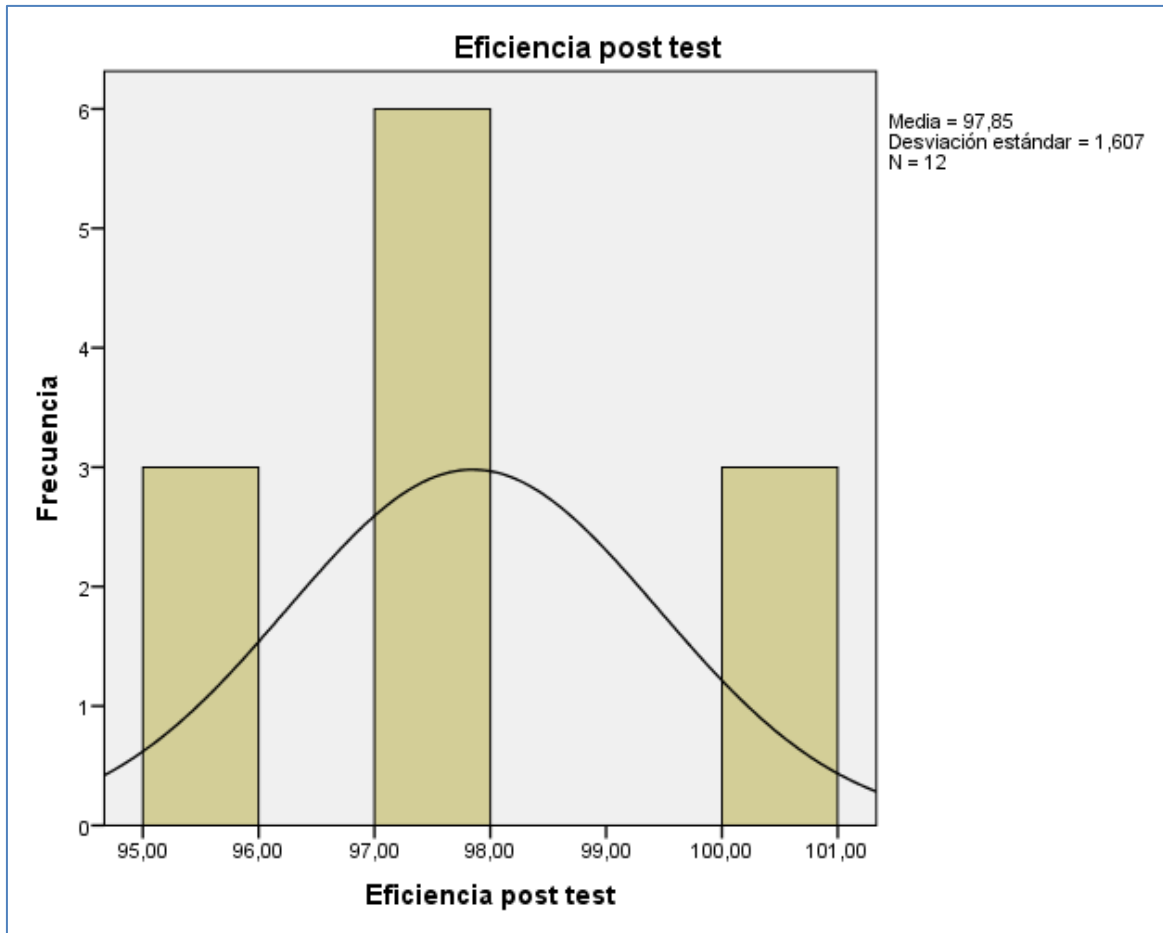
**Curtosis:** La curtosis en el pre test es -0.794 y en el post test es de -0.855, según los datos en el post test la curtosis ha alcanzado una forma más “achatada” es decir los datos se encuentran menos concentrados en la media y más alejada a la curva normal = 0.

**Asimetría:** El valor de la asimetría en el pre test es -0.856 y en el post test obtiene el valor de -0.050; según los datos en el post test alcanza una asimetría negativa.



*Figura 59. Histograma – Eficiencia pre test*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 60. Histograma – Eficiencia post test*

*Fuente: Elaboración propia.*

**Desviación estándar:** La desviación estándar en el pre test es de 7.13330 (tabla 46), los datos indican que existía gran dispersión con respecto a la media 85.18; debido a la baja eficiencia del tanque de enfriamiento. Sin embargo, en el post test con la aplicación del TPM la desviación estándar alcanza un valor de 1.60652 (tabla 46), determinando que los datos están menos dispersos con respecto a la media 97.85 es decir; ha mejorado la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche ya que se procesa más litros de leche por día.



### Análisis descriptivo de la dimensión calidad.

En la tabla 47, se muestra los resultados sobre la dimensión calidad durante el periodo de tiempo del estudio de la aplicación del TPM al tanque de enfriamiento de leche.

*Tabla 47. Análisis descriptivo - Calidad*

		Estadísticos	
		Calidad pre test	Calidad post test
N	Válido	12	12
	Perdidos	0	0
Media		96,5167	99,5775
Error estándar de la media		,31280	,09412
Mediana		97,0867 <sup>a</sup>	99,5667 <sup>a</sup>
Moda		97,14 <sup>b</sup>	99,57
Desviación estándar		1,08357	,32605
Varianza		1,174	,106
Asimetría		-1,277	-,541
Error estándar de asimetría		,637	,637
Curtosis		-,142	1,093
Error estándar de curtosis		1,232	1,232
Rango		2,86	1,14
Mínimo		94,44	98,86
Máximo		97,30	100,00

a. Se ha calculado a partir de datos agrupados.

b. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

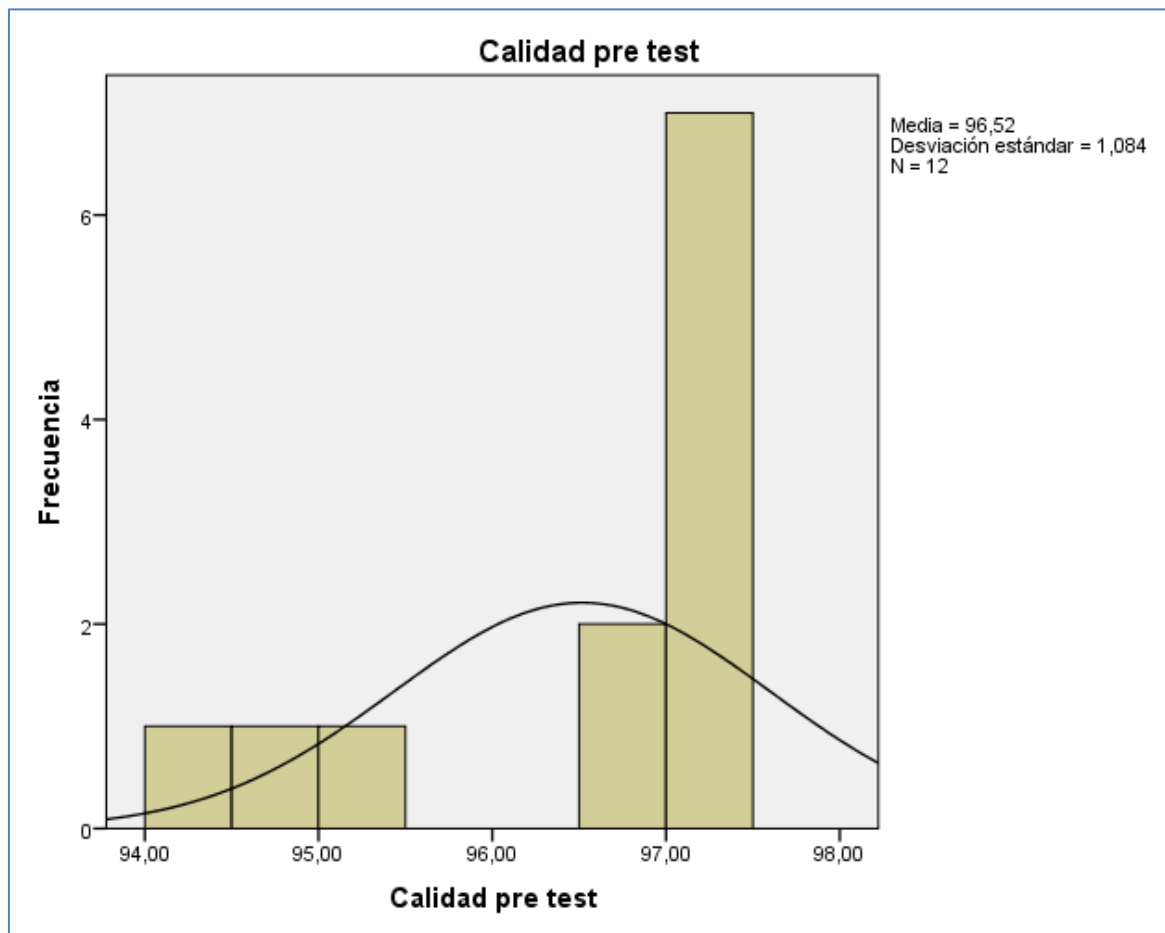
*Fuente: Elaboración propia.*

Según los resultados se determina lo siguiente:

**Media:** La media de la dimensión calidad en el pre test es 96.52 (figura 61), y en el post test es 99.58 (figura 62), se observa que ha mejorado la calidad un 3.06%; esto se debe a que con la aplicación del TPM el tanque de enfriamiento de leche tiene mayor calidad durante el proceso de producción, ya que ha aumentado la cantidad de litros procesados por día, reduciendo por lo tal la cantidad de litros de leche rechazados.

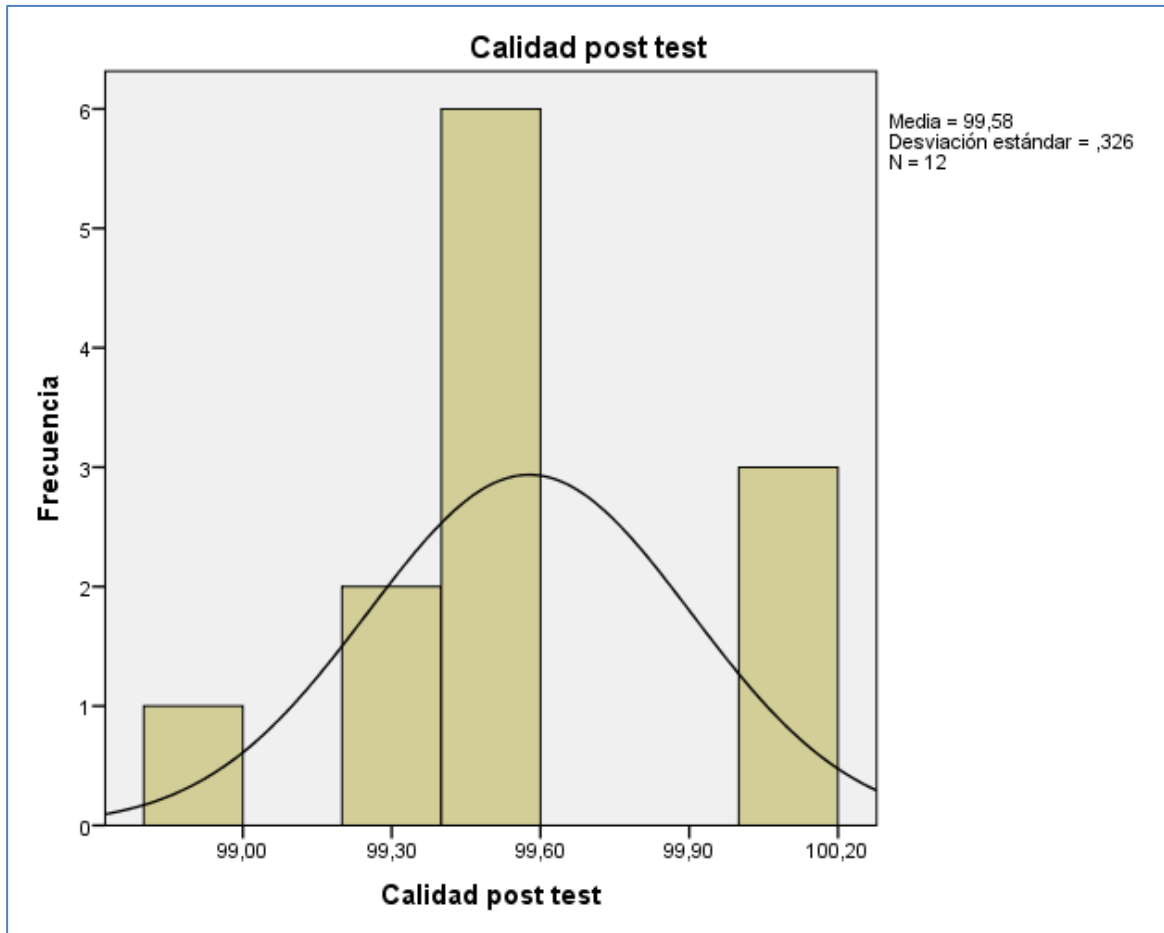
**Curtosis:** La curtosis en el pre test es -0.142 y en el post test es de 1.093, según los datos en el post test la curtosis ha alcanzado una forma más “apuntada” es decir los datos se encuentran más concentrados en la media y más cerca a la curva normal = 0.

**Asimetría:** El valor de la asimetría en el pre test es -1.277 y en el post test obtiene el valor de -0.541; según los datos en el post test alcanza una asimetría negativa.



*Figura 61. Histograma - Calidad pre test*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 62. Histograma – Calidad post test*

*Fuente: Elaboración propia*

**Desviación estándar:** La desviación estándar en el pre test es de 1.08357 (tabla 47), los datos indican que existía poca dispersión con respecto a la media 96.52; debido a la baja calidad del tanque de enfriamiento. Sin embargo, en el post test con la aplicación del TPM la desviación estándar alcanza un valor de 0.32605 (tabla 47), determinando que los datos están menos dispersos con respecto a la media 99.57 es decir; ha mejorado la calidad del tanque de enfriamiento de leche y con ello la cantidad de litros procesados por día, reduciendo la cantidad de litros de leche rechazados.

## Análisis Inferencial

La regla de decisión es la siguiente:

- Si  $P_{valor} \leq 0.05$  los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico
- Si  $P_{valor} > 0.05$  los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

## Análisis inferencial de la hipótesis general

Para ir en contra de las suposiciones comunes, determine qué estadística usar. Dado que tenemos 12 muestras con menos de 30 datos, se utilizarán las estadísticas de Shapiro Wolf. Dado que el diseño de nuestro estudio fue previo al ensayo, fue necesario realizar un análisis apropiado de las diferencias en los datos previos y posteriores al ensayo. En el caso de un diseño de semiensayo, los datos previos y posteriores a la prueba se analizan por separado (no se calculan las diferencias).

