



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE
ENFRIAMIENTO DE UNA EMPRESA INDUSTRIAL
DE LÁCTEOS. TRUJILLO-2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Jhoan Pachas Gamonal

Asesor:

Ing. Jean Carlos Escurra Lagos
<https://orcid.org/0000-0003-2730-8323>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Cesar E. Santos Gonzales	41458690
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Luis A. Mantilla Rodriguez	41192518
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Carlos E. Mendoza Ocaña	17806063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Jhoan-11

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

4%

2

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

4%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

4

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

idoc.pub

Fuente de Internet

1%

DEDICATORIA

*A mis padres, Hermita e
Ytalo, mis hermanos Carlos y
Fiorella, por ser mi fortaleza
de continuar día a día y
enseñarme el valor de la
perseverancia.*

AGRADECIMIENTO

Agradecido con Dios nuestro Padre por la vida y porque su misericordia con nosotros es infinita, a mis padres y familiares por su aliento de perseverancia y escucharme en momentos difíciles de mi vida, son mi motivación a seguir adelante para continuar por mis metas y objetivos. A mis docentes universitarios y mi asesor de tesis por su dedicación y paciencia para transmitir sus conocimientos ya que varios de ellos me han brindado su amistad y me han guiado hasta llegar a esta etapa de mi formación.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1 Realidad problemática	10
1.2 Formulación del problema	29
1.3 Objetivos	29
1.4 Hipótesis.....	30
CAPÍTULO II. MÉTODO	31
CAPITULO III. RESULTADOS.....	36
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	105
REFERENCIAS.....	111
ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores KPIs de mantenimiento.....	21
Tabla 2. Áreas de aplicación de equipos de refrigeración.....	23
Tabla 3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	33
Tabla 4. Técnicas e instrumentos de análisis de datos.....	34
Tabla 5. Numeración de cada problema(causa) raíz.....	37
Tabla 6. Frecuencia de fallas ordenado de mayor a menor.....	37
Tabla 7. Ponderación de índice de Gravedad - AMEF.....	45
Tabla 8. Ponderación de índice de Ocurrencia - AMEF.....	45
Tabla 9. Ponderación de índice de Detección - AMEF.....	46
Tabla 10. Elaboración del análisis de AMEF – Unidad condensadora tanques de enfriamiento.....	47
Tabla 11. Elaboración del análisis de AMEF – Sistema de agitación de leche.....	49
Tabla 12. Elaboración del análisis de AMEF – Sistema eléctrico.....	49
Tabla 13. Elaboración del análisis de AMEF – Sistema de almacenamiento de leche.....	51
Tabla 14. NPR de AMEFpara elaboración del plan de mantenimiento.....	53
Tabla 15. Elaboración del análisis AMEF – Unidad condensadora CHILLER.....	59
Tabla 16. Elaboración del análisis AMEF – 2da etapa de enfriamiento CHILLER.....	61
Tabla 17. Elaboración del análisis AMEF – Sistema eléctrico CHILLER.....	62
Tabla 18. NPR de AMEF para elaboración del plan de mantenimiento CHILLER.....	64
Tabla 19. Lista de equipos para el mantenimiento a cargo del técnico N°1.....	68
Tabla 20. Lista de equipos para el mantenimiento a cargo del técnico N°2.....	71
Tabla 21. Lista de equipos para el mantenimiento a cargo del técnico N°3.....	74
Tabla 22. Listado de herramientas para el nuevo personal técnico.....	76
Tabla 23. Detalle de costos operativos totales del área de mantenimiento de equipos de enfriamiento de leche fresca actual.....	77
Tabla 24. Detalle de costos operativos totales del área de mantenimiento de equipos de enfriamiento de leche fresca propuesto.....	78
Tabla 25. Reporte de fallas registrado en los equipos de enfriamiento de leche fresca.....	79
Tabla 26. Priorización del reporte de fallas registrado en los equipos de enfriamiento por subsistema.....	80
Tabla 27. Características técnicas del Elevador de Tensión propuesto.....	83
Tabla 28. Detalle del costo de implementación de montaje del elevador de tensión.....	85
Tabla 29. Lista de repuestos/materiales no disponibles en el SAP.....	91
Tabla 30. Repuestos y materiales propuestos para compra de mantemiento.....	92
Tabla 31. Costo generado del personal por falta de STOCK de repuestos.....	94
Tabla 32. Propuesta de los repuestos y materiales negociados para compra.....	94
Tabla 33. Equipos de enfriamiento clasificados por tipo de control de temperatura.....	96
Tabla 34. Relación de tanques de enfriamiento para mejora técnica de cambio de tableros eléctricos.....	98
Tabla 35. Listado de materiales para cambios de los tableros eléctricos de contorl de temperatura.....	99
Tabla 36. Análisis de pérdidas recuperadas por no procesamiento de leche fresca afectado por la no dipsonibilidad de los equipos de enfriamiento.....	100
Tabla 37. Comparativo de costos de mantemiento/año.....	101
Tabla 38. Datos para la evaluación económica.....	103
Tabla 39. Estado de resultados y flujo de caja proyectados.....	103
Tabla 40. VAN, TIR y B/C.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	22
Figura2. Diagrama de causas raíces.	36
Figura3. Diagrama de Pareto de problemas raíces.....	38
Figura4. Lista de actividades de mantenimiento periodo Noviembre-21	40
Figura5. Despiece de partes generales del Chiller de enfriamiento Refrigerante R507.	41
Figura6. Despiece de partes generales de tanque de enfriamiento 1000 galones.	43
Figura7. Tabla de frecuencias de mantenimiento recomendadas	56
Figura8. Izquierda-Tanque de enfriamiento MUELLER de 1000Galones.....	56
Figura9. Chiller de enfriamiento De Laval, vista lateral y perspectiva	67
Figura10. Zona Lambayeque. Zonificación de equipos a cargo del técnico N°1.	68
Figura11. Zona Paiján - Trujillo. Zonificación de los equipos cargo del técnico N°2.	71
Figura12. Zona Trujillo-Viru. Zonificación de los equipos a cargo del técnico N°3.	74
Figura13. Diagrama de Pareto de frecuencia de fallos registrados en los enfriadores.	81
Figura14. Medición de voltaje monofásico. Se observa caída de tensión.	82
Figura15. Curva de corriente de arranque, arranque de motor conexión directa.....	85
Figura16. Lista de verificación repuestos y/o materiales faltantes en almacén.	91
Figura17. Termostato de control de temperatura mecánico Johnson Controls.....	97
Figura18. Producción mensual de leche fresca acopiado, leche concentrada	100
Figura19. Gráfica de barras sobre los costos de mantenimiento anual de los equipos.	101
Figura20. Izquierda-Tablero control de temperatura HiPerFormplus propuesto.....	102

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022. Se realizó un diagnóstico de la situación actual, determinándose los principales problemas raíces a través del diagrama de Ishikawa, la falta de actualización de los planes de mantenimiento, la inadecuada asignación de los recursos a las actividades de mantenimiento incluyendo repuestos críticos no disponibles en stock y la falta de formatos de evaluación de mantenimiento y también para instalación de equipos a nuevos proveedores de leche fresca, reflejan que el cumplimiento actual del mantenimiento es del 56.41%. Dentro de la propuesta de mejora se actualizaron los planes de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca disponibles utilizando la herramienta AMEF, se designó la contratación de un nuevo personal técnico para asignar correctamente las actividades del mantenimiento preventivo de todos los equipos, se propuso una lista de repuestos y materiales inexistentes necesarios, así mismo una mejora técnica del sistema eléctrico para el funcionamiento de 12 equipos con tecnologías obsoletas, se elaboró los formatos de evaluación para instalación de equipos en nuevos proveedores, formatos de mantenimiento y se determinó los costos mejorados reduciendo el impacto económico en un 23.72% anual.

Los resultados de la evaluación económica indican un VAN de S/ 16456.33, una TIR de 20% lo cual es mayor al costo de oportunidad COK esperado del 15%, un beneficio costo de S/1.26 y el PRI del dinero de 3 años con 6 meses después de haber realizado la inversión, todo el desarrollo del presente trabajo es importante resaltando que se están proponiendo mejoras notables inclusive en cuanto a modificaciones técnicas de los equipos de enfriamiento de leche fresca para incrementar la disponibilidad y confiabilidad.

Palabras claves: Gestión, mantenimiento, enfriamiento, costos operativos.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Las actividades de mantenimiento representan el soporte más importante dentro del proceso productivo de cualquier empresa, dependiendo del producto a elaborar, intervienen maquinaria acorde y resulta crítico asegurar la continuidad del proceso productivo ya que una falla puede repercutir de forma negativo en cuantiosas pérdidas no solo económicas, entonces desarrollar una buena gestión del mantenimiento repercute directamente en la reducción de costos (Pinedo, 2018).

En términos globales los inicios del mantenimiento se anticipan cuando surge la **Primera Revolución Industrial**, periodo que se inició en el siglo XVIII (a partir de 1750 en adelante) en Inglaterra, se extendió unas décadas después a gran parte de Europa occidental y América del Norte y finalmente concluyó entre 1820-1840. A medida que la maquinaria industrial se vuelve mucho más compleja se vió la necesidad de crear un departamento dedicado al mantenimiento dentro de las fábricas; posteriormente en la Segunda Guerra Mundial (1936-1945) aparece el concepto de **disponibilidad** que se define como la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas (Pinedo, 2018).

Actualmente el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2021) señala que hasta el primer trimestre del 2021 hay en el país un alrededor de 214 749 empresas de industria manufacturera, por el consiguiente el sector tiene un alto nivel de competitividad que lleva a las empresas de demarcar bien sus políticas de gestión de recursos. Es por esta razón que en la gestión de mantenimiento de las empresas debe llevar una correcta planificación que ayude a definir las buenas prácticas de manufactura (BPM) para un mayor nivel de productividad. El incremento de confiabilidad y disponibilidad repercute directamente proporcional a la productividad.

De acuerdo con las cifras difundidas por el **Ministerio de Agricultura (Minagri,**

2022), el consumo per cápita de leche en el Perú alcanza los 84 Kg/persona/año, lo que coloca al Perú como un país de consumo medio de leche según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La empresa industrial de lácteos en mención es peruana, que inició sus operaciones hace 80 años en Arequipa y se dedica al acopio, tratamiento, envasado, venta y comercialización de leche, derivados lácteos, y otros productos de consumo masivo. Es líder del mercado nacional de leches industrializadas, con una participación de mercado de 77.2% y siempre busca asegurar la máxima efectividad en el desarrollo de sus productos (marcas y presentaciones) mediante todas las operaciones de su sistema.

El desarrollo de las operaciones de la cuenca lechera Norte: Trujillo-Lambayeque-Ancash se efectúa a partir del año 2010, así actualmente el área de mantenimiento viene cubriendo todo el soporte de la maquinaria de Planta y también los equipos que se encuentren en campo, de este modo el aseguramiento de la calidad de la materia prima (Leche fresca) es de vital importancia para garantizar las siguientes etapas de la cadena de producción, la leche al ser un alimento altamente perecible debe mantener su temperatura de enfriamiento en 4°C máximo ya que a este valor la carga bacteriana inhibe su crecimiento evitando su descomposición. En la Zona Norte específicamente la cuenca lechera de La Libertad-Lambayeque-Ancash se acopian un aproximado de 380 000Kg diarios de leche fresca, este enfriamiento se realiza en equipos (tanques de almacenamiento) especializados de refrigeración de varias capacidades que van desde los 500litros hasta 16000litros, se cuentan con un total de 135 sistemas de enfriamiento entonces la disponibilidad y operatividad de los equipos de enfriamiento resulta crítico. De forma irónica la planificación del mantenimiento para los equipos en campo no se viene gestionando de forma adecuada, y esto debido a que recurrentemente se presentan fallas de diversas naturalezas, entonces no se viene realizando un buen avance de los *mantenimientos preventivos*, en el almacén de repuestos-insumos hay materiales obsoletos porque no se ha determinado cuales son los

componentes más críticos mediante algún análisis y no hay los *materiales necesarios* que son los que se requieren efectivamente para las actividades del mantenimiento y solo se cuentan con 02 personal técnico de mantenimiento tercerizando varios de las actividades a los sistemas, esto origina un sobre costo excesivo que cubrir.

No hay un plan de mantenimiento adecuado de los motores en función a sus horas de trabajo, no hay una frecuencia de lubricación o cambio de filtros secadores adecuado, y no se vienen aplicando formatos para registrar el historial de mantenimiento de cada equipo, así mismo se debe implementar formatos para el uso de los KPIs (indicadores) de mantenimiento necesarios para poder medir el efecto del mantenimiento en su aplicación.

Esta problemática exige realizar un análisis para verificar el estado e impacto de la gestión de mantenimiento que se viene aplicando a los equipos de campo, para que de este modo se pueda dar respuesta a estas interrogantes: ¿Cuál es el avance actual del mantenimiento preventivo a los equipos de enfriamiento de leche fresca? ¿Cuánto es la capacidad de atención para cualquier falla presentada? ¿El inventario de repuestos actual contiene los stocks mínimos y/o repuestos críticos necesarios? Mediante estas respuestas será posible formular una estrategia para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento.

Entonces el presente estudio pretender aplicar ciertas herramientas de la gestión de mantenimiento (herramienta AMEF) englobando no solamente el enfoque de mantenimiento al equipo como un sistema conjunto sino desglose como subsistemas y partes para de este modo determinar cuáles son los problemas que repercuten en el sistema global, determinar un nivel de criticidad y el impacto en las metas de mantenimiento, desarrollar los formatos adecuados para el monitoreo de los indicadores KPIs y presentar los costos de mejora con el escenario de la inversión propuesto. El estudio de antecedentes se presenta a continuación:

Muñoz (2018) en su trabajo “Análisis de la disponibilidad de máquinas y equipo aplicando la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) en la Planta Termoeléctrica Generoca de la ciudad de Guayaquil” Guayaquil, Ecuador señala mejorar la

disponibilidad en las maquinarias proponiendo disminuir los tiempos de paradas. Para esto utiliza técnicas de análisis como los modos de fallas, efectos y criticidad obteniendo un 17.58% de las fallas en el alternador con 973.4 horas, entonces elabora un plan de mantenimiento y además de capacitar al personal estima una recuperación de la inversión en el periodo tres con un VAN de \$ 46214.63

Tuarez (2013) en su tesis denominada “Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (mantenimiento productivo total)” tiene como objetivo incrementar la confiabilidad de los equipos involucrando directamente a todos los colaboradores para incrementar la detección de averías que se encuentra en el 11.2% mediante capacitaciones en la identificación de fallos físicos observables, esto es parte del ciclo de la mejora continua.

Guillen (2015) en “Optimización de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) a través de la estrategia de la Gestión de Mantenimiento”, cual objetivo fue el de establecer al OEE (indicador de la eficiencia global de los equipos) que tenía un 49,25% considerando deficiente. En los sistemas de gestión del departamento de mantenimiento para la empresa negroven S.A. el diseño de esta investigación fue deductivo analítica de campo, la población son los 21 equipos que trabajan en conjunto para cumplir la fabricación del negro de humo, entonces la muestra es el total de su población. Sus instrumentos de recolección de datos fueron la data histórica existente del registro de la fábrica. La investigación concluye con un incremento de la OEE (Eficiencia General de los Equipos) teniendo la calidad con 94,75%, disponibilidad un 96,68%, y rendimiento con 89,96%.

Luego Salazar (2019) en trabajo de investigación “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C” el propósito es mejorar la disponibilidad de los equipos, y para lograrlo se aplicó la herramienta AMEF análisis modal de fallas y efectos, también se

realizaron auditorias para poder identificar el cuello de botella en donde se concentran las fallas que ocasiona una baja disponibilidad, después del análisis se determinó con un 77% de disponibilidad que el punto más crítico del proceso está en el compresor de refrigeración donde se alcanza. Una vez determinado el punto más crítico se procede a la realización del RCM-mantenimiento centrado en la confiabilidad entonces ya realizado el mantenimiento se procedió a los cálculos entre ellos el MTTF obteniendo como resultado un tiempo de reparación promedio de 180 horas y se logró mejorar reduciendo el lapso hasta un promedio de 7.1 horas y también el MTBF tiempo medio entre fallas en donde se obtuvo una mejora, el cálculo inicial arrojó una media de 3.50 h. y se llegó a incrementar hasta los 34.29 horas, se procedió a calcular la disponibilidad del compresor donde se incrementó hasta un 98% una vez obtenido los dos indicadores. Finalmente, el autor llega a la conclusión de que para poder contar con equipos con un índice alto de disponibilidad se tiene que efectuar planes constantes de mejora del mantenimiento (reajustes).

Nayhua (2018) en su investigación “Diseño de un plan de mantenimiento con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para perforadoras Atlas Copco CT20 en la empresa Explodrilling. Realiza una propuesta para mejorar técnica y económicamente el Plan de Mantenimiento Preventivo para maquinaria pesada, mediante el uso del AMEF buscando reducir gastos y aumentar la productividad. Una de sus principales conclusiones es: “Al diseñar un plan de mantenimiento usando la filosofía del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se logra mejorar el MTBF(Tiempo medio entre fallas) en un 13%”.

En el contexto local Sanchez (2021) en su trabajo de investigación con título “Propuesta de implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para reducir costos operativos en la empresa de transportes Dias S.A.C” concluye en una reducción de S/. 9,791.67 mensuales, obteniendo S/63,600.00 con respecto al impacto económico financiero de la inversión total, el VAN es de S/. 160,096.90 y la TIR de 76.23%

superando ampliamente al costo de oportunidad definido debido a que la $COK < TIR$ (Costo de descuento = 20%); también realizó el análisis de beneficios obteniendo un B/C de 1.63, que al ser mayor que 1, significa que la propuesta es aceptable porque se obtendrá 0.63 soles por cada sol invertido.

Por último Acuña y Riojas (2020) menciona en “Plan de mantenimiento preventivo de montacargas para aumentar la rentabilidad en la empresa Triton Trading S.A Trujillo-2019”, la finalidad es mejorar sus indicadores de mantenimiento, los cuales son la confiabilidad y disponibilidad. Analizando un periodo de 01 semestre procedió a utilizar la herramienta AMEF, el diagrama de causa efecto Ishikawa para determinar las fallas con la finalidad de elaborar un plan de mantenimiento definido para los montacargas. Puesto en marcha este plan de mantenimiento preventivo menciona que las fallas durante los dos primeros meses disminuyeron, la confiabilidad y disponibilidad aumentaron al 83% y 99% respectivamente con una rentabilidad global del 84% que corresponde a S/. 244,140.00.