*Tabla 48. Prueba de normalidad del OEE con Shapiro wilk*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia - Eficiencia global del equipo	,249	12	,039	,914	12	,240

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Fuente: Elaboración propia.*

En la tabla 48, se observa que el Pvalor de la diferencia de la eficiencia global del equipo (OEE) pre test y post test con Shapiro-Wilk es 0.240, siendo los datos paramétricos. Por lo tanto, según (Guillen, 2016, p.17) se debe usar la prueba de T-student.

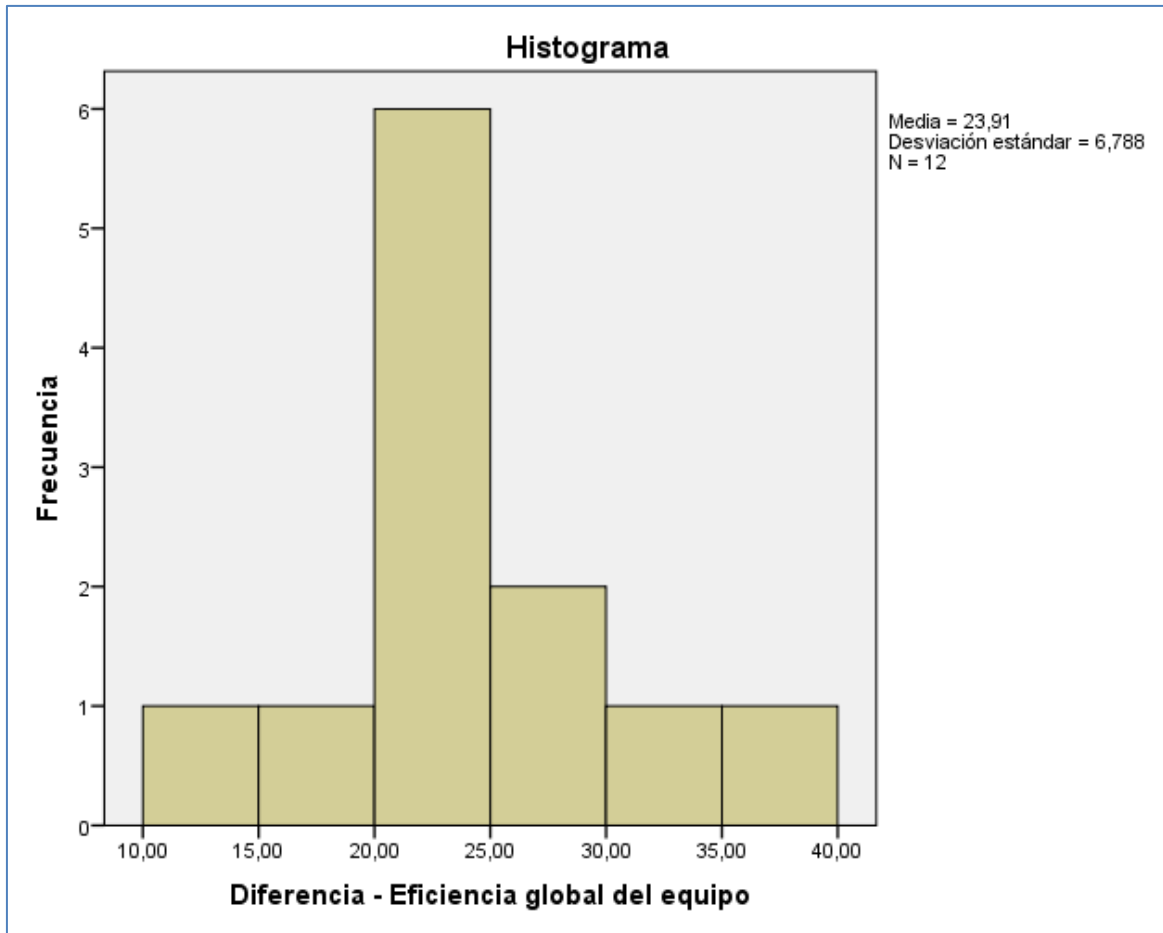


Figura 63. Histograma – prueba de normalidad de OEE  
Fuente: Elaboración propia.

### Contrastación de la hipótesis general

- **H<sub>0</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) no mejora la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

- **H<sub>1</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) mejora la eficiencia global del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

Tenemos como regla de decisión:

H<sub>0</sub>: No existe diferencia en el OEE después de aplicar el TPM ( $OEE_{pre} \geq OEE_{post}$ ).

H<sub>1</sub>: Existe diferencia en el OEE después de aplicar el TPM ( $OEE_{pre} < OEE_{post}$ ).

Dónde:

OEE<sub>pre</sub>: OEE antes del TPM.

OEE<sub>post</sub>: OEE después del TPM.

Según (Guillen, 2016, p.19):

**Si  $\sigma > 0,05$  se acepta la Hipótesis nula, si  $\sigma < 0,05$  se acepta Hipótesis de trabajo.**

*Tabla 49. Prueba t-student de pares relacionados del OEE*

**Prueba de muestras emparejadas**

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Eficiencia global pre test - Eficiencia global post test	-23,90833	6,78774	1,95945	-28,22106	-19,59561	-12,202	11	,0000000980

*Fuente: Elaboración propia.*

En la estadística inferencial, en las pruebas de hipótesis se debe demostrar la proposición de la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).

En la tabla 47, la mejora de la eficiencia global es evidente y se puede demostrar que el nivel de significación de 0,05 da un valor = 0,00000980 %, lo que indica que el valor es significativo, lo que confirma lo que nos dice la hipótesis alternativa.; la aplicación del TPM incrementa el OEE del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

## Análisis inferencial de la hipótesis específica 1

Para ir en contra de la hipótesis específica 1, determine qué estadística usar. Dado que tenemos 12 muestras con menos de 30 datos, se utilizarán las estadísticas de Shapiro Wolf. Dado que el diseño de nuestro estudio era previo a la prueba, fue necesario correlacionar las diferencias en los datos antes y después de la prueba. En el caso de un diseño de semiensayo, los datos previos y posteriores a la prueba se analizaron por separado (no se calcularon las diferencias).

*Tabla 50. Prueba de normalidad de la disponibilidad con Shapiro Wilk*

### Pruebas de normalidad

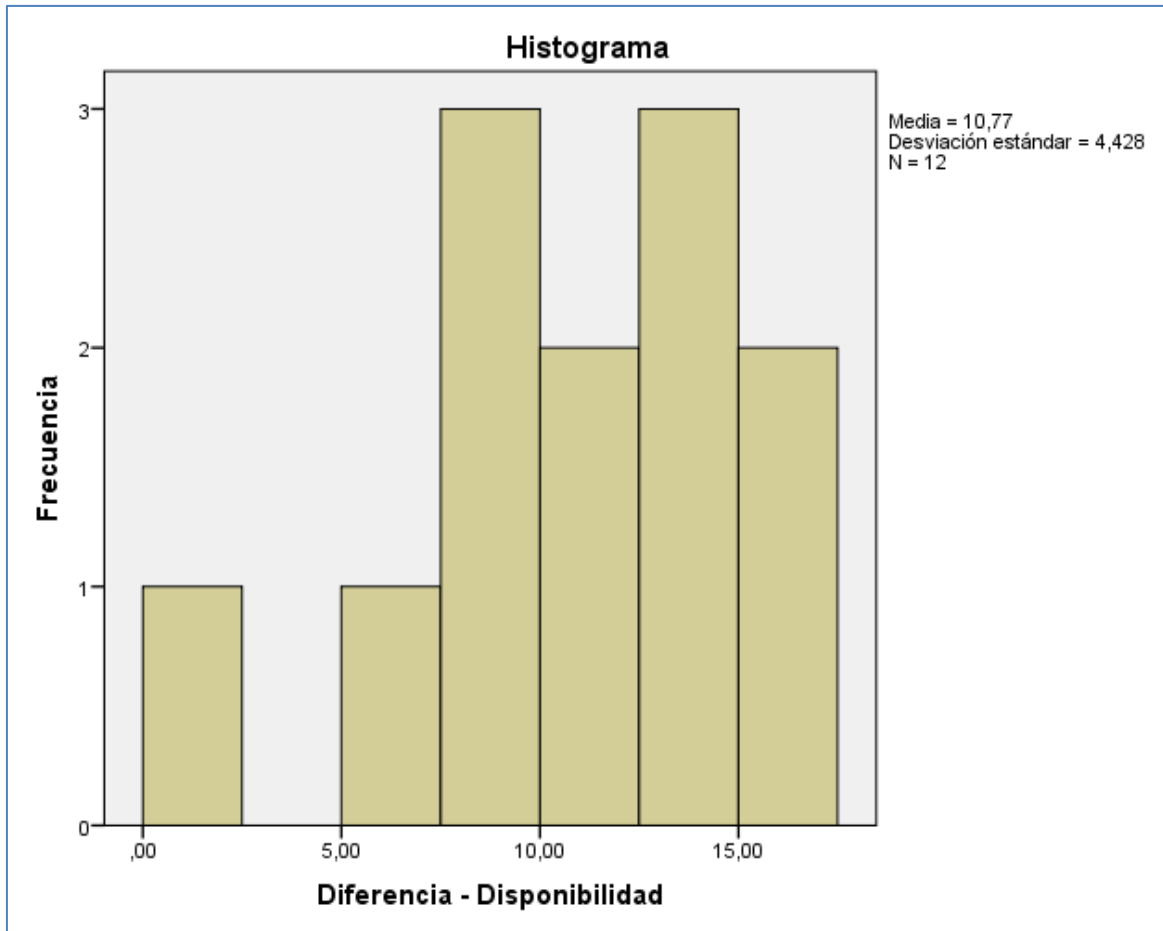
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia - Disponibilidad	,139	12	,200 <sup>*</sup>	,948	12	,603

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Fuente: Elaboración propia en SPSS.*

En la tabla 50, se observa que el Pvalor de la diferencia de la calidad pre test y post test con Shapiro-Wilk es 0.603, siendo los datos paramétricos. Por lo tanto, según (Guillen, 2016, p.17) se debe usar la prueba de T-student.



*Figura 64. Histograma – prueba de normalidad de la disponibilidad  
Fuente: Elaboración propia.*

### **Contrastación de la hipótesis específica1**

- **H<sub>0</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) no mejora la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.
- **H<sub>1</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) mejora la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

Tenemos como regla de decisión:

H<sub>0</sub>: No existe diferencia en la disponibilidad después de aplicar el TPM (Disponibilidad<sub>pre</sub> ≥ Disponibilidad<sub>post</sub>).



H<sub>1</sub>: Existe diferencia en la disponibilidad después de aplicar el TPM (Disponibilidad<sub>pre</sub> ≥ Disponibilidad<sub>post</sub>).

Dónde:

Disponibilidad<sub>pre</sub>: Disponibilidad antes del TPM.

Disponibilidad<sub>post</sub>: Disponibilidad después del TPM.

**Si sigma > 0,05 se acepta la Hipótesis nula, si sigma < 0,05 se acepta Hipótesis de trabajo.**

*Tabla 51. Prueba t-student de pares relacionados – disponibilidad*

**Prueba de muestras emparejadas**

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Disponibilidad pre test - Disponibilidad post test	-10,76500	4,42847	1,27839	-13,57871	-7,95129	-8,421	11	,0000040

*Fuente: Elaboración propia.*

En la estadística inferencial, la mejora de la disponibilidad es evidente y se puede demostrar que el nivel de significación de 0,05 da un valor = 0,0000040 %, lo que indica que el valor es significativo, lo que confirma lo que nos dice la hipótesis alternativa.; la aplicación del TPM incrementa el OEE del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

## Análisis inferencial de la hipótesis específica 2

Determinar qué estadística usar para refutar una hipótesis en particular 2. Dado que tenemos 12 muestras con menos de 30 datos, se usará la estadística de Shapiro Wolf. Dado que el diseño de nuestro estudio era previo a la prueba, fue necesario correlacionar las diferencias en los datos antes y después de la prueba. En el caso de un diseño de semi ensayo, los datos previos y posteriores a la prueba se analizan por separado (no se calculan las diferencias).

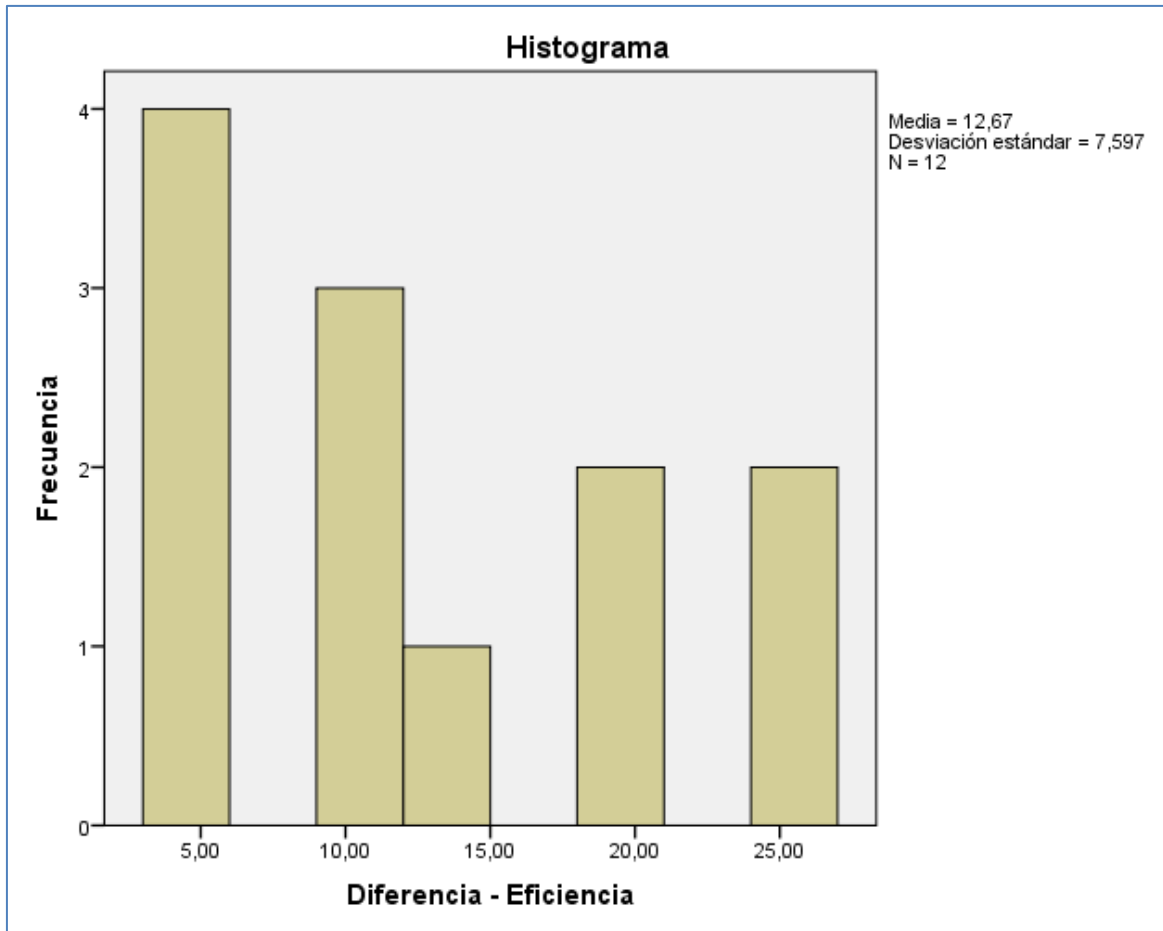
*Tabla 52. Prueba de normalidad de la eficiencia con Shapiro Wilk*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia - Eficiencia	,232	12	,074	,862	12	,053

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Fuente: Elaboración propia en SPSS.*

En la tabla 52, se observa que el Pvalor de la diferencia de la eficiencia pre test y post test con Shapiro-Wilk es 0.053, siendo los datos no paramétricos. Por lo tanto, según (Guillen, 2016, p.17) se debe usar la prueba de Wilcoxon de pares relacionados para la contrastación de hipótesis donde se comparan medias.