El estudio del marco teórico se muestra:

Sánchez (2015) indica al ***mantenimiento preventivo*** como una serie de acciones, necesarias para incrementar el tiempo de vida de equipos e instalaciones y reducir en lo mínimo posible que éstos se queden inoperativos por fallas imprevistas, tiene como misión realizar un plan de mantenimiento el cual contiene todas las actividades en un periodo de tiempo definido para ejecutar las revisiones y posteriormente el mantenimiento del equipo, con este método se evitan paros de emergencia de los equipos. Hay dos formas de aplicar el mantenimiento preventivo, de forma *sistemática* si es que se aplica basado en el tiempo-frecuencia de inspección, o de forma *condicional* (referido a la condición del estado de la maquinaria, del desgaste), ambas maneras son válidas.

El ***mantenimiento correctivo*** es el tipo de mantenimiento que se usa cuando el equipo o maquinarias se encuentran ya inoperativo por causas eléctricas, electrónicas y/o mecánicas durante su régimen de funcionamiento, es un mantenimiento no programado entonces se

origina por no ejecutar un correcto mantenimiento preventivo del sistema y contiene las mismas características que el tipo de mantenimiento por fallo y que involucra no solo solucionar las falla si no diagnosticar las razones exactas del problema. El inconveniente principal es que como sucede en el momento de la funcionalidad del equipo, generan altos costos por parada mientras dure la reparación hasta ponerlo en marcha. (González 2007).

Otra forma de reparar la maquinaria también es aplicando acciones modificatorias, cuando las reparaciones que se realizan siempre no generan el efecto deseado, para esto ya debe haberse ubicado la causa raíz; salvo caso mucho más positivo trae una acción modificatoria sino se ejecuta tras un efecto de fallo sino para repotenciar, incrementar la productividad del equipo tras su estado normal de trabajo.

Luego Fernández (2017; p.3) menciona que el *mantenimiento predictivo* se ejecuta a partir del conocimiento del estado operativo de una máquina o instalación a través de la medición de ciertos parámetros (ruido, vibración, temperatura, termografía infrarroja, corriente, corrosión, engrase, espectrometría, líquidos penetrantes, ultrasonido, control del ruido, etc.) anotado en un registro histórico de datos la cual permite programar la intervención antes de que el fallo llegue a producirse y se origine el correctivo.

Según Acuña (2017; p.284) el *mantenimiento productivo total (TPM)* o mantenimiento productivo ejecutado por todos los empleados es una filosofía japonesa definida por primera vez por Nakajima en 1988 y no solamente representa una técnica, ya que busca enseñar a todos los trabajadores de la organización, porque el mantenimiento no solo involucra al personal de mantenimiento sino también a todo el personal en conjunto, entonces se basa en la gestión de los activos físicos, entonces lo que el TPM busca en general es que los trabajos de poca trascendencia los realicen los propios operarios y no solo se recurra al área de mantenimiento. Por lo cual el objetivo del TPM es utilizar los sistemas de producción conservándolos en su estado base-de origen y a partir de aquí aplicar la mejor continua.

Definimos a la **disponibilidad** como la probabilidad de que un equipo o máquina esté funcionando y se mantenga operativo durante el tiempo requerido, una de las fórmulas de cálculo más utilizado en la industria para hallar la disponibilidad es dividir el Tiempo medio entre fallas (MTBF) entre la suma de (MTBF) con el Tiempo medio de reparación (MTTR). La disponibilidad, principal objetivo del mantenimiento, también es mencionado como la capacidad de realizar su función satisfactoriamente en un tiempo dado por parte de un componente o sistema que sufrió mantenimiento.

Tavares (1999; p.50) señala que la relación entre la diferencia del tiempo de trabajo en el calendario con las horas de que interviene el área de mantenimiento y el número total del tiempo laborado es la disponibilidad.

La **mantenibilidad** como concepto es la relación de que una máquina sea objeto de ser reparado, esta actividad es necesario para que un equipo o máquina se mantenga en funcionamiento, y así no tener tiempos inoperativos.

Según Creus (2012; p.37) la mantenibilidad está relacionado al indicador MTTR, es la probabilidad de que una máquina o equipo que presenta una falla sea reparado dentro del tiempo preestablecido. Entonces el tiempo medio de restauración es la representación del tiempo promedio que se utilizó para poner operativo la máquina o equipo, entonces es el indicador de la eficiencia de la mantenibilidad.

La **confiabilidad** de una máquina se refiere a la relación que realiza el trabajo en el tiempo y momento requerido, involucrando para su cálculo al tiempo total de operaciones entre el total de número de fallas, incluyendo en este cálculo el tiempo que se requiere para analizar, diagnosticar y para la obtención de las reparaciones. Entonces es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por 100% confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia = 1. Cuando se realiza un análisis

de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: tiempo promedio para fallo, probabilidad de fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo. El periodo es la variable medible de la confiabilidad y no necesariamente se refiere a tiempo, puede ser número de ciclos, kilómetros recorridos, etc. Respecto a las condiciones de operación del equipo también constituye un elemento muy importante porque si repercute: el medio ambiente, transporte, cantidad de carga, altitud, etc. Como un dato razonable se puede indicar que la probabilidad que un equipo es 100% confiable se da en el tiempo de trabajo de 1 hora, mientras que a un régimen de trabajo de 700 horas ya se presenta al menos 1 falla.

Améndola (2002) explicó que la OEE (Eficiencia General de los Equipos) mide la condición operativa y la fiabilidad de un proceso respecto al nivel de operación deseado, usado primera vez en 1982 por Seiichi Nakajima el fundador del mantenimiento total (TPM). Se aplicó primero a la manufactura discreta, pero ahora se usan en plantas de producción discreta y de producción por lotes, involucra a los equipos naturales de trabajo y a los equipos multifuncionales que se enfocan en la eliminación de seis grandes pérdidas, con impacto en la eficiencia global de los procesos productivos con maquinaria. Estas seis grandes pérdidas se mencionan: defectos y retrabajos, cambios de modelos, averías, ajustes, paradas menores y reducciones de velocidad y defectos en las puestas en marcha, se valoran en tres indicadores importantes del proceso: la disponibilidad, el Rendimiento y la calidad (Q), entonces como objetivos de OEE en clase mundial se considera los indicadores: 90% o mayor en disponibilidad, 95% o mayor en rendimiento, 99% o mayor en calidad, según Okpala (2020, p.3).

El **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)** fue desarrollado en su inicio por la industria aeronáutica comercial de los Estados Unidos, en cooperación con entidades gubernamentales como la NASA y empresas privadas como la Boeing, representa una filosofía de identificación de las actividades de mantenimiento con sus correspondientes

frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional, establece la criticidad con la que deben ser intervenidas las partes funcionales del equipo, se basa en conceptos de la confiabilidad: Preservación de las funciones operacionales del sistema, análisis sistemático de los modos de falla que pueden llevar al sistema a dejar cumplir con las funciones operativas, aplicación de la técnica de Análisis de los Modos de Falla y Efectos-AMEF y del árbol lógico de decisiones, análisis de las consecuencias de las fallas, definición de los tipos de intervenciones de mantenimiento más eficaces, selección de acciones para la eliminación o disminución de las fallas y sus repercusiones (Améndola, 2002). Así mismo indica que la metodología MCC (RCM), propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes preguntas: *¿Funciones del activo en su ambiente operacional normal?, ¿De qué manera puede fallar?, ¿Qué origina la falla?, ¿Qué pasa cuando falla?, ¿Cómo es la importancia de cada falla?, ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?*; entonces el éxito del proceso de implantación del RCM en la industria dependerá básicamente del trabajo de equipo de RCM, el cual se encargará de responder las siete preguntas mencionadas. Para definir el **contexto operacional** es importante tener los conceptos:

Unidad de proceso que se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan interrelacionados para suministrar un servicio.

Sistema que es el conjunto de elementos dentro de las unidades de proceso que tienen una función específica.

En esta parte del RCM nosotros podremos definir los factores que delimitan el problema de estudio, como: *perfil de operación, ambiente de operación, calidad/disponibilidad de los insumos requeridos (gas natural, aire, etc.), alarmas señales de paro, política de repuestos, recursos y logística y condiciones laborales que son horarios.*

Posterior mediante el AMEF (análisis de modo de fallas y efectos de fallos)

herramienta en formato matriz que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional y el árbol lógico de decisiones se constituyen las herramientas fundamentales que utiliza el RCM que responderán las siete preguntas básicas logrando: (1) *asegurar que todos los modos de falla concebibles y sus efectos sean comprendidos*, (2) *debilidades de diseño*, (3) *proveer alternativas en la etapa de diseño*, (4) *proveer criterios para prioridades de acciones correctivas*, (5) *proveer criterios para prioridades de acciones preventivas*, (6) *asistir en la identificación de fallas en sistemas con anomalías*. Pudiendo así responder las preguntas 1 al 6 del RCM.

Luego se utiliza la multiplicación de los tres índices de probabilidad, ***severidad, nivel de ocurrencia y facilidad de detección*** para ponderar.

Gravedad-Severidad (G): Es la probabilidad de fallos en el proceso, está basada únicamente en el efecto de fallo; todas las causas potenciales de fallo para un efecto particular también reciben la misma clasificación.

Ocurrencia (O): Es la frecuencia en la cual se presentan las fallas, cuando se asigna esta clasificación, se deben considerar dos probabilidades:

La posibilidad de que se produzca una falla.

La posibilidad de que, una vez ocurrida la falla, esta provoque el efecto nocivo indicado.

Detección o posibilidad de No Detección (D): este indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue a ser informado, que tan complejo pueda llegar a ser identificado. La “no detección” se está definiendo, para que el índice de prioridad crezca de forma análoga del resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está muy directamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa. Posteriormente se realiza ***el análisis de criticidad*** en base a la multiplicación de los tres índices mencionados arriba, así se obtiene el número de prioridad de riesgo (NPR) de cada para del conjunto del equipo analizado. Además, es posible incluir en el análisis de criticidad otros más factores que permiten jerarquizar

sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos). Para realizar este análisis pueden tomarse en cuenta los siguientes criterios: *Seguridad, ambiente, producción, costos (operacionales y mantenimiento), frecuencia de fallas, tiempo promedio para reparar, presentación de resultados.*

Tabla 1.

Indicadores KPIs de mantenimiento

Ítem	Fórmula
Disponibilidad	$DIS = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$
Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$MTBF = \frac{\text{horas totales de trabajo}}{\text{Número de fallas totales}}$
Tiempo promedio para la falla (MTTR)	$MTTR = \frac{\text{horas para la restauración}}{\text{Número de fallas totales}}$
Criticidad (AMEF)	$NPR = \text{Severidad} \times \text{Detección} \times \text{Ocurrencia}$
Eficiencia Global de los Equipos (OEE)	$OEE = \text{disponibilidad} \times \text{calidad} \times \text{eficiencia}$

Fuente: Elaboración propia.

También se menciona que otra herramienta de toma de decisiones para el tipo de mantenimiento a aplicar en la maquinaria-equipos es mediante el uso de *la curva de la Bañera o Davies* que utiliza tiempo de vida presente (depreciación) agrupando las fallas que ocurren como *fase 1-Fallas tempranas, fase 2-Fallas aleatorias y fase 3-Fallas de envejecimiento*, entonces se decide un tipo de mantenimiento: preventivo, correctivo, predictivo, modificativo, la distribución de Weibull muy utilizada para estimar una tasa de fallas en mantenimiento puede ajustarse a las tres fases arriba mencionadas.

Por otro lado Johnson, W. (2010) define a la **Refrigeración** como el proceso mediante el cual se extrae el calor de un ambiente y por consiguiente se obtiene una disminución de la temperatura, este proceso es muy utilizado para la conservación de

productos, climatizar ambientes de trabajo, hospitales, hogares y entre otros; la base para su funcionamiento es la compresión del gas refrigerante circulando a través de un circuito cerrado, logrando sus cambios de estado.

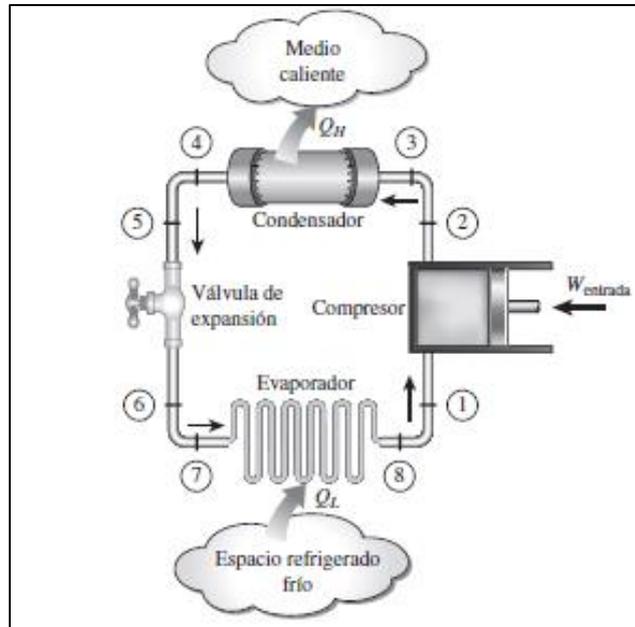


Figura 1. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

Fuente: Cengel y Boles, Termodinámica 7ma edición.

Sus 04 etapas de funcionamiento son las que siguen: Compresión, condensación, expansión y evaporación donde el refrigerante está impulsado en un ciclo cerrado dentro de las tuberías y se produce el correspondiente cambio de estado físico dependiendo de la etapa en la que se encuentra. En el evaporador propiamente dicho se produce el intercambio de temperatura porque el refrigerante se encuentra relativamente frío, luego el refrigerante en estado de *vapor sobrecalentado a baja presión* pasa a la succión del compresor y es comprimido inmediatamente pasando a un estado de *vapor sobrecalentado a alta presión* para este a su vez ingresar al serpentín condensador donde se produce el cambio de fase a *estado líquido refrigerante* aquí la presión sigue siendo la misma lo que ha disminuido estrepitosamente es la temperatura, en esta etapa el refrigerante suele almacenarse en un tanque receptor de líquido, posteriormente el refrigerante pasa por el filtro deshidratador, visor de líquido e ingresa a la *válvula de expansión* donde se produce el siguiente cambio de estado a estado *gaseoso-liquido a baja presión* dentro del serpentín *evaporador* en

consecuencia el refrigerante se enfría estrepitosamente y esto permite realizar el intercambio de temperatura en el ambiente a enfriar propiamente dicho ayudado por el tiro forzado de aire de ventiladores de evaporación pasando nuevamente el refrigerante al estado de *vapor sobrecalentado a baja presión* y repitiendo el ciclo cerrado explicado arriba. Respecto a las *válvulas de expansión* éstas pueden ser del tipo *termostático* si poseen un elemento bulbo que se dilata al contacto por transferencia de calor en la línea de succión o del tipo *electrónico* si está constituido por un servomotor y un circuito controlador de *sobrecalentamiento* en la succión, hay parámetros de temperatura diferenciales óptimos que se ingresan a este controlador para garantizar una correcta expansión del refrigerante, por este motivo es que la *válvula de expansión electrónica* es mucho más eficiente que su similar descrito antes. Los sistemas de refrigeración se venden comercialmente de acuerdo a su capacidad de térmica de retirar calor expresado en: Toneladas de refrigeración, BTU/h. Como un dato teórico en el mundo las principales productoras de repuestos y máquinas de la industria frigorífica entre el 2003-2010 fueron: Italia con un 11%, Estados Unidos con 13%, China con 15%, Brasil con 25% y otros países con 36%.

Tabla 2.

Áreas de aplicación de equipos de refrigeración			
Área de aplicación	Margen de temperatura	Campo de aplicación	Finalidad
Aire acondicionado	17/25°C	Edificios	Confortabilidad humana
Enfriador de leche	34/3°C	industria	Alimentación Elaboración de productos lácteos.
Conservación – Congelación	20/- 100°C	industria	Alimentación Elab/conserv/distrib procesos
Criogenización	-100°C/- 273°C	Industria	Licuaación gases y aplicaciones especiales

Tecnología energética y medio ambiente II

Como se puede apreciar en la Tabla 2 los equipos de refrigeración que son fabricados para el rubro del inmueble buscan en general el confort de las persona y son equipos tales como aires acondicionados tipo split, de pared, tipo ducto, tipo FAN COIL, tipo UMA, tipo

UTA (para espacios más grandes) cuya temperatura de trabajo varía de entre 17°C a 25 ° C , luego se encuentran los refrigeradores domésticos que son bastante comerciales y para la conservación de productos perecibles y los enfriadores de leche fresca que trabajan en un rango de operación de 34°C a los 3°C que son un propósito más especial que es nuestro caso de estudio, posteriormente con una temperatura más inferior tenemos a los equipos conocidos como cámaras frigoríficas, estas máquinas controlan la temperatura en alrededor hasta los -25°C, son por lo general usados para la congelación de productos alimenticios como carne, vegetales, pescado entre otros, finalmente encontramos a los equipos de refrigeración de criogenización, estas máquinas cuyo rango de temperatura varía de los -100°C a -273°C, son usados en su mayoría para industrias farmacéuticas y gasífera.

Entonces de acuerdo líneas arriba para la conservación de todos los productos tanto comestibles como materiales perecibles es necesario contar con equipos de refrigeración tales como: cámaras frigoríficas, refrigeradora, heladeras y entre otros, estos equipos cuyo principio de funcionamiento no difieren en tanto, sin embargo para su funcionamiento en estos últimos se utiliza en vez del Éter sulfúrico los gases refrigerantes conocidos como Freones como son: el R12, R22, R502 y otros más, los cuales son usados en toda la industria, pero estos gases a su vez ya están desapareciendo del mercado por tener en su composición cloro, flúor y entre otros alógenos denominados HFC, entonces estos gases refrigerantes al ser liberados al ambiente si bien es cierto no son tóxicos para seres vivos , pero si son letales para la capa de ozono (O₃) porque las sustancias que originan gases fluorados favorecen al calentamiento climático, así como generan un alto índice de destrucción de la atmósfera. (Gómez, 2018 pág. 148). Por tal motivo gracias al el Protocolo de Kioto desarrollado en Japón en 1997 la cual representa a un Protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático firmado por 84 países, se acordó la reducción de al menos un 5% de las emisiones de estos gases contaminantes al ambiente, a raíz de este acuerdo unos años después se crearon los ya conocidos gases ecológicos los cuales tienen

un índice mínimo de contaminación a la capa de ozono y son hoy en día los más usados en la industria. Gases ecológicos como el R-422D sustituto directo del R-22, R-417B, R-404A, R407C, R-410A R-507 y ahora las tecnologías que utilizan en CO₂ con presiones de trabajo muy altas como refrigerante natural.

Respecto a las herramientas y materiales utilizados dentro del proceso de mantenimiento de un sistema de refrigeración hay algunas específicamente fabricadas para el propósito, es así que se utilizan un manifold de mangueras amarillo, azul y rojo para medir las presiones de baja y alta del sistema así como para realizar la toma de servicio de vacío y carga del refrigerante, por lo general la escala de medición está en unidades *PSI*, pinza amperimétrica para medir los parámetros eléctricos de voltajes y corrientes de todos los motores empezando por el (los) compresor (res) así como capacitancias de los condensadores, resistencia de cárter; la bomba de vacío para realizar el correcto vacío a las líneas de refrigerante antes de la carga; el equipo de soldadura oxiacetileno completo para realizar la soldadura de fugas en las tuberías de cobre, fundente de plata, varillas de soldadura de plata, aceite del tipo mineral o sintético (POE) para completar la carga de lubricante al compresor, termómetro de temperatura exterior para realizar las respectivas mediciones al ambiente controlado, el tipo de gas refrigerante identificado, contactores, relays de control y térmicos, filtros deshidratadores, aislamiento térmico para recubrir partes desgastadas de la línea de tuberías, máquina hidrolavadora para hacer una buena limpieza de los serpentines condensadores/evaporadores, fusibles de control para cambio en el caso de avería en las tarjetas electrónicas del sistema de control, entre otras herramientas/consumibles más, se menciona lo descrito aquí porque sin el hecho de realizarse las actividades de mantenimiento propiamente dicho no se puede lograr el avance y cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Los **costos operativos** o gastos operacionales o costos operacionales son todos aquellos en los que incurre la empresa para el desarrollo de sus actividades, incluye el sueldo

de los personales, materias primas, costo de energía, costo de transporte, etc. y por supuesto los costos asociados al servicio de **mantenimiento** de la maquinaria e infraestructura disponible. (Qonto, 2020).

De acuerdo a su clasificación pueden ser:

Costos **fijos** si ya se tiene establecido los montos por periodo constante como por ejemplo el alquiler de un local de ventas y los sueldos de los empleados, o costos **variables** que dependen directamente del nivel de la producción, por ejemplo, la cantidad de materia prima depende del volumen de producción realizado.

De acuerdo a su naturaleza pueden representarse como **costos de producción**, donde también se incluye los costos por **mantenimiento**, esto porque normalmente se asocia al área de mantenimiento como un área de servicio para producción, también están los **costos administrativos** de los gerentes, secretarios, asistentes, **costos financieros** si es que se ha obtenido un préstamo en alguna entidad bancaria para solventar los gastos de la empresa y se viene pagando en cuotas.

Sobre la **gestión de repuestos** correspondiente a **almacenes** el método ABC que toma su desarrollo por Wilfredo Pareto, es el sistema más común y muy eficiente para la administración de almacenes, el cual se basa en líneas generales que clasifican en tres tipos (A, B, C) a los artículos en relación a dos formas de utilización de los SKUs: de acuerdo al nivel de circulación del artículo y el nivel de stock que se constituye como consecuencia, esto corresponde a la cantidad de rotación que poseen (hay artículos que poseen una rotación más elevada respecto a otros porque son más preferidos por los consumidores, etc) o también de acuerdo a la criticidad que poseen en el sentido que hay componentes que son prioridad en un proceso porque afectan toda la cadena de producción, entonces físicamente se ordenan los SKUs en gabinetes o racks, andamios, estantes de modo que se tiene codificado la ubicación física real a la mano, todo esto se enfoca en que pocos factores resultan ser la causa de varios de los efectos (Gómez, 2013).

En este contexto los componentes o SKU genera un costo por almacenamiento. Todo material almacenado ocupa un espacio entonces genera costos, se puede definir el almacenamiento mediante la UCA (Utilización de la Capacidad del Almacén %) indicador KPI de logística, además sumarse a los costos de mano de obra del área de almacén, los costos de administrativos y de los servicios del almacén, seguros y amortización, los gastos por depreciación, (Hamdy, 2012).

Datos de estudios indican que para mantener un inventario se puede llegar a costear hasta el 40% de su propio valor, que representa un 15% del total de ventas anuales en las empresas. Otro gran logro por concretar en *logística-inventarios* es contener una disponibilidad (stock) de sus referencias, volúmenes para satisfacer la demanda periódica de sus clientes. Siempre se debe de establecer las tasas adecuadas de rotación de las existencias de acuerdo al histórico de registros y mantener constante el nivel de reposición.

También es importante mencionar que los recursos empresariales de toda la empresa-organización se efectúan a través de un ERP conocido como *Software de Gestión de Recursos*, el cuál también optimiza y entrelaza las funciones desarrolladas entre las diversas áreas: Producción, mantenimiento, logística-almacenes-distribución-compras, ventas, recursos humanos, calidad; todos estos registros quedan dentro de la base que contiene y es posible generar por ejemplo reportes de producción, o descargar *el avance actual del mantenimiento (que es lo que nos interesa para el caso de estudio)*, liberar órdenes de trabajo de mantenimiento (OTM), notificar órdenes de trabajo de mantenimiento, descargar vales de insumos (caso de producción) o repuestos para los trabajos de mantenimiento, generar un nuevo requerimiento sobre algún repuesto para que el área de compras tenga a cargo la búsqueda del proveedor, descargar vales de ventas de productos terminados, entre muchas otras funciones más; por lo general se utiliza el ERP *SAP* y se agrupa el uso de sus funciones por áreas en sus diferentes módulos: PP(Módulo de Producción), PM(Módulo de Mantenimiento de Planta), MM(Módulo de Gestión de Materiales), entre otros.

Respecto a la evaluación económica y financiera de un proyecto el **VAN (Valor actual neto)** es un indicador financiero para calcular la viabilidad de un proyecto y consiste en evaluar una proyección de flujos de caja a partir de una inversión inicial y determinar un valor de ingresos para descontarlo de los egresos y verificar que se genera una ganancia.

Si el **VAN del proyecto > 0** da entender que el proyecto crea valor económico. Desde el punto de vista del modelo, el proyecto debe aceptarse, pues sí genera una rentabilidad (Ortega, 2013)

Si el **VAN del proyecto < 0** el proyecto no genera la rentabilidad. En este caso el proyecto debe rechazarse ya que destruye valor, genera sobre costos en toda su vida útil.

Si el **VAN del proyecto = 0** significa que el proyecto no genera ni destruye valor económico. El proyecto crea una rentabilidad matemáticamente igual a la tasa de descuento utilizada, y deben ajustarse mejoras a la estructura del proyecto para volver a evaluarlo y tomar la decisión de aceptarlo o rechazarlo. (Ortega, 2013).

La **TIR (Tasa interna de retorno)** es un indicador de evaluación financiera que menciona en porcentaje la rentabilidad que genera el proyecto para el accionista en un periodo determinado.

Si la **TIR > TCK (Costo de oportunidad)** se debe aceptar la inversión, ya que la rentabilidad del accionista está por encima del costo de oportunidad estimado, es decir por encima de la rentabilidad mínima exigida por el accionista.

Si la **TIR < TCK (Costo de oportunidad)** se debe rechazar la inversión, ya que la rentabilidad del accionista está por debajo del porcentaje estimado.

Si la **TIR = TCK (Costo de oportunidad)** significa que la inversión genera exactamente la rentabilidad que el accionista le exige a la inversión. (Ortega, 2013).

Se justificó el presente trabajo porque la aplicación de una mejor gestión de mantenimiento repercute directamente en la mejora de la disponibilidad y confiabilidad del grupo de maquinarias, por ende su impacto positivo en la mejora de la producción (en este

caso almacenamiento y enfriamiento a 3.5°C de leche fresca), al aplicar un análisis AMEF y también a los recursos actuales disponibles (personal, materiales, herramientas) se pudo determinar mejoras y procedimientos para realizar el mantenimiento preventivo con el propósito de disminuir las incidencias de fallas, así mismo se justifica socialmente la mejora en el sentido que se pueden aplicar mejores procedimientos de trabajo por parte de los técnicos de refrigeración, ayudando a mejorar su carga de trabajo hecho que puedan aumentar su productividad y garantizar su seguridad. El impacto en la reducción de costos es beneficioso para la empresa y el empleo de componentes (gases refrigerantes libres de Cloro/Fluor) del tipo ecológico resulta favorable para el cuidado al medio ambiente.

1.2 Formulación del problema

Por lo descrito entonces, se plantea el problema de investigación del siguiente modo: ¿En qué consiste la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022?

1.3 Objetivos

El objetivo general es proponer una mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.

Los objetivos específicos son los siguientes:

Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.

Actualizar el plan de mantenimiento considerando la ejecución de la herramienta AMEF a los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.

Realizar la evaluación económica financiera de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.

1.4 Hipótesis

No en todas las investigaciones cuantitativas se plantean hipótesis. El hecho de que formulemos o no hipótesis depende de un factor esencial: el alcance inicial del estudio. Las investigaciones cuantitativas que formulan hipótesis son aquellas cuyo planteamiento define que su alcance será correlacional o explicativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.104), bajo esta premisa no se está considerando incluir la hipótesis a esta investigación al tratarse de una propuesta de mejora más no una implementación.

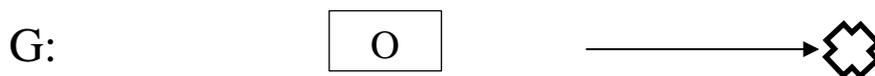
CAPÍTULO II. MÉTODO

Según el **propósito** esta investigación es aplicada, debido a que el problema está presente en el área de enfriamiento de los equipos de leche fresca de la empresa (establos), entonces se busca utilizar los conocimientos adquiridos para dar respuesta a una problemática de la realidad (Murillo, 2008).

Por la **orientación** esta investigación es basada en la ciencia formal y exacta.

Y por el **diseño** de la investigación el enfoque es diagnóstico y propositivo, porque es un proceso dialéctico donde se usan un conjunto de técnicas y herramientas, así como procedimientos para evaluar una situación actual (diagnosticar) y resolver problemas mencionados.

El diseño simbólico de la investigación propositiva se muestra a continuación:



Donde:

G: Grupo de muestra

O: datos del pre test

X: propuesta/tratamiento de la variable independiente (gestión de mantenimiento)

Para la presente investigación se cuenta con 135 equipos de enfriamiento de leche fresca de diversas capacidades repartidos actualmente en los establos en las zonas de Trujillo, Chiclayo y Santa (Ancash), para efectos del análisis de la situación actual del mantenimiento preventivo se hizo mediciones de la operatividad, fallos y costos por un lapso de 24 semanas (6 meses) correspondiente al periodo **julio-diciembre 2021**, posteriormente se elabora la propuesta de mejora con los datos obtenidos: los nuevos planes de mantenimiento, la nueva asignación de los diferentes recursos y la evaluación económica financiera.

La **unidad de estudio** es el área de mantenimiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo- 2022.

Respecto a la **población** corresponde a todos los equipos de enfriamiento de leche fresca de de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.

Sobre la **muestra** Bernal, (2010) menciona que la muestra es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio.

Entonces para fines de esta investigación se va a considerar todo el conjunto de la población, mejor dicho el total de 135 equipos de enfriamiento de leche fresca, aquí se considera que 134 equipos tienen características similares en cuanto a su estructura y funcionamiento, y 01 difiere relativamente por contener otro tipo de componentes (Chiller de enfriamiento), aparte de esto lo que varía son las capacidades de almacenamiento y la cantidad de unidades de enfriamiento que poseen para mantener un adecuado tiempo de enfriamiento, bajo esta premisa entonces se menciona que el **tipo de muestro** es **probabilístico**.

Respecto a las **técnicas e instrumentos de recolección de datos** se utilizó principalmente la observación como técnica de investigación directa en campo para verificar condiciones actuales y cumplimiento de procesos, así como revisión documental porque aquí se encuentra registro histórico de fallos mantenimiento actual, fichas técnicas de los equipos y partes del sistema para así de esta manera poder emplear instrumentos efectivos y acertados con todas las características, cualidades y propiedades del objeto en estudio a continuación, así como también los costos, a continuación se presenta la tabla.

Tabla 3.

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Variable	Técnica	Instrumento	Fuente
Gestión de mantenimiento	Guía de observación de campo	Check list (Lista de verificación)	Variables operativas de funcionamiento de los equipos (voltaje, corriente, capacitancia, presiones de refrigerante) mediciones directamente en los establos.
			Lista actual de herramientas, repuestos y consumibles (Propios para el mantenimiento de los equipos).
			Registro actual de notificaciones de las órdenes de trabajo del SAP (medir el cumplimiento actual del plan de mantenimiento).
	Revisión documental	Guía de análisis documental	Registro actual SAP de repuestos con el stock.
			Registro actual de los costos asociado al mantenimiento de los equipos de enfriamiento de la Empresa del periodo evaluado Julio-Diciembre 2021.

Elaboración Propia.

Tabla 4.

Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Objetivo Específico	Técnica	Instrumento	Resultado
Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.	Observación directa	Lista de verificación- Check List	Identificación de problemas visibles o medidos con los instrumentos de medición de parámetros técnicos. Identificación de aquellos materiales obsoletos o inexistencia de repuestos y/o consumibles necesarios. Identificación de las herramientas e instrumentos de medición disponibles para la ejecución de los trabajos de mantenimiento. Nivel de cumplimiento actual de las órdenes de trabajo de mantenimiento en el sistema. Relación de costos por las actividades de mantenimiento del periodo Julio-diciembre 2021 de la base de datos. Análisis de criticidad mediante el AMEF de los sistemas de enfriamiento para establecer las prioridades. Elaboración de los 02 planes de mantenimiento para un horizonte de tiempo de 01 año.
Actualizar el plan de mantenimiento considerando la ejecución de la herramienta AMEF a los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.	Análisis documental	Guía de análisis documental	Asignar adecuadamente las órdenes de trabajo al personal de mantenimiento con las herramientas e instrumentos adecuados.

Proponer una lista mejorada de repuestos y materiales (consumibles) con aquellos que se requieren efectivamente.

Realizar la evaluación económica financiera de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.

Análisis documental

Guía de análisis documental

Evaluación de los indicadores financieros VAN, TIR y B/C de la propuesta de mejora.

Elaboración propia.

Con relación a los **aspectos éticos** el presente trabajo de investigación se va desarrollar manteniendo la confidencialidad de los datos históricos y documentos suministrados por la empresa industrial de lácteos. para evitar cualquier situación que pueda ocasionar un conflicto de intereses.

CAPITULO III. RESULTADOS

OBJETIVO 1

Diagnóstico del Área Problemática

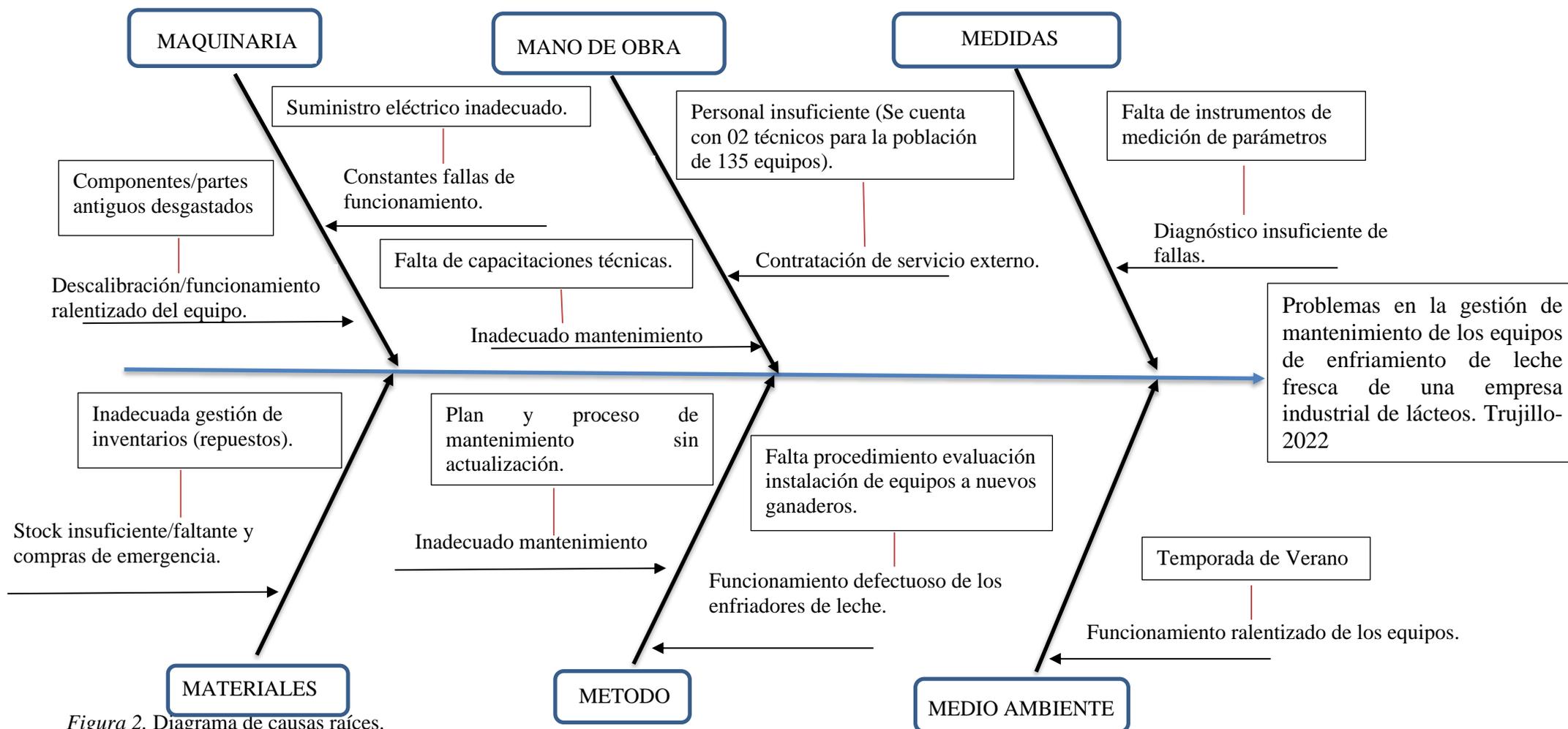


Figura 2. Diagrama de causas raíces.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.

Numeración de cada problema (causa) raíz.

Item	Descripción
Pr1	Componentes/partes antiguos desgastados.
Pr2	Suministro eléctrico inadecuado.
Pr3	Falta de capacitaciones técnicas.
Pr4	Personal insuficiente (Se cuenta con 02 técnicos para la población de 135 equipos).
Pr5	Falta de instrumentos de medición de parámetros.
Pr6	Inadecuada gestión de inventarios (repuestos).
Pr7	Plan y proceso de mantenimiento sin actualización.
Pr8	Falta procedimiento evaluación instalación de equipos a nuevos ganaderos.
Pr9	Temporada de verano.

Elaboración propia.