*Figura 65. Histograma – Prueba de normalidad de la eficiencia  
Fuente: Elaboración propia en SPSS.*

### **Contrastación de la hipótesis específica 2**

- **H<sub>0</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) no mejora la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

- **H<sub>1</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) mejora la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

Tenemos como regla de decisión:

H<sub>0</sub>: No existe diferencia en la eficiencia después de aplicar el TPM ( $Eficiencia_{pre} \geq Eficiencia_{post}$ ).

H<sub>1</sub>: Existe diferencia en la eficiencia después de aplicar el TPM ( $Eficiencia_{pre} < Eficiencia_{post}$ ).

Dónde:

Eficiencia<sub>pre</sub>: Eficiencia antes del TPM.

Eficiencia<sub>post</sub>: Eficiencia después del TPM.

**Si  $\sigma > 0,05$  se acepta la Hipótesis nula, si  $\sigma < 0,05$  se acepta Hipótesis de trabajo.**

*Tabla 53. Prueba Wilcoxon de pares relacionados – eficiencia*

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Eficiencia post test - Eficiencia pre test
Z	-3,061 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,002

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos negativos.

*Fuente: Elaboración propia.*

En la estadística inferencial, la mejora de la eficiencia es evidente y se puede demostrar que el nivel de significación de 0,05 da un valor = 0,000124 %, lo que indica que el valor es significativo, lo que confirma lo que nos dice la hipótesis alternativa.; la aplicación del TPM incrementa el OEE del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

### Análisis inferencial de la hipótesis específica 3

Para contrastar la hipótesis específica 3, se determina el estadígrafo a utilizar. Debido a que se tiene 12 datos tenemos que la muestra es menor a 30, se utilizará el estadígrafo Shapiro Wilk.

Tabla 54. Prueba de normalidad de la calidad con Shapiro Wilk

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia - Calidad	,260	12	,024	,864	12	,055

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 54, se observa que el Pvalor de la diferencia de la calidad pre test y post test con Shapiro-Wilk es 0.055, siendo los datos no paramétricos. Por lo tanto, según (Guillen, 2016, p.17) se debe usar la prueba de Wilcoxon.

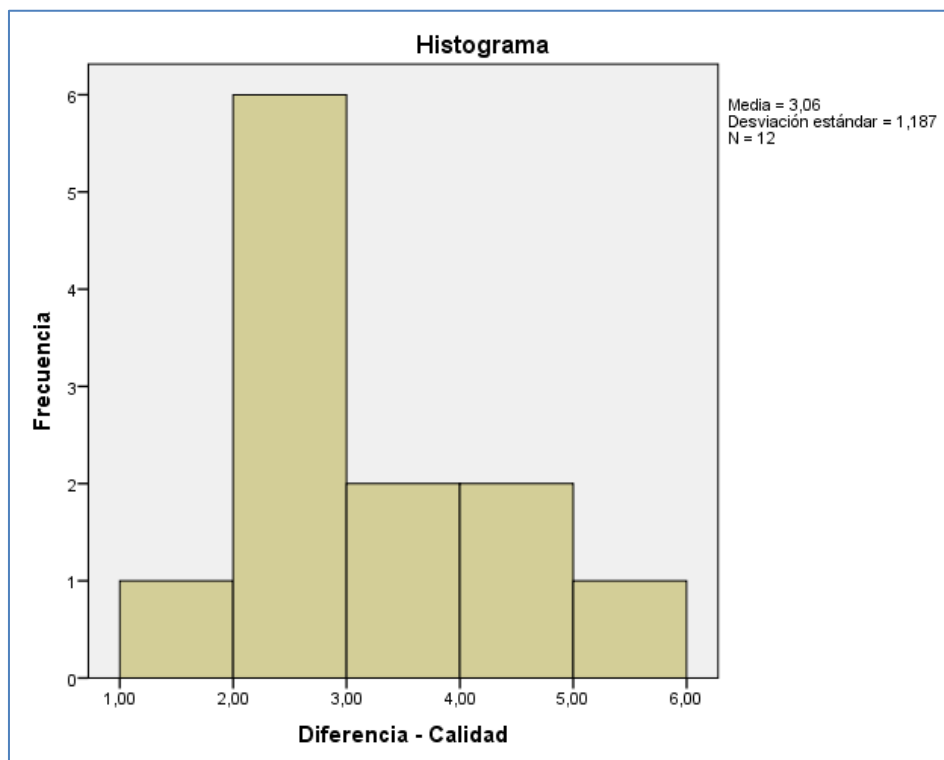


Figura 66. Histograma – prueba de normalidad de la calidad  
Fuente: Elaboración propia en SPSS

### Contrastación de la hipótesis específica 3

- **H<sub>0</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) no mejora la calidad del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

- **H<sub>1</sub>**: Demostrar que el mantenimiento productivo total (TPM) mejora la calidad del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

Tenemos como regla de decisión:

H<sub>0</sub>: No existe diferencia en la eficiencia después de aplicar el TPM ( $Calidad_{pre} \geq Calidad_{post}$ ).

H<sub>1</sub>: Existe diferencia en la eficiencia después de aplicar el TPM ( $Calidad_{pre} < Calidad_{post}$ ).

Dónde:

Calidad<sub>pre</sub>: Calidad antes del TPM.

Calidad<sub>post</sub>: Calidad después del TPM.

**Si  $\sigma > 0,05$  se acepta la Hipótesis nula, si  $\sigma < 0,05$  se acepta Hipótesis de trabajo.**

*Tabla 55. Prueba Wilcoxon de pares relacionados – calidad*

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Calidad post test - Calidad pre test
Z	-3,061 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,002

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos negativos.

*Fuente: Elaboración propia.*

En la estadística inferencial, la mejora de la calidad es evidente y se puede demostrar que el nivel de significación de 0,05 da un valor = 0,0025 %, lo que indica que el valor es significativo, lo que confirma lo que nos dice la hipótesis alternativa.;

la aplicación del TPM incrementa el OEE del tanque de enfriamiento de leche en la empresa Agroindustrial, Trujillo 2020.

## **V. DISCUSIÓN**



Con respecto a la hipótesis general, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y confirmar la hipótesis de trabajo ( $H_1$ ), debido a que la significancia en la prueba t de Student del par correlacionado es 0.00000000980 y debido a que existe eficiencia del instrumento (OEE), la mejora se debe a la aplicación de TPM . Entre ellos, el promedio previo a la prueba fue del 71,53 %, el promedio posterior a la prueba fue del 95,44 % y el uso de TPM mejoró el OEE en un 23,91 %. Así lo confirma un artículo científico de Djatna & Alitub (2015), donde antes de aplicar TPM la tasa promedio era del 50% y después de aplicar llega a 87,5, es decir un incremento del 37,5% frente a nuestro OEE.