De acuerdo al reporte de ocurrencia de fallos de los equipos de enfriamiento registrado en el periodo Julio-Diciembre 2021 clasificamos todas las causas raíces con la frecuencia con las que suceden, algunas causas raíces están relacionadas directamente por esto es que se van a incluir dentro de un mismo ítem y se van a explicar posteriormente en cada desarrollo.

Tabla 6.

Frecuencia de fallas ordenados de mayor a menor

	Razones	Frecuencia	Acumulado %	Frecuencia Acumulada
Pr7 y Pr4	Plan y proceso de mantenimiento sin actualización. / Personal insuficiente (Se cuenta con 02 técnicos para la población de 135 equipos).	69	43.94%	69
Pr2 y Pr8	Suministro eléctrico inadecuado. /Falta procedimiento evaluación instalación de equipos a nuevos ganaderos.	45	72.64%	114
Pr6 y Pr1	Inadecuada gestión de inventarios (repuestos) / Componentes-partes antiguos desgastados.	33	93.64%	147
Pr9	Temporada de verano.	8	98.74%	155
Pr3	Falta de capacitaciones técnicas.	1	99.37%	156
Pr5	Falta de instrumentos de medición de parámetros.	1	100%	157
	TOTAL	157	Fallas.	

Elaboración propia.

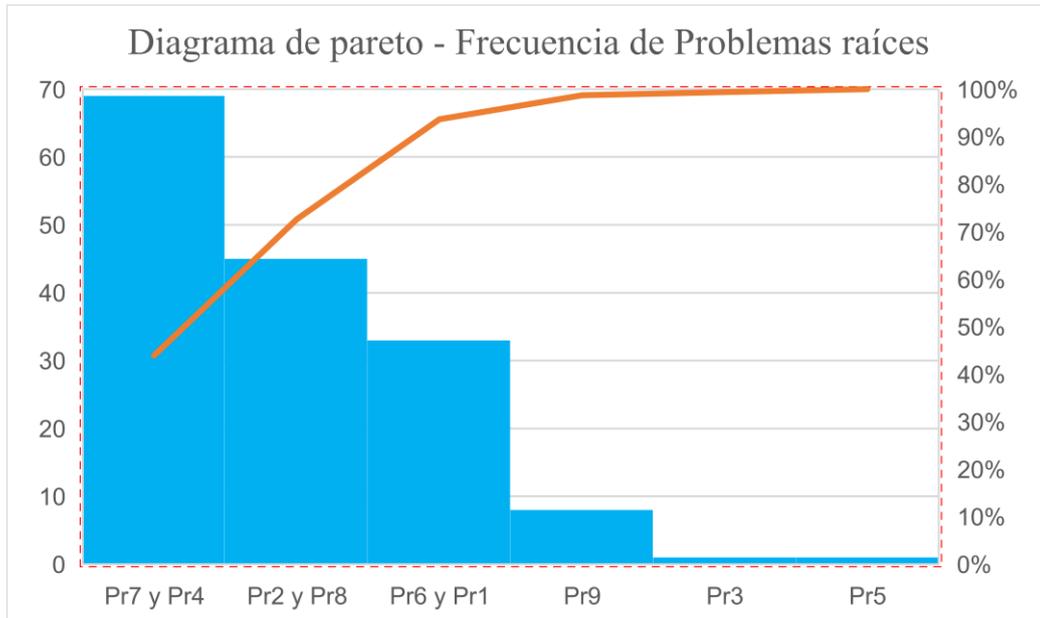


Figura 3. Diagrama de Pareto de problemas raíces

Fuente: Registro documental de fallas, elaboración propia.

Como se puede apreciar en el análisis, los problemas raíces en el funcionamiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca obedecen a múltiples factores, todos estos en conjunto afectan directamente a la gestión de mantenimiento de estos activos, son 06- los problemas que se deben abordar:

-Pr7 y Pr4: Plan y proceso de mantenimiento sin actualización. / Personal insuficiente.

-Pr2 y Pr8: Suministro eléctrico inadecuado. /Falta procedimiento evaluación instalación de equipos a nuevos ganaderos.

-P6 y Pr1: Inadecuada gestión de inventarios (repuestos) / Componentes-partes antiguos desgastados.

OBJETIVO 2

Pr7 y Pr4: Plan y proceso de mantenimiento sin actualización. / Personal insuficiente.

Actualmente se cuenta con una lista de actividades de mantenimiento para cada equipo que están ingresados al SAP, pero esta lista debe incluir actividades más específicas con una frecuencia recomendada por factores técnicos que son importantes para el buen funcionamiento; la población total de 135 equipos de enfriamiento respecto al personal

técnico es insuficiente para desarrollar todo el mantenimiento. Como un dato por lo general la empresa terceriza los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo de aproximadamente un 85% de los motores que corresponden a cada equipo de enfriamiento (se considera que cada equipo contiene 02 motores desmontables: motorreductor de agitación de leche y ventilador de condensación, para un equipo de 1000, 1200 o 1600litros), ya que los sistemas de enfriamiento de mayor capacidad poseen mayor número de unidades condensadores y por consiguiente más cantidad de motores. Es un costo que se puede disminuir adecuando las actividades de mantenimiento al personal que puede estar a cargo, salvo complicaciones de mantenimiento mayores como un rebobinado o acoplamiento de mecanismos para corregir el desgaste de partes.

Por otro lado cuando el personal técnico se encuentra ocupado realizando actividades correctivas y surge un problema más en alguna otra sede se contrata los servicios de un contratista, o en el caso que 01 personal técnico salga de emergencia o con descanso médico también debe ser contratado el contratista para cubrir la necesidad de mantenimiento, entonces los costos siguen aumentando y es algo que ha sucedido anteriores veces. El detalle económico se mostrará posteriormente.

Ce.	Orden	PtoTrbRes	Cl.	Denominación de la ubicación técnica	Equipo	Inic.extr.
129	23507703	MTO-MEC	ZM02	Proveedor1 -Paijan	100TEN000087	09/02/2021
129	23507704	MTO-MEC	ZM02	Proveedor2 - Paijan	100TEN000103	08/02/2021
129	23507705	MTO-MEC	ZM02	Proveedor3 – Paijan	100TEN000104	22/01/2021
129	23507708	MTO-MEC	ZM02	Proveedor4 – Paijan	100TEN000193	05/01/2021
129	23507709	MTO-MEC	ZM02	Proveedor5 – Paijan	100TEN000199	10/02/2021
129	23507713	MTO-MEC	ZM02	Proveedor6 – Paijan	100TEN000079	24/02/2021
129	23507714	MTO-MEC	ZM02	Proveedor7 – Paijan	100TEN000081	23/02/2021
129	23507725	MTO-MEC	ZM02	Proveedor8 – Paijan	100TEN000094	14/01/2021
129	23507751	MTO-MEC	ZM02	Proveedor9 – Chiclayo	100TEN000260	30/01/2021
129	23507758	MTO-MEC	ZM02	Proveedor10 – Paijan	100TEN000251	28/01/2021
129	23507766	MTO-MEC	ZM02	Proveedor11 – Trujillo	100TEN000224	25/02/2021
129	23507769	MTO-MEC	ZM02	Proveedor12 – Trujillo	100TEN000265	23/02/2021
129	23507784	MTO-MEC	ZM02	Proveedor13 – Chiclayo	100TEN000269	13/05/2021
129	23547521	MTO-MEC	ZM02	Proveedor14 – Chiclayo	100TEN000115	08/04/2021
129	23547528	MTO-MEC	ZM02	Proveedor4 – Paijan	100TEN000193	06/03/2021
129	23547534	MTO-MEC	ZM02	Proveedor16 – Trujillo	100TEN000092	17/03/2021
129	23547535	MTO-MEC	ZM02	Proveedor17 - Trujillo	100TEN000094	15/03/2021

129	23547541	MTO-MEC	ZM02	Proveedor18 - Trujillo	100TEN000223	28/03/2021
129	23592105	MTO-MEC	ZM02	Proveedor19 - Paijan	100TEN000157	28/05/2021
129	23592110	MTO-MEC	ZM02	Proveedor20 - Paijan	100TEN000222	22/04/2021
129	23592111	MTO-MEC	ZM02	Proveedor1 -Paijan	100TEN000087	10/04/2021
129	23592112	MTO-MEC	ZM02	Proveedor2 - Paijan	100TEN000103	09/04/2021

Figura 4. Extracto Lista de actividades de mantenimiento periodo Noviembre-21

Fuente: Registro documental de la empresa-SAP

Entonces con respecto al cumplimiento actual del plan de mantenimiento, se han encontrado órdenes de mantenimiento repetidas para los mismos equipos y con fechas distintas, lo cual indica que no se están estructurando adecuadamente, en promedio se han registrado durante el periodo Julio-Diciembre 2021 *195 órdenes de trabajo por mes*, atendiendo un ratio de operaciones de 110órdenes/mes entre los 02 técnicos de mantenimiento el cumplimiento actual de mantenimiento es el siguiente:

$$(N^{\circ} \text{ ordenes acabadas a la fecha} / N^{\circ} \text{ ordenes programadas totales}) * 100$$

$$110/195 = 56.41\%$$

Ante esta necesidad, se ve concerniente reajustar el plan de mantenimiento actual bajo el enfoque del uso de la herramienta AMEF (Análisis de modos de fallo y efecto), utilizado en la elaboración de planes de mantenimiento basado en un análisis de criticidad, lo cual se va a desarrollar como sigue.

Para iniciar el desarrollo importante tener en claro que, si bien la población total es de 135 equipos de enfriamiento, en total tenemos 02 sistemas de refrigeración distintos:

-134 tanques de enfriamiento de leche de las capacidades de 1000-1200-1400-1600-2000-3000-4000-6000-8000-11000-12000 y 16000 litros.

-1 Chiller de enfriamiento marca De Laval de 04 compresores de 15HP de potencia cada uno/refrigerante R-507 para enfriamiento de leche instantánea a través de 01 intercambiador de placas marca Alfa Laval (Para un proveedor cuya capacidad de producción es por encima de 70 000litros/día). A continuación, la lista de partes de cada sistema mencionado.

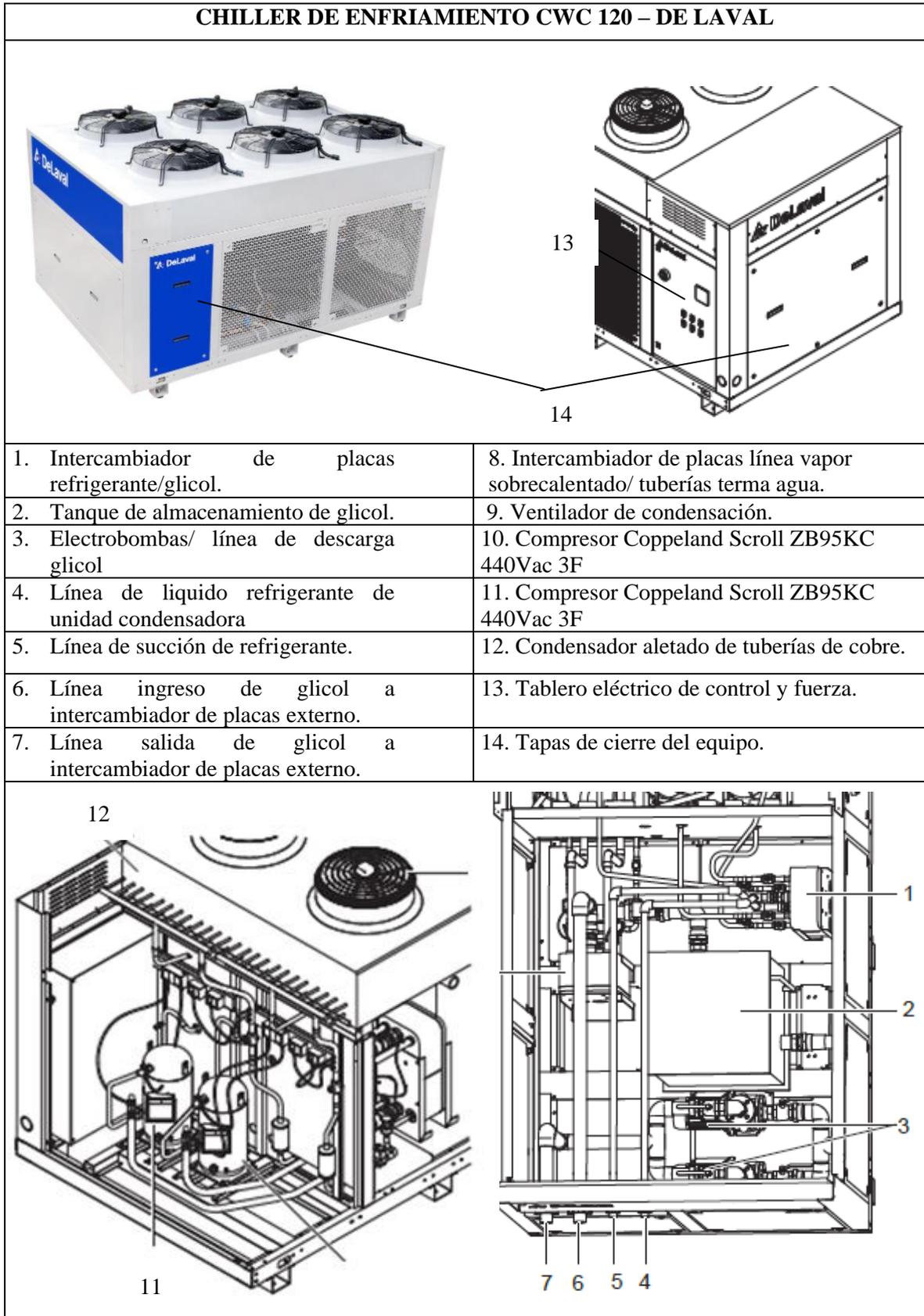
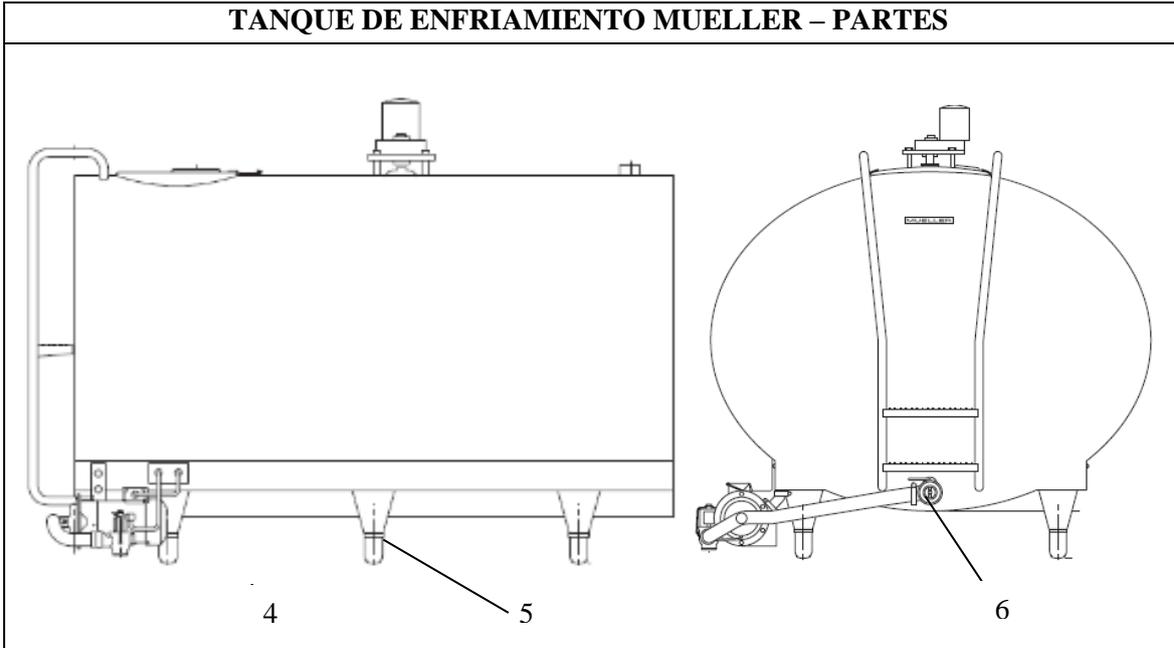


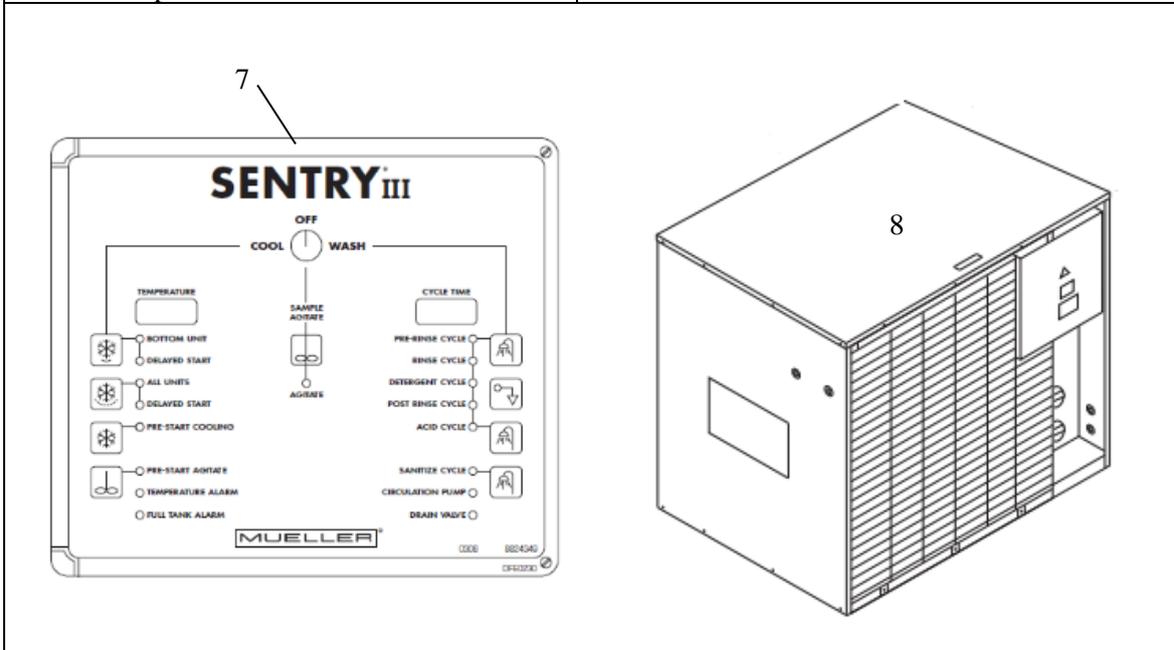
Figura5. Despiece de partes generales del Chiller de enfriamiento Refrigerante R507.

Fuente: Manual técnico De Laval

TANQUE DE ENFRIAMIENTO MUELLER – PARTES



1. Escalera de anclaje.	5. Pata de soporte.
2. Tapa de cierre circular del tanque (debe incluir empaque manhole y cinturón de cierre de acero).	6. Válvula de descarga de leche.
3. Motoreductor agitador de leche (Incluye paleta de agitación).	7. Tablero eléctrico de controlador
4. Conexiones de sensor temperatura.	8. Carcasa unidad condensadora.



9. Válvula de expansión electrónica (También puede ser de subenfriamiento)	14. Controlador de válvula expansión electrónico.
10. Tubería cobre línea de succión refrigerante.	15. Bulbo de medición de subenfriamiento del controlador de válvula expansión electrónico.
11. Tubería línea de líquido refrigerante.	16. Compresor Copeland Scroll ZBK38KCE.

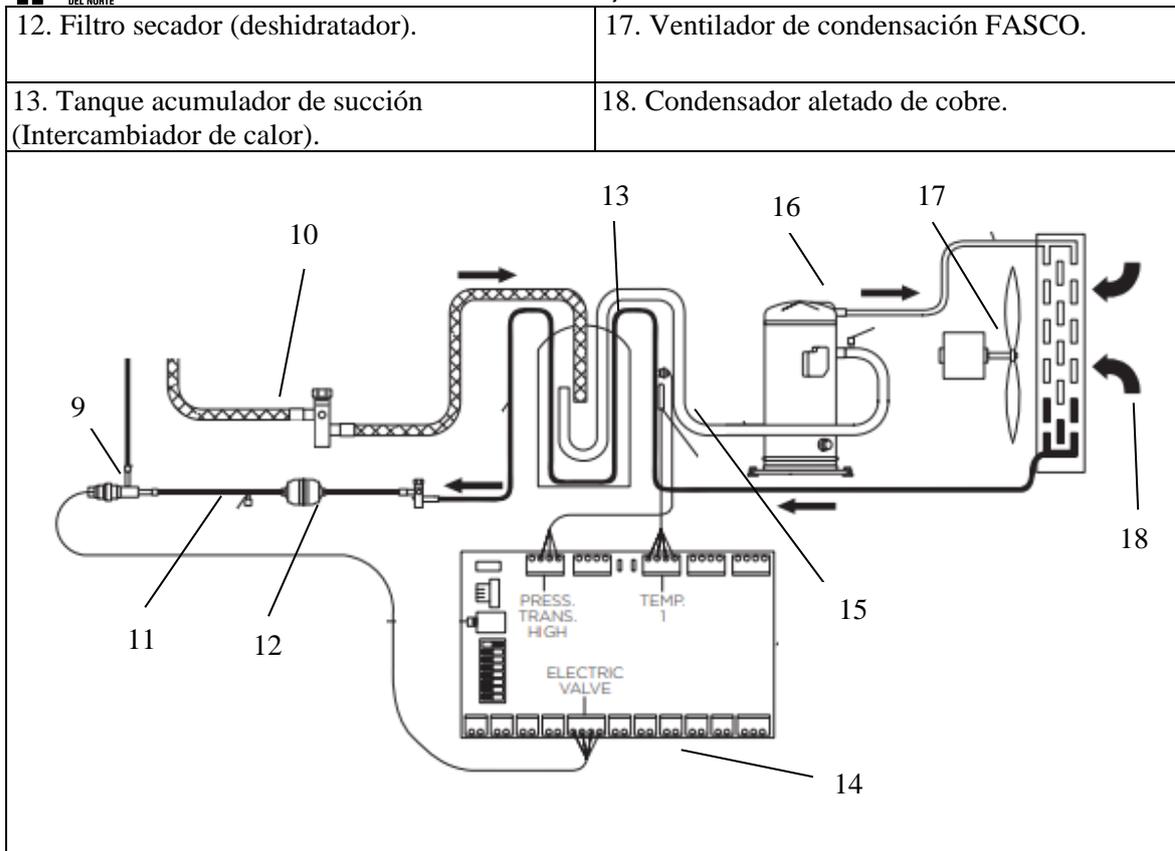


Figura 6. Despiece de partes generales de tanque de enfriamiento 1000 galones.

Fuente: Manual técnico MUELLER.

Elaboración del Plan de mantenimiento para los tanques de enfriamiento de leche fresca.

Es importante mencionar que la elaboración del plan mantenimiento corresponde a la vez a la cantidad de personal técnico disponible para las actividades que se van a desarrollar, es así que para realizar el proceso de mejora se deben ejecutar las siguientes acciones en concreto:

- Contratar 1 personal técnico más.
- Zonificar las rutas del trabajo que cada técnico va tener a cargo (ahora son 03) para facilitar el trabajo y disminuir tiempos no productivos.
- Aplicar el plan de mantenimiento elaborado.

El proceso de trabajo de los enfriadores de leche es el siguiente: Previamente al funcionamiento el equipo debe estar limpio y desinfectado, entonces cuando el equipo se encuentra sin contener leche debe estar apagado (Posición OFF del selector de 3 posiciones

del controlador SENTRY III) hasta que la leche caliente del ordeño es ingresada por la tapa de cierre del equipo(2), aquí verificar que la válvula de descarga de leche encuentre cerrado para evitar la fuga del producto, se recomienda que el volumen mínimo de almacenamiento para el encendido del sistema debe ser a la altura de ½ paleta de agitación (3), para asegurarse que el enfriamiento va realizarse correctamente de forma homogénea. Entonces se procede a encender el controlador de temperatura SENTRY III(7)-cambiar posición del selector hacia la izquierda (ON), se pulsa 2 veces seguidas la primera tecla superior (UNIT) y el sistema enciende y comienza el enfriamiento. Al encender el compresor y ventilador (17) de condensación el refrigerante comienza a circular en el sentido de un flujo que inicia en la descarga del mismo compresor (16), avanza por el condensador (18) produciendo su cambio de estado a líquido refrigerante pasando posteriormente por el filtro secador (12) hacia la válvula de expansión electrónica (9) la cual regula el paso del refrigerante hasta el evaporador (en este caso es el conjunto de tuberías y placas en el tanque propiamente dicho) y finaliza su retorno de refrigerante en estado gaseoso-líquido por succión(10), cabe resaltar que de manera técnica el uso del tanque acumulador de succión (13) asegura que el retorno de refrigerante sea 100% no líquido al compresor con la finalidad de evitar lo que se conoce como retorno de líquido. La función del controlador de la Válvula de expansión electrónica (14) es que mediante la medición hecho por el bulbo sensor (15) se regule correctamente el ingreso de refrigerante hacia el evaporador como se mencionó anteriormente. Si el tanque de enfriamiento posee más de 1 unidad condensadora (debido a su capacidad de almacenamiento por encima de 4000litros) se deben de encender desde el controlador de temperatura para acelerar el proceso de enfriamiento. La leche debe ser enfriado a 3.5°C mediante el controlador de temperatura, cuando ya llega a su SET POINT se apaga automáticamente, y se producen ciclos de trabajo del motorreductor agitador (3) con una frecuencia de 5 minutos encendido 15 apagado para remover la cantidad de leche y homogenizar la temperatura. De ser necesario el equipo encenderá para enfriar nuevamente

si la temperatura sube por encima de 4.5°C automáticamente y se apagará y realizará sus ciclos de agitación. Por último para el proceso de descarga de la leche se deben acoplar mangueras adecuadas y aperturar la válvula de descarga (6) y apagar el controlador nuevamente a la posición OFF. Otra función importante a destacar es el ciclo de agitación manual que se utiliza para el muestreo de la leche fresca que recoge el área de *control de calidad*, para activar la función si es que la leche ya encuentra frío o el sistema está apagado se debe pulsar la tecla de agitación ubicado en el centro del panel una sola vez y se da inicio al proceso del agitado por 5 minutos (tiempo default), luego el sistema apaga solo. Para la realización del AMEF se deben elaborar el cuadro de criterios de valoración para la obtención del Número de Prioridad de Riesgo, se muestra:

Tabla 7.

Ponderación de índice de Gravedad-AMEF

Gravedad (G)	
Descripción	Valoración
No perceptible, ínfimo	1
Falla menor, escaso	2-3
Fallo inminente bajo	4-5
Fallo medio, pero no para el sistema	6-7
Falla crítica elevada	8-9
Falla muy elevada, que implica problemas de seguridad, no conformidad	10

Aplicación del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos.

Tabla 8.

Ponderación de índice de Ocurrencia-AMEF

Ocurrencia (O)	
Descripción	Valoración
Una falla ocurre en más de 2 años	1
Una falla se produce a los 2 años	2-3
Una falla ocurre en 1 año	4-5
Una falla se produce entre 6 meses - 1 año	6-7
Una falla se produce entre 1- 6 meses	8-9
Una falla recurrente al mes	10

Aplicación del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos.

Tabla 9.

Ponderación de índice de Detección-AMEF

Detección (D)

	Descripción	Valoración
	Obvio	1
	Escaso	2-3
	Moderado	4-5
	Frecuente	6-7
	Elevada	8-9
	Muy elevada	10

Aplicación del mantenimiento preventivo centrado en
 la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos.

Las características del análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo) indica
 que: *NPR mayor que 200 es Inaceptable, 200 menor que NPR menor que 125 es
 Reducción deseable y NPR menor que 125 es Aceptable.* (Chrysler LLC, 2007).

Tabla 10

Elaboración del Análisis de Modos de Falla y Efectos – AMEF – Unidad condensadora.

Nombre del equipo: Tanque de enfriamiento de leche			Elaborado por:		Fecha: / /		N° AMEF: 1				
Sistema: Unidad condensadora			Condiciones existentes								
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR		
Compresor hermético.	Succionar y comprimir el refrigerante para producir el ciclo de enfriamiento.	Compresión nula del refrigerante.	Parada del sistema	Atascamiento por falta de aceite.	Cambio de aceite y compresor nuevo.	9	3	10	270		
				Recalentamiento de pistones por fuga de refrigerante.	Cambio de presostato baja presión y compresor nuevo.	9	4	8	288		
				Cortocircuito en bobinado.	Cambio de compresor nuevo.	9	2	6	108		
				Condensadores de arranque y trabajo (sistema monofásico) averiado por tensión en la red.	Medición y cambio de condensadores (mto. correctivo).	9	7	5	315		
Condensador aletado.	Enfría el refrigerante de vapor sobrecalentado a estado líquido extrayendo calor del mismo y preparándolo para el proceso de expansión.	Alta presión de condensación.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Condensador saturado por el uso.	Limpieza de canales aletados.	9	3	3	81		
				Fuga de refrigerante.	Parada del sistema.	Picadura por corrosión.	Soldadura de fisuras (mto correctivo).	9	3	3	81
						Bajo flujo de refrigerante.	Obstrucción por refrigerante contaminado.	Cambio de VET	8	3	7
Válvula de Expansión Termostática o Electrónica	Regular el ingreso de refrigerante hacia el evaporador controlando el subenfriamiento o recalentamiento.	Oscilación de presiones.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Elemento termostático averiado.	Cambio de VET	8	1	8	64		
		Nulo flujo de refrigerante.	Parada del sistema	Problema eléctrico en controlador electrónico.	Cambio de tarjeta de control (Válvula de expansión electrónica)	9	3	8	216		

Filtro deshidratador (Secador).	Purifica el flujo de refrigerante atrapando la humedad	Bajo o nulo flujo de refrigerante/Caída de alta presión.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Obstrucción por refrigerante contaminado.	Cambio de filtro secador (mtto preventivo)	8	3	5	120
Presostatos de baja y alta presión.	Controlan el adecuado nivel de presiones mínimas y máximas de trabajo del sistema	Funcionamiento del sistema con baja presión de refrigerante.	Trabamiento por falta de lubricación en el compresor (Parada del sistema).	Mecanismo interno del presostato averiado.	Cambio de presostato (mtto correctivo).	8	3	5	120
					Funcionamiento del sistema con sobre presión de refrigerante.	Desgaste prematuro del compresor y tuberías.	Cambio de presostato (mtto correctivo).	8	3
Ventilador de condensación.	Enfría el refrigerante en el condensador aletado.	Bajo flujo de aire.	Sobrecalentamiento y alta presión en el sistema.	Motor recalentado.	Revisión de tarjeta electrónica regulador velocidad o cambio del motor (mtto correctivo).	8	6	3	144
					Ruido excesivo.	Alta vibración.	Regulador de velocidad averiado.	8	3
Tanque acumulador de succión.	Separar el refrigerante en estado 100% gaseoso para el ingreso al compresor por la línea de succión.	Fuga de refrigerante.	Parada del sistema.	Fisuras por porosidad de corrosión.	Ajuste o mantenimiento de ventilador.	7	3	5	105
					Pernos flojos y/o desgaste de rodamientos.	Soldeo con equipo oxiacetileno (mtto correctivo).	9	1	5
Tuberías.	Trasladar el flujo de refrigerante por todo el sistema.	Fuga de refrigerante.	Parada del sistema.	Fisuras por porosidad de corrosión.	Soldeo con equipo oxiacetileno (mtto correctivo).	9	4	4	144

Elaboración propia.

Tabla 11.

Elaboración del Análisis de Modos de Falla y Efectos – AMEF – Sistema de agitación de leche

Nombre del equipo: Tanque de enfriamiento de leche						Elaborado por:		Fecha: / /		N° AMEF: 2	
Sistema: Sistema de agitación						Condiciones existentes					
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR		
Motoreductor de agitación	Transmite el movimiento giratorio hacia la paleta de agitación.	Giro nulo.	Congelamiento de la leche.	Trabamiento / Recalentamiento del motor	Cambio del motorreductor (mtto correctivo).	9	5	4	180		
		Ruido excesivo.	Alta vibración.	Pernos flojos / desgaste de rodamientos. Trabamiento por fallo en el motor.	Cambio del motorreductor (mtto preventivo). Soldeo con equipo TIG (mtto. Correctivo).	9	6	4	216		
Paleta de agitación de acero.	Agitación directa de la leche en el enfriamiento.	Paleta rota.	Congelamiento de la leche.	Trabamiento por fallo en el controlador de temperatura.	Verificación de temperatura de enfriamiento (mtto. correctivo).	9	3	4	108		
						9	6	4	216		

Elaboración propia.

Tabla 12.

Elaboración del Análisis de Modos de Falla y Efectos – AMEF – Sistema eléctrico.

Nombre del equipo: Tanque de enfriamiento de leche						Elaborado por:		Fecha: / /		N° AMEF: 3	
Sistema: Sistema eléctrico						Condiciones existentes					
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR		
Controlador de temperatura (SENTRY III) / Full Gauge / T-10.	Controlar el funcionamiento global y enfriamiento del equipo hasta la	Temperatura de registro no coincide.	Congelamiento o acidificación de la leche.	Descalibración del sensor de temperatura o problemas en el cable.	Recalibración del sensor de temperatura (mtto correctivo).	9	6	4	216		

	temperatura objetivo (3.5°C).	Controlador de temperatura enciende y apaga.	de Parada y arranque del sistema intempestivo.	Conectores electrónicos flojos o problemas en la red eléctrica.	Ajuste de conexiones y medición de alimentación eléctrica.	9	8	4	288
		Controlador de temperatura enciende.	de Parada total del sistema.	Fusibles de control averiados por problemas en la red eléctrica.	Cambio de fusibles y medición de la alimentación eléctrica.	9	6	4	216
Relay de protección y monitoreo energía.	Monitorear los parámetros de energía eléctrica para aperturar el funcionamiento del sistema.	Relay no desconecta la alimentación eléctrica ante una avería.	Daño a los motores del sistema por energía de alimentación de fuerza inadecuado.	Funcionamiento interno dañado, regulación inadecuada de parámetros.	Ajuste de parámetros y prueba de funcionamiento o cambio (mtto. correctivo).	8	3	3	72
Interruptores termomagnéticos y guardamotores.	Permitir el pase de energía eléctrico adecuado hasta el umbral de trabajo.	Interruptor y/o guardamotor breackeado.	Funcionamiento ralentizado por apagado de algún motor (compresor, ventilador condensación, etc).	Incremento de consumo de corriente o mecanismo interno del dispositivo averiado.	Reseteo y monitoreo de parámetros de trabajo o cambio (mtto. correctivo).	7	8	3	168
Contactores de potencia.	Dispositivo de maniobra que apertura la energía eléctrica de fuerza a los motores del sistema.	Contactor no apertura	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Problemas con alguna etapa del control eléctrico (señal de presostatos, controlador, fusibles).	Descarte de la falla eléctrica (mtto correctivo).	7	4	9	252
		Contactor averiado.	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Inadecuada alimentación de la red eléctrica.	Monitoreo de parámetros eléctricos y cambio (mtto. correctivo).	7	5	3	105
Cableado de fuerza y control.	Transmitir el fluido eléctrico continuo en el funcionamiento del equipo.	Descarga de corriente a masa.	Apagado del sistema.	Cables rotos, humedad en empalmes defectuosos.	Medición, ubicación de la falla y corrección. (mtto. correctivo).	8	5	2	80

Elaboración propia.

Tabla 13.

Elaboración del Análisis de Modos de Falla y Efectos – AMEF – Sistema de almacenamiento de leche.

Nombre del equipo: Tanque de enfriamiento de leche		Elaborado por:		Fecha: / /		N° AMEF: 4			
Sistema: Sistema de almacenamiento		Condiciones existentes							
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR
Placa evaporador y tanque de acero.	Permite el paso de refrigerante para hacer el intercambio térmico con la leche. Almacenamiento directo de la leche.	Fuga de refrigerante y aceite (altura de las patas).	Parada del sistema.	Picadura o fisura por desgaste y presión que ejercen el peso de la leche sobre las patas.	Detección y soldeo con equipo TIG (mtto. correctivo).	9	1	9	81
		Fuga de leche.	Pérdida del volumen del producto.	Desgaste o fisura de las juntas de soldadura.	Detección y soldeo con equipo TIG (mtto. correctivo).	9	1	2	18
Patas de soporte.	Apoyo directo del tanque enfriamiento sobre el suelo.	Pata desnivelada.	Volumen de almacenamiento erróneo.	Piso cedido.	Calibración de niveles de patas.	6	5	2	60
		Pata rota.	Volumen de almacenamiento erróneo por desnivel /Fuga de refrigerante.	Fisura en uniones de soldadura por presión del peso de la leche.	Detección y soldeo con equipo TIG (mtto. correctivo).	8	3	2	48
Escalera.	Permite subir para colocar tapa de cierre, mangueras de ingreso leche, hacer limpieza	Escalera floja.	Inadecuada maniobra de mangueras, tapa de cierre, riesgo de caída. Contaminación de agentes externos al producto por cierre no hermético.	Fisuras por golpes o por el uso.	Detección y soldeo con equipo TIG (mtto. correctivo).	10	1	1	20
Tapa de cierre y empaque Manhole.	Permite hermetizar el sistema del ambiente y mantener la inocuidad del producto.	Soportes (correa, sujetador roto).	Contaminación de agentes externos al producto por cierre no hermético.	Fisuras por golpes o por el uso.	Detección y soldeo con equipo TIG (mtto. correctivo).	6	5	1	30
		Empaque Manhole roto, reseco.	Contaminación de agentes externos al producto por cierre no hermético.	Desgaste por el uso o mal manipulación.	Cambio (mtto. correctivo).	6	3	1	18

Válvula de descarga de leche	Permite la apertura o cierre del contenido del producto y descarga hacia las cisternas.	Fuga de leche	Pérdida parcial del producto.	Empaques y mecanismos sellados por el uso.	y	Cambio de empaques y sellos (mtto correctivo).	9	4	2	72
------------------------------	---	---------------	-------------------------------	--	---	--	---	---	---	----

Elaboración propia.