Con respecto a la hipótesis específica 1, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se confirmó la hipótesis activa ( $H_1$ ) porque la significación del par correlacionado en la prueba t de Student es 0.0000040 y por ser bilateral es menor que 0.025 y el aumento en la disponibilidad se debe a al uso de TPM. Los resultados mostraron que el nivel de utilidad promedio antes de la prueba fue del 87,15 %, después de la prueba fue del 97,92 % y el uso mejorado fue del 10,77 %. Así lo verifica el trabajo de Alvino (2017), con una disponibilidad promedio del 71,34% antes de la adopción del TPM y del 85,80% después de la adopción, lo que representa un aumento del 14,46%.

Con respecto a la hipótesis específica 2, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se afirmó la hipótesis de trabajo ( $H_1$ ) ya que la significancia en la prueba Wilcoxon de pares relacionados fue de 0.002 y como es de 2 colas, por lo cual es menor a 0.025, es decir, el rendimiento es por aplicación de TPM. La eficiencia promedio medida antes de la prueba fue del 85,18 %, después de la prueba fue del 97,85 % y la eficiencia aumentó en un 12,67 %. Esto fue verificado en un artículo de Reyes (2019), que mostró un aumento del 12,17% en el rendimiento del dispositivo durante un promedio de 3 meses después de usar TPM.

Con respecto a la hipótesis específica 3, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y confirmar la hipótesis activa ( $H_1$ ) porque la significancia de la prueba de Wilcoxon para el par correlacionado es de 0,002 y por ser bilateral es menor de 0,025, por lo que el aumento de calidad se debe a la aplicación de TPM. La calidad media de la

prueba es del 96,52 %, después de la prueba es del 99,58 % y la mejora de la calidad es del 3,06 %. Esto lo confirma un artículo científico de Okpal, Anozie & Mgbemen (2020), donde la calidad promedio del TPM antes de la aplicación es del 96,38 % y después de la aplicación del 99,35 %, es decir, un 2,97 % más.

## **VI. CONCLUSIONES**

Con respecto al objetivo general, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se confirmó la hipótesis activa ( $H_1$ ) debido a que la significancia en la prueba t de Student para el par correlacionado es 0.00000000980 y al ser bilateral es menor 0.025 y el incremento en OEE se debe a Aplicaciones TPM. Los resultados mostraron que el OEE medio del pretest fue del 71,53 % y del posttest del 95,44 %, y el uso de TPM podría mejorar el OEE en un 23,91 %.

Con respecto al objetivo específica 1, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se confirmó la hipótesis activa ( $H_1$ ) porque la significancia del par correlacionado en la prueba t de Student es 0.0000040 y por ser bilateral es menor que 0.025 y el aumento en la disponibilidad se debe a al uso de TPM. Los resultados mostraron que el nivel de utilidad promedio antes de la prueba fue del 87,15 %, después de la prueba fue del 97,92 % y el uso mejorado fue del 10,77 %.

Con respecto al objetivo específica 2, se rechazó hipótesis nula ( $H_0$ ) y confirmar la hipótesis de trabajo ( $H_1$ ) porque la bondad de ajuste de la prueba de pares de Wilcoxon es de 0,002 y al tener dos lados es menor de 0,025, es decir, la mayor disponibilidad se debe al uso de TPM . Los resultados mostraron que el nivel de utilidad promedio antes de la prueba fue del 85,18 %, después de la prueba fue del 97,85 % y la disponibilidad mejorada fue del 12,67 %.

Con respecto al objetivo específica 3, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y confirme la hipótesis activa ( $H_1$ ) porque la significación de la prueba de Wilcoxon para el par de correlaciones es de 0,002 y como es bilateral es menor de 0,025, es decir, el aumento de la disponibilidad se debe a que se usa TPM. Los resultados muestran que la usabilidad promedio antes de la prueba es del 96,52% y después de la prueba es del 99,58%, lo que significa una mejora de la disponibilidad del 3,06%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Nuestras recomendaciones con respecto a los resultados de la investigación son las siguientes:

En términos de mejora de OEE, recomendamos continuar aplicando el método TPM en empresas agroindustriales porque ha aumentado la eficiencia general de los tanques de enfriamiento de leche, por lo que su aplicación en pasteurizadores es muy adecuada. Introduce errores de igual tamaño. De igual forma, esta investigación guía hasta la implementación del programa "Mantenimiento HTM" para monitorear los indicadores de desempeño de la máquina.

En cuanto a mejorar la disponibilidad de refrigerante, se recomienda continuar implementando el TPM, encaminando la investigación en la medida en que se pueda implementar "EasyMaint", con el fin de registrar y acceder a datos con mayor detalle sobre el tipo de falla, tiempo promedio de reparación y, por lo tanto, las actividades de mantenimiento se pueden planificar para garantizar la disponibilidad.

En cuanto a la mejora de la eficiencia del enfriador, el TPM debe continuar utilizándose para guiar la investigación en la medida en que se pueda implementar un enfoque ABC para administrar el inventario de repuestos en función de su rotación, para identificar repuestos con mayor o menor rotación para suministrar importados. piezas de repuesto primero, para evitar el montaje ineficiente de piezas estándar.

En cuanto a la mejora de la calidad del tanque de agua de refrigeración, se recomienda continuar utilizando TPM, continuar con la práctica de las 5 "S", mantener el tanque de agua en buenas condiciones y realizar el sistema "HACCP - Análisis de Puntos de Control Peligrosos y Críticos" tanto como sea posible. posible asegurar la inocuidad del producto e identificar las partes de la máquina que podrían causar algún tipo de contaminación cruzada, reduciendo la cantidad de litros de leche descartados por el área de calidad.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADOLPH, S., KUBLER, P., METTERNICH, J., ABELE, E. (2016). Overall Commissioning Effectiveness: Systematic Identification of Value-added Shares in Material Supply. ScienceDirect, 06p.
2. ALLATA S., VALERO A. & BENHADJA L. (2017). Implementation of traceability and food safety systems (HACCP) under the ISO 22000:2005 standard in North Africa: The case study of an ice cream company in Algeria. ScienceDirect, 15p.
3. ALVINO Ruiz Omar (2017). “Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia global de los equipos seydel en el área tops de la Empresa Sudamericana de Fibras S.A., Callao, 2017”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 198 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en:  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21192/Alvino\\_RO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21192/Alvino_RO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
4. BAENA, G. (2019). Metodología de la investigación. (3ra ed.). Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com>
5. BALDÁRRAGO Baldárrago Jorge Luis Aníbal (2018). Curso de Metodología de la Investigación. Área de Investigación. Lima: Universidad César Vallejo.
6. CHLEBUS E., HELMAN J., OLEJARCZYK M. & ROSIENKIEWICZ M. (2015). A new approach on implementing TPM in a mine – A case study. ScienceDirect, 12p.

7. COLOMBO A., OLDANI L. & TRASATTI S.P (2017). Corrosion failure analysis of galvanized steel pipes in a closed water-cooling system. ScienceDirect, 13p.
8. CONDORI Pampas Harry Hilton (2017). "Aplicación del Mantenimiento Autónomo para mejorar el índice de Eficiencia global de máquinas CNC del Área de producción de la Empresa Mimco S.A.C. Callao 2017". Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 180 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23158/Condori\\_P\\_HH.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23158/Condori_P_HH.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
9. DJATNA Taufik, ALITU Imam Muharram (2015). An application of association rule mining in total productive maintenance strategy: an analysis and modelling in wooden door manufacturing industry. ScienceDirect, 24p.
10. FERREIRA et.al (2020). Un enfoque novedoso para mejorar las operaciones. ScienceDirect, 07p.
11. GIL Sandoval Héctor Antonio (2018). Curso Metodología de la Investigación. Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Programa de Formación para adultos. Lima – Perú.
12. GUILLÉN Valle, Óscar Rafael (2016). Guía de SPSS 22 para elaboración de trabajos de investigación científica. Málaga: Universidad de los Pueblos de Europa, 182 pp.