Posteriormente se ordena de forma descendente cada modo de fallo potencial de acuerdo al Número de Prioridad de Riesgo con la información de las tablas anteriores, los NPR más altos deben ser reducidos al mínimo, si es posible anular.

Tabla 14.

NRP de AMEF para elaboración del Plan de Mantenimiento.

Nº	Item	Modo de fallo potencial	Efecto potencial de fallo	Causas potenciales de fallo	NPR
1	Compresor hermético	Compresión nula del refrigerante.	Parada del sistema	Condensadores de arranque y trabajo (sistema monofásico) averiado por tensión en la red.	315
2	Controlador de temperatura (SENTRY III) / Full Gauge / T-10.	Controlador de temperatura enciende y apaga.	Parada y arranque del sistema intempestivo.	Conectores electrónicos flojos o problemas en la red eléctrica.	288
3	Compresor hermético	Compresión nula del refrigerante.	Parada del sistema	Recalentamiento de pistones por fuga de refrigerante.	288
4	Compresor hermético	Compresión nula del refrigerante.	Parada del sistema	Atascamiento por falta de aceite.	270
5	Contactores de potencia.	Contactador no apertura	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Problemas con alguna etapa del control eléctrico (señal de presostatos, controlador, fusibles).	252
6	Controlador de temperatura (SENTRY III) / Full Gauge / T-10.	Parada total del sistema.	Fusibles de control averiados por problemas en la red eléctrica.	Cambio de fusibles y medición de la alimentación eléctrica.	216
7	Controlador de temperatura (SENTRY III) / Full Gauge / T-10.	Temperatura de registro no coincide.	Congelamiento o acidificación de la leche.	Descalibración del sensor de temperatura o problemas en el cable.	216
8	Paleta de agitación de acero.	Paleta rota.	Congelamiento de la leche.	Trabamiento por fallo en el controlador de temperatura.	216
9	Motoreductor de agitación	Ruido excesivo.	Alta vibración.	Pernos flojos / desgaste de rodamientos.	216
10	Válvula de Expansión Termostática o Electrónica	Nulo flujo de refrigerante.	Parada del sistema	Problema eléctrico en controlador electrónico.	216
11	Motoreductor de agitación	Giro nulo.	Congelamiento de la leche.	Trabamiento / Recalentamiento del motor	180
12	Interruptores termomagnéticos y guardamotors.	Interruptor y/o guardamotor breackeado.	Funcionamiento ralentizado por apagado de algún motor (compresor, ventilador condensación, etc).	Incremento de consumo de corriente o mecanismo interno del dispositivo averiado.	168

13	Válvula de Expansión Termostática o Electrónica	Bajo flujo de refrigerante	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Obstrucción por refrigerante contaminado.	168
14	Tuberías.	Fuga de refrigerante.	Parada del sistema.	Fisuras por porosidad de corrosión.	144
15	Ventilador de condensación.	Bajo flujo de aire.	Sobrecalentamiento y alta presión en el sistema.	Regulador de velocidad averiado.	144
16	Ventilador de condensación.	Bajo flujo de aire.	Sobrecalentamiento y alta presión en el sistema.	Motor recalentado.	144
17	Presostatos de baja y alta presión.	Funcionamiento del sistema con baja presión de refrigerante.	Trabamiento por falta de lubricación en el compresor (Parada del sistema).	Mecanismo interno del presostato averiado.	120
18	Filtro deshidratador (Secador).	Bajo o nulo flujo de refrigerante/Caída de alta presión.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Obstrucción por refrigerante contaminado.	120
19	Paleta de agitación de acero.	Paleta rota.	Congelamiento de la leche.	Trabamiento por fallo en el motor.	108
20	Compresor hermético	Compresión nula del refrigerante.	Parada del sistema	Cortocircuito en bobinado.	108
21	Contactores de potencia.	Contactador averiado.	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Inadecuada alimentación de la red eléctrica.	105
22	Ventilador de condensación.	Ruido excesivo.	Alta vibración.	Pernos flojos y/o desgaste de rodamientos.	105
23	Placa evaporador y tanque de acero.	Fuga de refrigerante y aceite (altura de las patas).	Parada del sistema.	Picadura o fisura por desgaste y presión que ejercen el peso de la leche sobre las patas.	81
24	Condensador aletado.	Fuga de refrigerante.	Parada del sistema	Picadura por corrosión.	81
25	Condensador aletado.	Alta presión de condensación.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Condensador saturado por el uso.	81
26	Cableado de fuerza y control.	Descarga de corriente a masa.	Apagado del sistema.	Cables rotos, humedad en empalmes defectuosos.	80
27	Válvula de descarga de leche	Fuga de leche	Pérdida parcial del producto.	Empaques y mecanismos de sellado desgastados por el uso.	72
28	Relay de protección y monitoreo energía.	Relay no desconecta la alimentación eléctrica ante una avería.	Daño a los motores del sistema por energía de alimentación de fuerza inadecuada.	Funcionamiento interno dañado, regulación inadecuada de parámetros.	72
29	Válvula de Expansión Termostática o Electrónica	Oscilación de presiones	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Elemento termostático averiado.	64
30	Patas de soporte.	Pata desnivelada.	Volumen de almacenamiento erróneo.	Piso cedido.	60

31	Patas de soporte.	Pata rota.	Volumen de almacenamiento erróneo por desnivel /Fuga de refrigerante.	Fisura en uniones de soldadura por presión del peso de la leche.	48
32	Tanque acumulador de succión.	Fuga de refrigerante.	Parada del sistema.	Fisuras por porosidad de corrosión.	45
33	Tapa de cierre y empaque Mnahole.	Soportes (correa, sujetador roto).	Contaminación de agentes externos al producto por cierre nulo.	Fisuras por golpes o por el uso.	30
34	Escalera.	Escalera floja.	Inadecuada maniobra de mangueras, tapa de cierre, riesgo de caída.	Fisuras por golpes o por el uso.	20
35	Tapa de cierre y empaque Mnahole.	Empaque Manhole roto, reseco.	Contaminación de agentes externos al producto por cierre nulo.	Desgaste por el uso o mal manipulación.	18
36	Placa evaporador y tanque de acero.	Fuga de leche.	Pérdida del volumen del producto.	Desgaste o fisura de las juntas de soldadura.	18

Elaboración propia.

Algunas recomendaciones que brindan las marcas fabricantes en refrigeración aplicables para un proceso de mantenimiento son:

-Cuando ocurre que un compresor hermético o semi-hermético se quema eléctricamente, el sistema debe pasar por un proceso de limpieza para remover los contaminantes generados, esto tiene el propósito de evitar que la quema del compresor se repita en el sistema de forma prematura, algunas veces se utiliza la circulación de refrigerante R141B. (Danfoss).

-Para garantizar un buen funcionamiento del sistema, calcule el desequilibrio para cada fase tomando la diferencia entre la lectura de tensión (Volts) en cada fase y la media.

Diferencia de voltaje entre L1-L2 = 220 – 214 = 6 Voltios

Diferencia de voltaje entre L2-L3 = 221 – 219 = 2 Voltios

Diferencia de voltaje entre L1-L3 = 223 – 220 = 3 Voltios

En este ejemplo el desequilibrio mayor es de 6 voltios. Aplicando la fórmula para determinar el porcentaje de desequilibrio en la fase es:

Porcentaje de desbalanceo = $6 / 220 \times 100 = 2,72 \%$

El desbalanceo máximo permitido en las fases debe ser un 2 % máximo. En el

ejemplo el desbalanceo de tensión es mayor al 2% y por tanto no es aceptable. Se debe revisar la distribución eléctrica. (Danfoss).

ITEM	Descripción del servicio	FRECUENCIA				
		D	M	T	S	A
1	Haga la inspección general del equipo		X			
2	Verifique la instalación eléctrica		X			
3	Mida la tensión y la corriente		X			
4	Verifique la apertura de todas las terminales eléctricas		X			
5	Verifique las obstrucciones del condensador	X				
6	Verifique el funcionamiento de los accesorios			X		
7	Verifique el nivel de aceite del compresor	X				
8	Verifique la existencia de ruido o vibraciones	X				
9	Verifique la limpieza del equipo	X				
10	Mida la presión y la temperatura de alta o baja del compresor		X			
11	Verifique y regule los relay térmicos		X			
12	Realice la limpieza en el condensador		X			
13	Pruebe la acidez y cambie el aceite				X	
14	Revisión general del compresor semi Hermético					X

D - Diaria **M** - Mensual **T** - Trimestral **S** - Semestral **A** - Anual

Figura 7. Tabla de frecuencias de mantenimiento recomendadas para unidades condensadoras Danfoss

Fuente: Manual mantenimiento compresores herméticos Danfoss

Para garantizar un adecuado funcionamiento de equipos eléctricos los conductores de los circuitos derivados deberán ser dimensionados para que la caída de tensión no sea mayor del 2.5%, para cargas de fuerza, calefacción y alumbrado, o combinación de tales cargas y donde la caída de tensión total máxima en circuitos derivados y alimentadores hasta el punto de utilización más alejado no exceda del 4%. (Código Nacional de Electricidad Tomo V).

Visualizar el plan de mantenimiento de los tanques de enfriamiento de leche en el anexo 1.



Figura 8. Izquierda-Tanque de enfriamiento MUELLER de 1000Galones/Derecha-Unidad condensadora ELGIN para tanque de enfriamiento.

El proceso de trabajo del Chiller de enfriamiento de leche es el siguiente: El sistema apagado posee un selector de trabajo y se debe colocar a la posición de automático (porque también hay una posición manual) cuando se da inicio al proceso de ordeño las electrobombas de glicol-agua recirculan este flujo a través del intercambiador de placas 2 (que es por donde circula la leche fresca recién ordeñado) entonces al encontrarse caliente aumenta su temperatura instantáneamente y esto detecta el sistema de control de temperatura del Chiller y enciende la primera etapa del sistema que consiste en enfriar mediante el intercambiador de placas 1 el gas refrigerante R507 del circuito primario de refrigeración a la mezcla glicol-agua (esto viene a ser el refrigerante 2) a una temperatura de 1°C, para realizar el proceso de enfriamiento 1, si la demanda de flujo es muy elevado trabajan a la vez los 04 compresores de refrigeración trifásicos de 15Hp cada uno, y conforme disminuye la demanda van desconectando los compresores hasta apagarse el sistema. Respecto al acopio y la circulación de la leche caliente del ordeño propiamente dicho a la etapa del enfriamiento la materia prima caliente (alrededor de 34°C) se almacenan al inicio en un tanque de acero inoxidable de 1000 litros mediante un sistema líneas de tuberías, y bombas de vacío-succión y conforme hay un nivel por encima de la mitad del tanque detectado por el control de nivel automático del sistema se vuelve a impulsar el flujo de leche por una electrobomba hacia el intercambiador de placas 2 para el enfriamiento instantáneo previo pase por trampas de filtros de partículas en la línea de inoxidable hasta lograr una temperatura de 6°C y almacenarse nuevamente la leche en los tanques de enfriamiento de 12000Litros de capacidad para culminar de enfriarse hasta los 3.5°C. Hay tres turnos de recojo de las cisternas de 30000Litros para abastecer la capacidad diaria de 70 000litros en promedio.

Hay 3 turnos de ordeño de 8 horas con lapsos de 1 hora para el repose del equipo, entonces el sistema es un equipo crítico y constantemente se están realizando monitoreos,

inspecciones por parte del área de mantenimiento, el personal del establo también está involucrado pendiente de cualquier circunstancia anormal que presente el chiller.

Cuando acaba todo el proceso de ordeño y sistema debe apagarse cambiando el selector a la posición OFF, en el lapso de cambio de turno de ordeño se ejecuta el lavado-limpieza de toda la línea de transporte de la materia prima con un sistema de agua caliente, ciertos detergentes, todo esto para garantizar la inocuidad del proceso productivo.

Tabla 15.

Elaboración del Análisis de Modos de Falla y Efectos – AMEF – Unidad condensadora Chiller

Nombre del equipo: Chiller de enfriamiento de leche CWC120						Elaborado por:		Fecha:		N° AMEF:		1	
Sistema: Unidad condensadora y 1era etapa de enfriamiento						Condiciones existentes							
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR				
Compresores Coppeland Scroll (4)	Succionar y comprimir el refrigerante para producir el ciclo de enfriamiento.	Compresión nula del refrigerante.	Parada parcial del sistema, disminución considerable de la eficiencia del sistema	Atascamiento por falta de aceite.	Cambio de compresor nuevo y aceite.	9	1	8	72				
				Recalentamiento de pistones por fuga de refrigerante.	Cambio de compresor nuevo y presostato baja presión.	9	1	8	72				
				Cortocircuito en bobinado.	Cambio de compresor nuevo.	9	1	9	81				
Condensador aletado (2)	Enfría el refrigerante de vapor sobrecalentado a estado líquido extrayendo calor del mismo y preparándolo para el proceso de expansión.	Alta presión de condensación.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Condensador saturado por el uso.	Limpieza de canales aletados.	7	7	2	98				
				Picadura por corrosión.	Soldadura de fisuras (mtto correctivo).	9	1	3	27				
				Sobrecalentamiento y alta presión en el sistema.	Desmontaje y rebobinado del motor	9	8	3	216				
Ventiladores de condensación (6)	Enfría el refrigerante en el condensador aletado.	Bajo flujo de aire.	Sobrecalentamiento y alta presión en el sistema.	Motor recalentado. Desgaste de rodamientos y posibilidad de cortocircuito.	Ajuste o mantenimiento de ventilador.	9	8	2	144				
				Pernos flojos y/o desgaste de rodamientos.									
		Ruido excesivo.	Alta vibración, sonido anómalo estrepitoso.	Partes desgastadas reparadas constantemente (Rejilla o carcasa									

Válvula de expansión para R507 (2)	Regular el ingreso de refrigerante hacia el evaporador (intercambiador de placas) controlando el subenfriamiento o recalentamiento.	Bajo flujo de refrigerante.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	motor) Obstrucción por refrigerante contaminado.		9	1	7	63
		Oscilación de presiones.		Elemento termostático averiado.	Cambio de VET	9	1	8	72
Intercambiador de placas soldado 1 Refrigerante/Glicol (Evaporador)	Realiza el intercambio de temperatura entre el refrigerante R507(1) – Glicol + agua (2).	Fuga externa del glicol o del refrigerante	Parada total del sistema	Desgaste por corrosión y tiempo de uso	Limpieza total del sistema y cambio del intercambiador de placas	9	1	7	63
		Fuga interna y contaminación del glicol con el refrigerante				9	1	10	90
Presostatos de baja y alta presión (8)	Controlan el adecuado nivel de presiones mínimas y máximas de trabajo del sistema.	Funcionamiento del sistema con baja o sobre presión de refrigerante.	Trabamiento por falta de lubricación de cualquiera de los compresores (Parada parcial del sistema) /Desgaste prematuro del compresor y tuberías.	Mecanismo interno del presostato averiado.	Cambio de presostato (mtto correctivo).	9	1	7	63
Filtro de succión tipo cartucho / Filtro deshidratador línea de líquido	Purifica el flujo de refrigerante atrapando la humedad y acidez.	Bajo o nulo flujo de refrigerante/Caída de alta presión o caída en línea baja presión.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Obstrucción por refrigerante contaminado.	Cambio de filtro secador (mtto preventivo)	8	1	8	64
Válvula de solenoide (2)	Permite el pase de refrigerante hacia la VET en el arranque del sistema.	Solenoide no acciona al sistema.	Parada parcial del sistema.	Solenoide averiado por recalentamiento Cableado eléct	Cambio de la solenoide Revisión y corrección del cableado	9	1	7	63
						9	1	7	63

Tanque receptor de líquido	Almacena el refrigerante en estado líquido para suministro del sistema.	Fuga de refrigerante	Parada parcial del sistema.	Corrosión por el uso	Soldeo, vacío y carga de refrigerante al sistema	8	1	7	56
----------------------------	---	----------------------	-----------------------------	----------------------	--	---	---	---	----

Elaboración propia.

Tabla 16.

Elaboración del Análisis de Modos de Falla y Efectos – AMEF – 2da etapa de enfriamiento - Chiller.

Nombre del equipo: Chiller de enfriamiento de leche CWC120				Elaborado por:	Fecha:	N° AMEF: 2			
Sistema: 2da etapa de enfriamiento						Condiciones existentes			
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR
Tanque de glicol	Almacenamiento del glicol para suministro de la línea de tuberías.	Nivel bajo del volumen de glicol	Pérdida de eficiencia en enfriamiento por cantidad insuficiente de glicol	Fuga por rotura de la carcasa del tanque o por alguna fuga en la línea de tuberías	Inspección del nivel de glicol y llenado	9	1	6	54
Electrobombas de glicol (2)	Impulsar el flujo de glicol hacia el intercambiador de placas 2.	Bajo flujo de fluido (glicol) impulsado	Pérdida de eficiencia en el enfriamiento	Impulsor saturado con residuos	Ninguno	9	1	9	81
		Sonido en el funcionamiento	Recalentamiento y cortocircuito en el bobinado	Desgaste en los rodamientos/Pernos de soporte flojos	Inpección física	8	2	6	96
Tuberías de ingreso y retorno intercambiador de placas 2	Transportar el flujo de glicol al intercambiador de placas de leche.	Fuga o goteo de glicol por la bomba	Pérdida del volumen de glicol adecuado	Sello mecánico de la bomba desgastado	Inspección física	9	1	7	63
		Goteo o fuga de glicol en uniones o secciones de tuberías	Pérdida del volumen de glicol adecuado (Pérdida de eficiencia en enfriamiento)	Desgaste por corrosión y el uso	Inspección física y cambio de requerirse	7	1	5	35
Intercambiador de placas 2 desmontable Glicol-Leche	Realizar el intercambio de temperatura instantáneo entre el Glicol (refrigerante 2) – Leche (materia prima).	Fuga externa de la leche por las empaquetaduras	Pérdida de la materia prima recolectada	Deterioro de las empaquetaduras de las juntas por el uso y partículas de grasa acumuladas	Desmontaje de las placas, cambio de empaquetaduras averiadas y limpieza (Mantenimiento correctivo)	9	4	3	108
		Flujo bajo de leche fría en la salida del	Baja eficiencia del proceso productivo	Obstrucción por partículas de grasa y		8	4	5	160

Tuberías de ingreso y retorno tanque agua caliente Intercambiador de placas 3 soldado Refrigerante R507 – Agua caliente	Transportar el flujo de agua desde el intercambiador de calor 3 a tanque de agua. Realizar el intercambio de temperatura entre la línea refrigerante vapor sobrecalentado – agua Temperatura ambiente.	intercambiador Goteo o fuga de agua en uniones o secciones de tuberías Fuga interna y mezcla del refrigerante con agua	Pérdida innecesaria de agua caliente para limpieza del sistema Parada total del sistema	otros acumulados entre las placas. Desgaste y corrosión por el uso y medio ambiente Picadura, desgaste y corrosión por el uso y medio ambiente	Inspección y cambio de sección de tubería de ser necesario. Purga total del sistema y cambio del intercambiador (mantenimiento correctivo).	4	1	4	16
Tanque de agua caliente	Almacenar al agua caliente (SET POINT: 60°).	Fuga exterior de agua	Pérdida innecesaria de agua caliente para limpieza del sistema	Picadura, desgaste y corrosión por el uso y medio ambiente	Cierre de válvulas, purga y soldeo de la fisura (mantenimiento correctivo)	5	6	3	90

Elaboración propia

Tabla 17.

Elaboración del Análisis de Modos de Falla y Efectos – AMEF – Sistema eléctrico – Chiller.

Nombre del equipo: Chiller de enfriamiento de leche CWC120						Elaborado por:		Fecha:		N° AMEF:		3	
Sistema: Sistema eléctrico						Condiciones existentes							
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR				
Tablero control de temperatura ELIWELL	Realizar el funcionamiento de todo el sistema controlando la temperatura SET POINT: 0°C y arrancando los sistemas de compresores por pasos.	Desfase de temperatura registrado Controlador apagado	Enfriamiento no controlado por encima o debajo de la temperatura objetivo (5°C) Parada total del sistema	Desfase de la temperatura por sonda de sensor encalichado o cable de señal averiado Fusible de protección por problemas en la energía de alimentación.	Revisión y limpieza Medición de la tensión eléctrica y cambio de fusibles	8	2	4	64	9	1	2	18

		Tablero eléctrico con exceso de temperatura	Incendio	Ventilador de tablero averiado.	Revisión, regulación del termostato de control	7	1	2	14
Contactores de potencia y de control	Dispositivo de maniobra que apertura la energía eléctrica de fuerza a los motores del sistema.	Contactador no apertura	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Problemas con alguna etapa del control eléctrico (señal de presostatos, controlador, fusibles).	Descarte de la falla eléctrica (mtto correctivo).	8	4	5	160
		Contactador averiado.	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Inadecuada alimentación de la red eléctrica.	Monitoreo de parámetros eléctricos y cambio (mtto. correctivo).	7	2	5	70
Interruptores termomagnéticos (compresores, electrobombas, ventiladores)	Permitir el pase de energía eléctrica adecuado hasta el umbral de trabajo.	Interruptor y/o guardamotor breackeado.	Funcionamiento ralentizado por apagado de algún motor (compresor, ventilador condensación, etc).	Incremento de consumo de corriente o mecanismo interno del dispositivo averiado.	Reseteo y monitoreo de parámetros de trabajo o cambio (mtto. correctivo).	7	4	4	112
Cableado de fuerza y control	Transmitir el fluido eléctrico continuo en el funcionamiento del equipo.	Descarga de corriente a masa.	Apagado del sistema.	Cables rotos, humedad en empalmes defectuosos.	Medición, ubicación de la falla y corrección. (mtto. correctivo).	10	1	8	80

Elaboración propia

Posteriormente se ordena de forma descendente cada modo de fallo potencial de acuerdo al Número de Prioridad de Riesgo con la información de las tablas anteriores, los NPR más altos deben ser reducidos al mínimo, si es posible anular.

Tabla 18.

NRP de AMEF para elaboración del Plan de Mantenimiento.

N°	Item	Modo de fallo potencial	Efecto potencial de fallo	Causas potenciales de fallo	NPR
1	Ventiladores de condensación (6)	Bajo flujo de aire.	Sobrecalentamiento y alta presión en el sistema.	Motor recalentado. Desgaste de rodamientos y posibilidad de cortocircuito.	216
2	Intercambiador de placas 2 desmontable Glicol-Leche	Flujo bajo de leche fría en la salida del intercambiador	Baja eficiencia del proceso productivo	Obstrucción por partículas de grasa y otros acumulados entre las placas.	160
3	Contactores de potencia y de control	Contactador no apertura	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Problemas con alguna etapa del control eléctrico (señal de presostatos, controlador, fusibles).	160
4	Ventiladores de condensación (6)	Ruido excesivo.	Alta vibración, sonido anómalo estrepitoso.	Pernos flojos y/o desgaste de rodamientos.	144
5	Ventiladores de condensación (6)	Ruido excesivo.	Alta vibración, sonido anómalo estrepitoso.	Partes desgastadas reparadas constantemente (Rejilla o carcasa motor)	144
6	Interruptores termomagnéticos (compresores, electrobombas, ventiladores)	Interruptor y/o guardamotor breackeado.	Funcionamiento ralentizado por apagado de algún motor (compresor, ventilador condensación, etc).	Incremento de consumo de corriente o mecanismo interno del dispositivo averiado.	112
7	Intercambiador de placas 2 desmontable Glicol-Leche	Fuga externa de la leche por las empaquetaduras	Pérdida de la materia prima recolectada	Deterioro de las empaquetaduras de las juntas por el uso y partículas de grasa acumuladas	108

8	Condensador aletado (2)	Alta presión de condensación.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Condensador saturado por el uso.	98
9	Electrobombas de glicol	Sonido en el funcionamiento	Recalentamiento y cortocircuito en el bobinado	Desgaste en los rodamientos/Pernos de soporte flojos	96
10	Intercambiador de placas soldado Refrigerante/Glicol (Evaporador)	Fuga interna y contaminación del glicol con el refrigerante	Parada total del sistema	Desgaste por corrosión y tiempo de uso	90
11	Intercambiador de placas 3 soldado Refrigerante R507 – Agua caliente	Fuga interna y mezcla del refrigerante con agua	Parada total del sistema	Picadura, desgaste y corrosión por el uso y medio ambiente	90
12	Tanque de agua caliente	Fuga exterior de agua	Pérdida innecesaria de agua caliente para limpieza del sistema	Picadura, desgaste y corrosión por el uso y medio ambiente	90
13	Compresores Coppeland Scroll (4)	Compresión nula del refrigerante.	Parada parcial del sistema, disminución considerable de la eficiencia del sistema	Cortocircuito en bobinado.	81
14	Electrobombas de glicol	Bajo flujo de fluido (glicol) impulsado	Pérdida de eficiencia en el enfriamiento	Impulsor saturado con residuos	81
15	Cableado de fuerza y control	Descarga de corriente a masa.	Apagado del sistema.	Cables rotos, humedad en empalmes defectuosos.	80
16	Compresores Coppeland Scroll (4)	Compresión nula del refrigerante.	Parada parcial del sistema, disminución considerable de la eficiencia del sistema	Atascamiento por falta de aceite.	72
17	Compresores Coppeland Scroll (4)	Compresión nula del refrigerante.	Parada parcial del sistema, disminución considerable de la eficiencia del sistema	Recalentamiento de pistones por fuga de refrigerante.	72
18	Válvula de expansión para R507 (2)	Oscilación de presiones.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Elemento termostático averiado.	72
19	Contactores de potencia y de control	Contactador averiado.	Funcionamiento parcial del sistema por algún motor apagado.	Inadecuada alimentación de la red eléctrica.	70

20	Filtro de succión tipo cartucho / Filtro deshidratador línea de líquido	Bajo o nulo flujo de refrigerante/Caída de alta presión o caída en línea baja presión.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Obstrucción por refrigerante contaminado.	64
21	Tablero control de temperatura ELIWELL	Desfase de temperatura registrado	Enfriamiento no controlado por encima o debajo de la temperatura objetivo (5°C)	Desfase de la temperatura por sonda de sensor encalichado o cable de señal averiado	64
22	Válvula de expansión para R507 (2)	Bajo flujo de refrigerante.	Retardo en el tiempo de enfriamiento.	Obstrucción por refrigerante contaminado.	63
23	Intercambiador de placas soldado Refrigerante/Glicol (Evaporador)	Fuga externa del glicol o del refrigerante	Parada total del sistema	Desgaste por corrosión y tiempo de uso	63
24	Presostatos de baja y alta presión (8)	Funcionamiento del sistema con baja o sobre presión de refrigerante	Trabamiento por falta de lubricación de cualquiera de los compresores (Parada parcial del sistema) /Desgaste prematuro del compresor y tuberías.	Mecanismo interno del presostato averiado.	63
25	Válvula de solenoide (2)	Solenoide no acciona al sistema.	Parada parcial del sistema.	Solenoide averiado por recalentamiento	63
26	Válvula de solenoide (2)	Solenoide no acciona al sistema.	Parada parcial del sistema.	Cableado eléctrico roto	63
27	Electrobombas de glicol	Fuga o goteo de glicol por la bomba	Pérdida del volumen de glicol adecuado	Sello mecánico de la bomba desgastado	63
28	Tanque recibidor de líquido	Fuga de refrigerante	Parada parcial del sistema.	Corrosión por el uso	56
29	Tanque de glicol	Nivel bajo del volumen de glicol	Pérdida de eficiencia en enfriamiento por cantidad insuficiente de glicol	Fuga por rotura de la carcasa del tanque o por alguna fuga en la línea de tuberías	54
30	Tuberías de ingreso y retorno intercambiador de placas 2	Goteo o fuga de glicol en uniones o secciones de tuberías	Pérdida del volumen de glicol adecuado (Pérdida de eficiencia en enfriamiento)	Desgaste por corrosión y el uso	35

31	Condensador aletado (2)	Fuga de refrigerante.	Parada parcial del sistema, disminución considerable de la eficiencia	Picadura por corrosión.	27
32	Tablero control de temperatura ELIWELL	Controlador apagado	Parada total del sistema	Fusible de protección en problemas por la energía de alimentación.	18
33	Tuberías de ingreso y retorno tanque agua caliente	Goteo o fuga de agua en uniones o secciones de tuberías	Pérdida innecesaria de agua caliente para limpieza del sistema	Desgaste y corrosión por el uso y medio ambiente	16
34	Tablero control de temperatura ELIWELL	Tablero eléctrico con exceso de temperatura	Incendio	Ventilador de tablero averiado.	14

Elaboración propia

Visualizar el plan de mantenimiento del Chiller de enfriamiento de leche fresca en el anexo 2.



Figura 9. Chiller de enfriamiento De Laval, vista lateral y perspectiva (Registro fotográfico de la empresa).

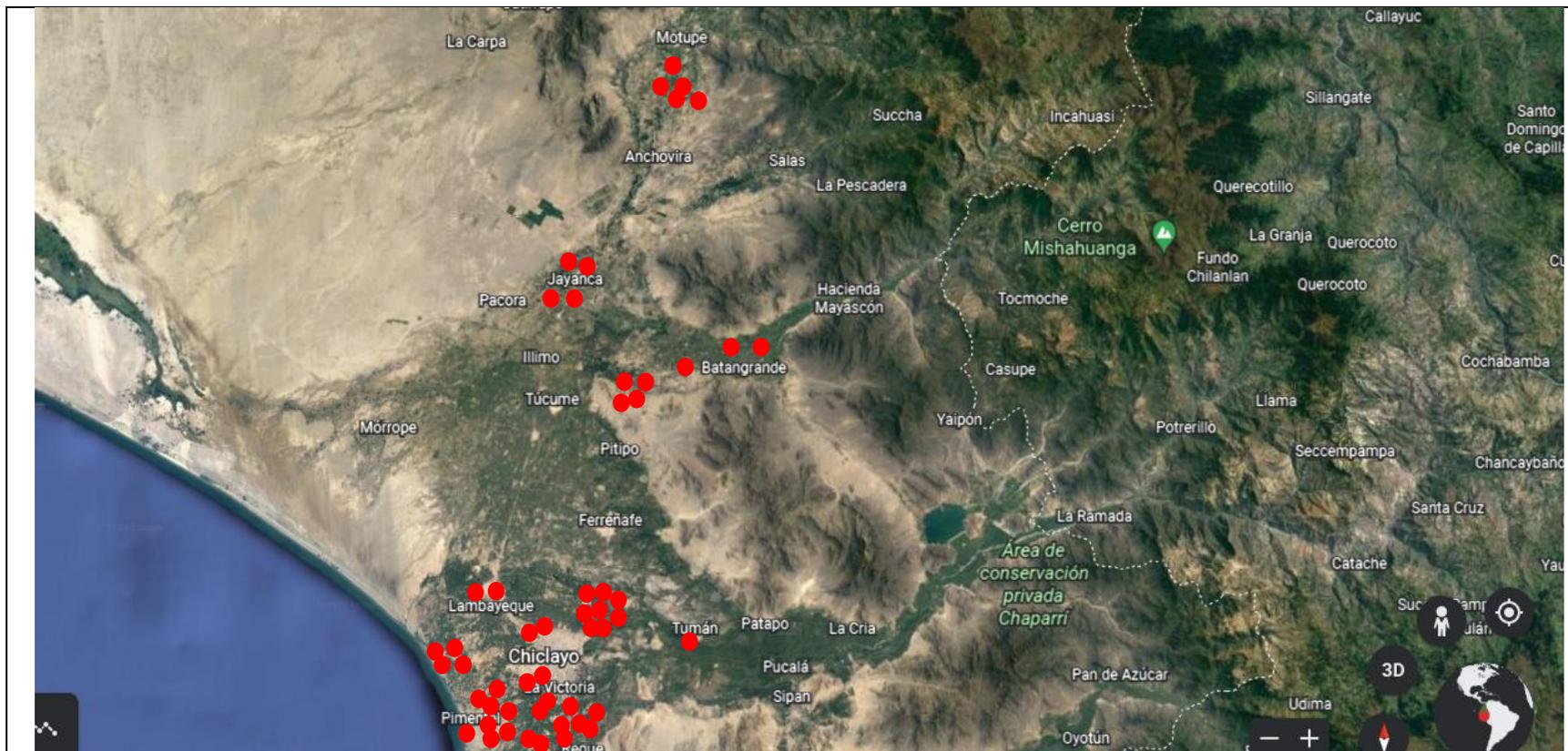


Figura 10. Zona Lambayeque. Zonificación de equipos de leche fresca para el mantenimiento a cargo del técnico N°1.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.

Lista de equipos de enfriamiento para el mantenimiento a cargo del técnico N°1

CÓDIGO SAP	RAZÓN SOCIAL	MARCA	CAPACIDAD
N/C	Ganadero 1	Mueller	4000 Gal.
100TEN000016	Ganadero 2	Mueller	600 Gal.
100TEN000085	Ganadero 3	Mueller	1000 Gal.
100TEN000102	Ganadero 4	Mueller	600 Gal.

100TEN000105	Ganadero 5	Mueller	1000 Gal.
100TEN000107	Ganadero 6	Mueller	1000 Gal.
100TEN000110	Ganadero 7	Mueller	1000 Gal.
100TEN000112	Ganadero 8	Mueller	2000 Gal.
100TEN000113	Ganadero 9	Mueller	1000 Gal.
100TEN000115	Ganadero 10	Frigomilk	1200 L
100TEN000116	Ganadero 11	Mueller	600 Gal.
100TEN000117	Ganadero 12	Serap	1400 L
100TEN000118	Ganadero 13	Frigomilk	1200 L
100TEN000119	Ganadero 14	Frigomilk	1200 L
100TEN000120	Ganadero 15	Mueller	600 Gal.
100TEN000145	Ganadero 16	Mueller	600 Gal.
100TEN000148	Ganadero 17	Mueller	500 Gal.
100TEN000156	Ganadero 18	Mueller	1000 Gal.
100TEN000159	Ganadero 19	Mueller	600 Gal.
100TEN000176	Ganadero 20	Mueller	800 Gal.
100TEN000181	Ganadero 21	Mueller	600 Gal.
100TEN000182	Ganadero 22	Mueller	600 Gal.
100TEN000185	Ganadero 23	Mueller	600 Gal.
100TEN000188	Ganadero 24	Mueller	1000 Gal.
100TEN000194	Ganadero 25	DeLaval	3000 L
100TEN000209	Ganadero 26	DeLaval	3000 L
100TEN000248	Ganadero 27	DeLaval	4000 L
100TEN000260	Ganadero 28	DeLaval	1000 L
100TEN000261	Ganadero 29	DeLaval	1000 L
100TEN000262	Ganadero 30	DeLaval	1000 L
100TEN000267	Ganadero 31	DeLaval	1000 L
100TEN000268	Ganadero 32	DeLaval	1600 L

100TEN000269	Ganadero 33	DeLaval	1600 L
100TEN000273	Ganadero 34	DeLaval	1600 L
100TEN000281	Ganadero 35	DeLaval	3000 L
100TEN000294	Ganadero 36	SERAP	1000 L
100TEN000306	Ganadero 37	Mueller	1000 Gal.
100TEN000308	Ganadero 38	Frigomilk	1200 L
100TEN000318	Ganadero 39	Mueller	800 Gal.
100TEN000325	Ganadero 40	Frigomilk	1200 L
100TEN000329	Ganadero 41	Frigomilk	1200 L
100TEN000335	Ganadero 42	DE LAVAL	1000 L
100TEN000351	Ganadero 43	DE LAVAL	500 L
100TEN000358	Ganadero 44	DeLaval	500 L
100TEN000362	Ganadero 45	DELAVAL	500 L
100TEN000364	Ganadero 46	PACKO	2300 L
100TEN000365	Ganadero 47	PACKO	1800 L
100TEN000367	Ganadero 48	PACKO	2300 L
100TEN000369	Ganadero 49	PACKO	2300 L
100TEN000370	Ganadero 50	SERAP	5340 L
100TEN000375	Ganadero 51	DeLaval	3000 L
100TEN000384	Ganadero 52	De laval	1600 L
100TEN000385	Ganadero 53	DE LAVAL	1600 L

Fuente: Registro de proveedores ganaderos de la empresa

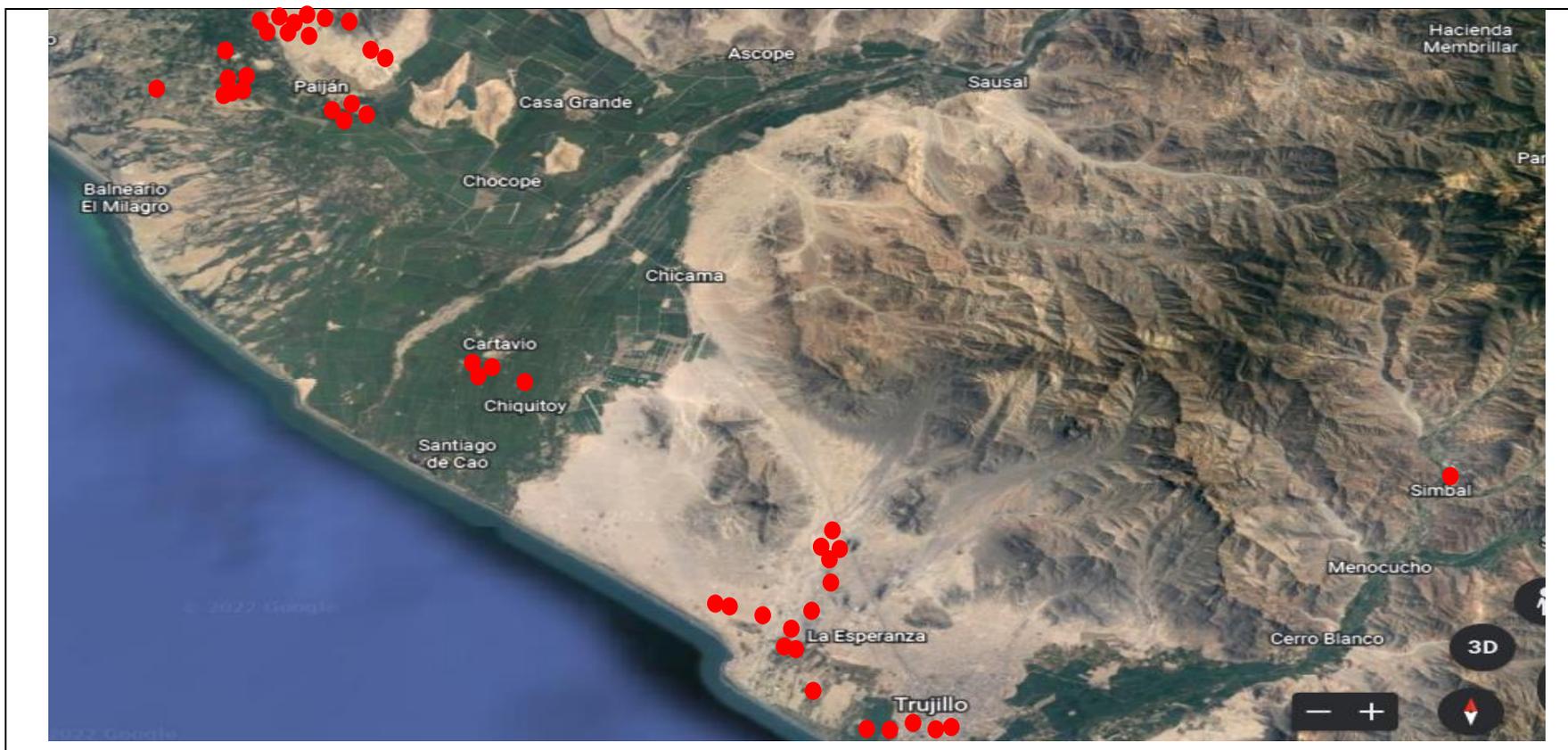


Figura 11. Zona Paiján - Trujillo. Zonificación de los equipos de leche fresca para el mantenimiento a cargo del técnico N°2.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20.

Lista de equipos de enfriamiento para el mantenimiento a cargo del técnico N°2

UBICACIÓN	CÓDIGO SAP	RAZÓN SOCIAL	MARCA	CAPACIDAD
PAIJAN	100TEN000087	Ganadero 1	Mueller	3000 Gal.
PAIJAN	100TEN000096	Ganadero 2	Isotermico	5000 L
PAIJAN	N/C	Ganadero 3	Mueller	3000 Gal.

PAIJAN	N/C	Ganadero 4	Mueller	3000 Gal.
PAIJAN	100TEN000077	Ganadero 5	Mueller	600 Gal.
PAIJAN	100TEN000081	Ganadero 6	Mueller	3000 Gal.
PAIJAN	100TEN000094	Ganadero 7	Mueller	600 Gal.
PAIJAN	100TEN000095	Ganadero 8	Mueller	2000 Gal.
PAIJAN	100TEN000098	Ganadero 9	Mueller	600 Gal.
PAIJAN	100TEN000103	Ganadero 10	Mueller	1000 Gal.
PAIJAN	100TEN000104	Ganadero 11	Mueller	2000 Gal.
PAIJAN	100TEN000157	Ganadero 12	Mueller	2000 Gal.
PAIJAN	100TEN000152	Ganadero 13	Mueller	800 Gal.
PAIJAN	100TEN000150	Ganadero 14	Mueller	800 Gal.
PAIJAN	100TEN000199	Ganadero 15	DeLaval	4000 L
PAIJAN	100TEN000206	Ganadero 16	DeLaval	3000 L
PAIJAN	100TEN000224	Ganadero 17	DeLaval	1000 L
PAIJAN	100TEN000239	Ganadero 18	Frigomilk	1200 L
PAIJAN	100TEN000298	Ganadero 19	Frigomilk	1200 L
PAIJAN	100TEN000311	Ganadero 20	Mueller	1000 Gal.
PAIJAN	100TEN000339	Ganadero 21	DeLaval	11000 L
PAIJAN	100TEN000357	Ganadero 22	DeLaval	500 L
SIMBAL	100TEN000080	Ganadero 23	Mueller	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000083	Ganadero 24	Mueller	600 Gal.
TRUJILLO	100TEN000089	Ganadero 25	Mueller	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000093	Ganadero 26	Mueller	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000106	Ganadero 27	Mueller	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000109	Ganadero 28	Mueller	2000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000160	Ganadero 29	Mueller	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000175	Ganadero 30	Mueller	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000177	Ganadero 31	Mueller	1350 Gal.
TRUJILLO	100TEN000208	Ganadero 32	DeLaval	3000 L

TRUJILLO	100TEN000211	Ganadero 33	DeLaval	4000 L
TRUJILLO	100TEN000223	Ganadero 34	DeLaval	1000 L
TRUJILLO	100TEN000252	Ganadero 35	DeLaval	1600 L
TRUJILLO	100TEN000271	Ganadero 36	DeLaval	1600 L
TRUJILLO	100TEN000263	Ganadero 37	DeLaval	1000 L
TRUJILLO	100TEN000264	Ganadero 38	DeLaval	1000 L
TRUJILLO	100TEN000265	Ganadero 39	DeLaval	1000 L
TRUJILLO	100TEN000249	Ganadero 40	DeLaval	2000 L
TRUJILLO	100TEN000340	Ganadero 41	DeLaval	12000 L
TRUJILLO	100TEN000341	Ganadero 42	DeLaval	1000 L
TRUJILLO	100TEN000342	Ganadero 43	DeLaval	4000 L
TRUJILLO	100TEN000343	Ganadero 44	DeLaval	4000 L

Fuente: Registro de proveedores ganaderos de la empresa.

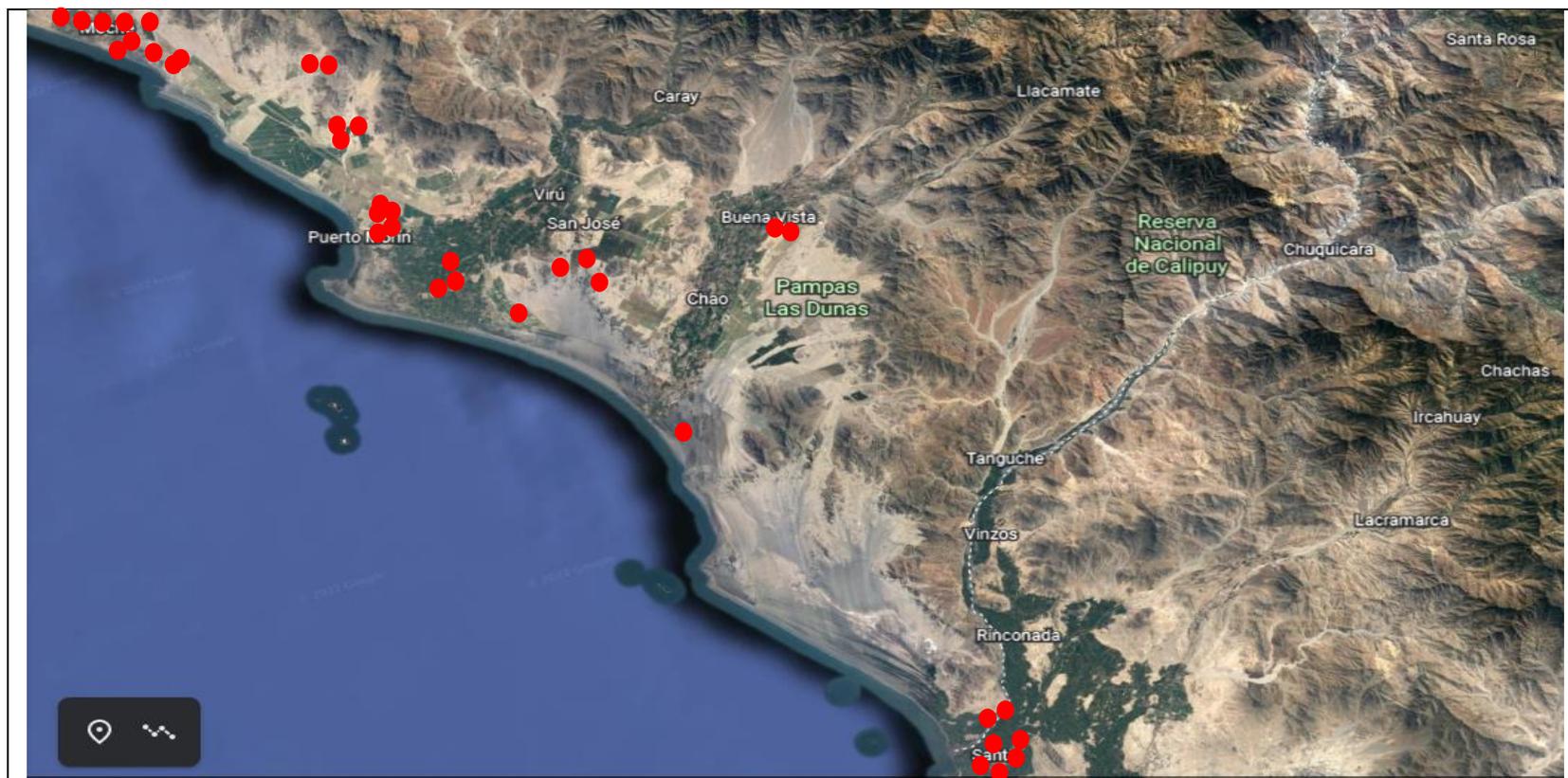


Figura 12. Zona Trujillo-Viru. Zonificación de los equipos de leche fresca para el mantenimiento a cargo del técnico N°3.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21.

Lista de equipos de enfriamiento para el mantenimiento a cargo del técnico N°3

UBICACIÓN	CÓDIGO SAP	RAZÓN SOCIAL	MARCA	CAPACIDAD
TRUJILLO	100TEN000088	Ganadero 1	Mueller	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000090	Ganadero 2	Mueller	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000091	Ganadero 3	Mueller	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000092	Ganadero 4	Mueller	1000 Gal.

TRUJILLO	100TEN000108	Ganadero 5	Mueller	600 Gal.
TRUJILLO	100TEN000155	Ganadero 6	Mueller	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000164	Ganadero 7	Mueller	800 Gal.
TRUJILLO	100TEN000178	Ganadero 8	Mueller	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000197	Ganadero 9	DeLaval	4000 L
TRUJILLO	100TEN000207	Ganadero 10	DeLaval	3000 L
TRUJILLO	100TEN000219	Ganadero 11	DeLaval	1000 L
TRUJILLO	100TEN000225	Ganadero 12	DeLaval	1000 L
TRUJILLO	100TEN000247	Ganadero 13	DeLaval	6000 L
TRUJILLO	100TEN000253	Ganadero 14	DeLaval	12000 L
TRUJILLO	100TEN000274	Ganadero 15	DeLaval	3000 L
TRUJILLO	100TEN000313	Ganadero 16	Mueller	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000321	Ganadero 17	Mueller	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000337	Ganadero 18	DeLaval	12000 L
TRUJILLO	100CHILLER001	Ganadero 19	DeLaval	CHILLER
TRUJILLO	100TEN000086	Ganadero 20	DeLaval	1000 L
VIRU	100TEN000122	Ganadero 21	Mueller	800 Gal.
VIRU	100TEN000126	Ganadero 22	Mueller	1600 Gal.
VIRU	100TEN000158	Ganadero 23	Mueller	2000 Gal.
VIRU	100TEN000161	Ganadero 24	Mueller	600 Gal.
VIRU	100TEN000165	Ganadero 25	Dari Cool	1500 Gal.
VIRU	100TEN000086	Ganadero 26	Mueller	1000 Gal.
VIRU	100TEN000250	Ganadero 27	DeLaval	3000 L
VIRU	100TEN000292	Ganadero 28	Frigomilk	1200 L
VIRU	100TEN000300	Ganadero 29	Frigomilk	1200 L
VIRU	100TEN000334	Ganadero 30	DeLaval	1000 L
CHIMBOTE	100TEN000179	Ganadero 31	Mueller	600 Gal.
CHIMBOTE	100TEN000220	Ganadero 32	DeLaval	1000 L
CHIMBOTE	100TEN000222	Ganadero 33	DeLaval	1000 L

CHIMBOTE	100TEN000251	Ganadero 34	DeLaval	2000 L
CHIMBOTE	100TEN000270	Ganadero 35	DeLaval	1600 L
CHIMBOTE	100TEN000283	Ganadero 36	DeLaval	4000 L
CHIMBOTE	100TEN000293	Ganadero 37	Frigomilk	1200 L

Fuente: Registro de proveedores ganaderos de la empresa.

A continuación, se adjunta la lista de herramientas a adquirir para las labores del nuevo técnico de mantenimiento, todo este costo se asumirá como parte de la inversión inicial del planteamiento de la mejora.

Tabla 22.

<i>Listado de herramientas para el nuevo personal técnico</i>	
HERRAMIENTA	PRECIO
Pinza amperimétrica FLUKE 376 Fc	S/ 2100
Manómetro de refrigeración MASTERCOOL	S/ 235
Juego de alicates varios STANLEY	S/ 114
Juego de destornilladores varios STANLEY	S/ 45
Prensa terminales eléctrico	S/ 130
Juego de avellanador + cortatubo	S/ 140
Termómetro de sonda	S/ 20
Nivel de carpintero	S/ 38
Chispero	S/ 10
Juego de limas varias	S/ 55
Juego de brocas de metal + cemento	S/ 65
Juego de botadores	S/ 55
Juego de llaves Torx	S/ 27.5
Juego de llaves Allen STANLEY	S/ 19
Juego de llaves mixtas STANLEY	S/ 215
TOTAL	S/ 3268.5

El detalle de costos de la propuesta inicia con el detalle de costos por mantenimiento de equipos de enfriamiento actuales del periodo analizado (6 meses), y se muestra a continuación:

Tabla 23.

<i>Detalle de costos operativos totales del área de mantenimiento de equipos de enfriamiento de leche fresca. PERIODO-</i>						
Detalle Del Costo	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21
Sueldo bruto supervisor	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00
Sueldo bruto + seguros + aporte SENATI, DL.688 (x2 técnicos de mantenimiento)	S/ 4,400.00	S/ 4,400.00	S/ 4,400.00	S/ 4,400.00	S/ 4,400.00	S/ 4,400.00
Sobretiempo del personal	S/ 289.01	S/ 224.09	S/ 152.00	S/ 312.87	S/ 208.00	S/ 171
Viáticos asignados (x2 técnicos + supervisor)	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
Combustible (100km/día x2 técnicos)	S/ 2,426.67	S/ 2,998.20	S/ 2,327.30	S/ 2,486.40	S/ 2,746.40	S/ 2,546.40
Materiales de trabajo para mantenimiento	S/ 3,120.00	S/ 3,244.65	S/ 3,311.90	S/ 3,421.00	S/ 3,109.00	S/ 3,118.17
Mantenimiento de los 06 ventiladores del Chiller realizado por contratista1	---	S/ 2,400	---	S/2,400	---	S/2,400
Mantenimientos correctivos/preventivos de las unidades de enfriamiento realizados por contratista2	S/ 3,600.00	S/ 2,890.00	S/ 3,612.00	S/ 3,451.23	S/ 3,500.00	S/ 3,669.00
Mantenimientos correctivos/preventivos de los motores de los tanques de enfriamiento realizados por contratista1	S/ 2400.00	S/ 2,500.00	S/ 2,700.00	S/ 2500.00	S/ 2,100.00	S/ 2,500.00
Costo del mantenimiento a los tanques de enfriamiento	S/ 22435.68	S/ 24856.94	S/ 22,703.20	S/ 25171.50	S/ 22,163.40	S/ 25004.57
					TOTAL	S/ 142435.29

Fuente: Registro de costos de la empresa. Elaboración propia.

Con la elaboración del plan nuevo de mantenimiento se incluye puntos muy importantes para la reducción de los costos: reducir a 0 el pago de los sobretiempos porque ya se ha incrementado el personal técnico (ahora son 03), así mismo con la medida se pretende ya no contratar los servicios del contratista para las actividades del mantenimiento de los tanques de enfriamiento, *salvo* algún servicio extra por rebobinado de motor averiado

por un tema de la garantía de su servicio; adicional a esto también es importante mencionar que los técnicos ahora van a trabajar por áreas zonificadas, lo cual van a tener mayor flexibilidad para el mantenimiento, el detalle de costos proyectados se muestra a continuación:

Tabla 24.

Detalle de costos operativos totales del área de mantenimiento de equipos de enfriamiento de leche fresca PROPUESTO

PERIODO-

Detalle Del Costo	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
Sueldo bruto supervisor	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00				
Sueldo bruto + seguros + aporte SENATI, DL.688 (x3 técnicos de mantenimiento)	S/ 6,600.00	S/ 6,600.00				
Viáticos asignados (x3 técnicos + supervisor)	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00				
Sobretiempo del personal	S/ -	S/ -				
Combustible (100km/día x3 técnicos)	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00				
Materiales