13. HERNÁNDEZ Sampieri Roberto, FERNÁNDEZ Collado Carlos, BAPTISTA Lucio Pilar (2010). Metodología de la Investigación. 5a ed. Mexico D.F: Mcgraw Hill/Interameciana Editores. S.A. de C.V, 607 pp. ISBN: 9786071502919
14. HERNÁNDEZ Sampieri Roberto, MÉNDEZ Valencia Sergio, MENDOZA Torres Christian Paulina, CUEVAS Romo Ana (2017). Fundamentos de Investigación. Mexico D.F: Mcgraw Hill Education, 268 pp.
15. ISO 19011 (2018). Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión. [En línea]. [Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.cecep.edu.co/documentos/calidad/norma-iso-19011-2018.pdf>
16. KIGSIRISIN Soraphon, PUSSAWIROA Sirawit, NOOHAWMB Onurai. (2016). Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity: A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant. ScienceDirect, 8p.
17. KOSICKA Ewelina, GOLA Arkadiusz & PAWLAK Joanna (2019). Application-based support of machine maintenance. ScienceDirect, 5p.
18. LA JARA Nores Juan Carlos (2018). “Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global de los Equipos, en una fábrica de alimentos, en el área de hojalatería, Cercado, 2018”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 115 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38458>
19. MAGUIÑA Ramírez David Gabriel (2017). “Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia general de los equipos del proceso de producción de la línea de panetones en la empresa Gloria - Huachipa 2016”.

Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 179 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22461>

20. [MARTINS et.al \(2020\). Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company.](#) ScienceDirect, 8p.

21. MDO dos Reisa et.al (2019). A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction. ScienceDirect, 8p.

22. MEZA Salgado Luis (2017). “Aplicación de tres pilares del mantenimiento productivo total para mejorar la eficiencia global de los equipos en la Planta Merrill Crowe de la Empresa Minera Barrick Misquichilca Unidad Pierina HUARAZ-2017”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 131 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/28364>

23. MILLONES Gómez Pablo (2020). Curso de Metodología de la Investigación. Área de Investigación. Lima: Universidad César Vallejo.

24. MWANZA Bupe G., Mbohwa Charles (2015). Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company. ScienceDirect, 20p.

25. NEL Quezada, Lucio (2015). Metodología de la investigación. Lima: Editorial MACRO, 334 pp.

- 26.OKPALA Charles Chikwendu, ANOZIE Stephen Chima, MGBEMENA Chika Edith (2020). The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company. ScienceDirect, 20p.
- 27.OLIVEIRA et.al (2016). Use of maintenance performance indicators by companies of the industrial hub of Manaus. ScienceDirect, 11p.
- 28.PASCAL Vrignat, TOUFIK Aggab, AVILA Manuel, FLORENT Duculty, FRÉDÉRIC Kratz (2019). Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy. ScienceDirect, 11p.
- 29.PINTO Hugo, PIMENTEL Carina y Cunha Madalena (2016). Implicaciones del mantenimiento productivo total en psicología Sentido de pertenencia. ScienceDirect, 07p.
- 30.REYES Oliva Christian Gabriel (2019). “Aplicación del sistema TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en la empresa Servicios Integrales Diésel S.A.C., Lima-2019”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 115 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43222>
- 31.RIBEIRO I. M. et.al (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. ScienceDirect, 9p.
- 32.SAHOO Saumyaranjan, YADAV Sudhir (2020). Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturers. ScienceDirect, 8p

33. SEMINARIO Cerdán Luis Alberto (2017). “Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia de las máquinas CNC de una empresa metal mecánica Lima - Perú 2017”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 209 pp. [En línea]. [Fecha de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23173>
34. SHARMA et.al (2020). Performance measurement metrics in TPM: A contextual view to training and development. ScienceDirect, 5p.
35. SOCCONINI Luis (2016). Certificación Lean Six sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios. 2a ed. México D.F: Alfaomega Grupo editos S.A, 354 pp. ISBN: 978-607-622-600-1.
36. SURYAPRAKASH M. et.al (2019). Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm. ScienceDirect, 6p.
37. TIPACTI Manuel (2018). Curso Investigación I. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Ambiental. Postgrado de Ingeniería Ambiental Mención en tratamiento de aguas contaminadas y rehúso de desechos. Lima – Perú.
38. VALDERRAMA Mendoza Santiago (2013). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2a ed. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L, 368 pp. ISBN: 978-612-302-878-7
39. YAURI Alayo Edwin Andrés (2018). “Aplicación del Mantenimiento Autónomo para mejorar los índices de la Eficiencia Global en el área de Mantenimiento de la empresa PANORAMA S.A.C. Lima, 2017”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Universidad César Vallejo. 154 pp. [En línea]. [Fecha

de consulta 21 de septiembre de 2020]. Disponible en:  
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21770>

40. YAVUZ Oğuzhan, DOĞAN Ersin, CARUS Ergün, GÖRGÜLÜ Ahmet (2019).  
Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry. ScienceDirect, 8p.

## **IX. ANEXO**

### **ANEXO 3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Tabla 56. Matriz de Operacionalización

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</b>	<p>Socconini (2016, p.316):                      Mantenimiento productivo total es una metodología de mejora que permite la continuidad de la operación en los equipos y edificios, al introducir los conceptos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevención.</li> <li>• Cero defectos ocasionados por máquinas.</li> <li>• Cero accidentes.</li> <li>• Cero paros.</li> <li>• Participación total de las personas.</li> </ul>	<p>El TPM debe reducirse a 3 pilares principales: mejora del entorno de trabajo, mantenimiento autónomo y planificado y desarrollo de trabajo estándar                      Chlebus (2015, p.3).</p>	<b>MEJORA DEL ENTORNO DE TRABAJO</b>	$EU = \frac{PUC}{TPS} \times 100\%$ <p>EU: Exactitud de Ubicación de repuestos                      PUC: Repuestos Ubicados Correctamente                      TPS: Total de Repuestos Solicitados</p>	Razón
			<b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y PLANIFICADO</b>	$ES = \frac{CPR}{CPS} \times 100\%$ <p>ES: Exactitud de Stock                      CPR: Cantidad de Repuestos Reales                      CPS: Cantidad de Repuestos en el Sistema</p>	Razón
			$MBT = \frac{MRr}{MRp} \times 100\%$ <p>MTB: Mantenimiento basado en tiempo                      MRr: Mantenimiento por recorrido realizado                      MRp: Mantenimiento por recorrido programado</p>	Razón	



			<b>TRABAJO ESTÁNDAR</b>	$IAAV = \frac{AAV - AV \text{ no VALOR}}{\sum TA}$ <p>IAAV = Índice de actividades que agregan valor  AAV = Actividades que agregan valor  TA = Total de actividades  TE = Tiempo Estándar  TN = Tiempo Normal  S = Suplementos  TE = TN x (1 + S)</p>	Razón
<b>VARIABLE DEPENDIENTE EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPO (OEE)</b>	Okpala et. al (2018, p.2), explicaron que OEE es una forma efectiva de analizar el rendimiento del equipo. Señalaron que es una función de calidad, tasa de rendimiento y disponibilidad, que en realidad mide las pérdidas de equipo.	OEE se calcula en función de la disponibilidad del equipo, su eficiencia y calidad (Djana, 2015, p.3).	<b>DISPONIBILIDAD</b>	$DISPONIBILIDAD = \frac{\text{Tiempo planificado} - \text{Tiempo inactivo}}{\text{Tiempo planificado}}$	Razón
			<b>EFICIENCIA</b>	$EFICIENCIA = \frac{\text{Número de productos procesados} \times \text{Tiempo ciclo}}{\text{Tiempo operativo}}$	Razón
			<b>CALIDAD</b>	$CALIDAD = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{cantidad defectuosa}}{\text{Cantidad procesada}}$	Razón

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 4. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

*Tabla 57: Reporte de Mantenimiento*

REPORTE DE MANTENIMIENTO		Código: MP-CAL-018
		Versión: 00
		Nº Registro:
		Página 1 de 1
CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	PREVENTIVO <input type="checkbox"/>
INTERNO	<input type="checkbox"/>	EXTERNO <input type="checkbox"/>
FECHA: ___/___/___		
PROVEEDOR / EJECUTOR: _____		
EQUIPO: _____		
Nº DOCUMENTO DE INGRESO: _____		GARANTÍA: _____
TRABAJO A EJECUTAR: _____		
FALLAS REGISTRADAS		CAUSA DE FALLAS
TRABAJO EFECTUADO: _____		
El trabajo realizado tiene una garantía de (                    ) a partir de su fecha de recepción		
APROBADO:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Realizador por:		Aprobado por:

Fuente: Elaboración propia



MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE REFRIGERACION

Nº 002292

PROVEEDOR: AGROPECUARIA Las Uñas CODIGO SAP: 10076450037
ZONA: NANTA O.M: FECHA: 15/09/2019

TIPO DE TRABAJO: INSPECCION: MTTTO PREVENTIVO: [X] FRECUENCIA: Meses MTTTO CORRECTIVO: MONTAJE:

Table with columns: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, FREQ., SI, NO, OBSERVACIONES. Section: TANQUE DE ENFRIAMIENTO. Rows include: Inspeccion del tanque, Inspeccion Motoreductor/agitador, Revision Nivelacion del Tanque, etc.

Table with columns: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, FREQ., SI, NO, OBSERVACIONES. Section: SISTEMA DE LIMPIEZA. Rows include: Verificacion operacion sistema de limpieza, Verificacion estado de componentes, etc.

Table with columns: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, FREQ., SI, NO, OBSERVACIONES. Section: TABLERO CONTROL / FUERZA. Rows include: Mantenimiento tablero de control y fuerza, Verificacion cables electricos.

Table with columns: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, FREQ., SI, NO, OBSERVACIONES. Section: UNIDAD CONDENSACION. Rows include: Inspeccion y Limpieza Und. Condensadora, Revision presiones y presostatos de refrigerante, etc.

Table with columns: TOMA DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO. Rows include: Cond. 1, Cond. 2, Cond. 3, Cond. 4. Columns: I1, I2, I3, Ps, Pd, Pa, Vent. 1-4, Agit. 1-2, Bomba, LECHG, GLICOL, AIRE, TI, TF, T, Voltaje.

Table with columns: REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS, REPUESTOS Y MATERIALES REQUERIDOS. Rows include: Detalle, Ctd/Und., Detalle, Ctd/Und. with handwritten entries like 'RS: 65 PIR', 'RD: 210 PIR'.

SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES: Se aconseja con alta presion de descarga 330 PIS se realiza limpieza de unidad condensada y Tablero electrico.

Vo Bo. TECNICO: NOMBRE: M. Humberto Julea. Vo Bo. GANADERO: NOMBRE: Vo Bo. JEFE MANTTO: NOMBRE:

8506681

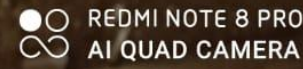


Tabla 58: Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> - ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la OEE del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> - ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020? - ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020? - ¿La aplicación del TPM podrá mejorar la calidad de operatividad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> - Aplicar el TPM para incrementar la OEE del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> - Aplicar el TPM para incrementar la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020. - Aplicar el TPM para incrementar la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020. - Aplicar el TPM para incrementar la calidad de operatividad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> - La utilización del TPM mejora la OEE del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> - La aplicación del TPM mejora la disponibilidad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020. - La aplicación del TPM total mejora la eficiencia del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020. - La aplicación del TPM mejora la calidad de operatividad del tanque de enfriamiento de leche en una empresa agroindustrial, Trujillo 2020.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</b> <b>EXACTITUD DE UBICACIÓN DE REPUESTOS:</b> <math>EU = \frac{\text{Repuestos ubicados correctamente}}{\text{Total de repuestos solicitados}} \times 100\%</math></p> <p><b>EXACTITUD DE STOCK DE REPUESTOS:</b> <math>ES = \frac{\text{Cantidad de repuestos reales}}{\text{Cantidad de repuestos en el sistema}} \times 100\%</math></p> <p><b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PLANIFICADO:</b> <math>MBT = \frac{\text{Mantenimiento por recorrido realizado}}{\text{Mantenimiento por recorrido programado}} \times 100\%</math></p> <p><b>TRABAJO ESTÁNDAR:</b> <math>IAAV = \frac{AAV - AV \text{ no valor}}{\sum TA}</math>      <math>TE = TN \times (1+S)</math></p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)</b> <b>DISPONIBILIDAD:</b> <math>DISPONIBILIDAD = \frac{\text{Tiempo planificado} - \text{Tiempo inactivo}}{\text{Tiempo planificado}} \times 100\%</math></p> <p><b>EFICIENCIA:</b> <math>EFICIENCIA = \frac{\text{Cantidad procesada} \times \text{tiempo ciclo}}{\text{Tiempo operativo}} \times 100\%</math></p> <p><b>CALIDAD:</b> <math>CALIDAD = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{Cantidad defectuosa}}{\text{Cantidad procesada}} \times 100\%</math></p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Juicio de expertos



Observaciones (precisar si hay suficiencia):

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

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Ing Lino Rodriguez Alegre

DNI: 06535058

Especialidad del validador: Ing Pesquero Tecnólogo Mag Administración

<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.

Firma del Experto Informante.

ING. LINO R. RODRIGUEZ ALEGRE  
INGENIERO PESQUERO TECNÓLOGO  
C.I.P: 25095

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

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

**Apellidos y nombres del juez validador:** Dr/ Mg: Jorge Nelson Malpartida Gutiérrez.    **DNI:** 10400346

**Especialidad del validador:** Ingeniero Industrial.

<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. .



-----  
**Firma del Experto Informante.**

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si Hay|

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

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Molina Vilchez, Jaime Enrique

Especialidad del validador: Ingeniero industrial CIP 100497

<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. .



-----  
Firma del Experto Informante.



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**INDUSTRIAL Y ARQUITECTURA**

Aplicación del TPM para mejorar la Eficiencia Global del tanque de enfriamiento de leche en la empresa agroindustrial, Trujillo 2021.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**AUTOR:**

AYMA BRAVO, Leo Ferdinan  
(ORCID 0001-5288-8173-8281)

MUNDACA JULCA, William Daniel  
(ORCID 0000-0002-0348-5248)

**ASESOR:**

Mg. Ing. AÑAZCO ESCOBAR, Dixon Groky  
(ORCID 0000-0002-2729-1202)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

Resumen de coincidencias

24 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	16 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	6 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	repositorioacademico... Fuente de Internet	<1 %
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %
6	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %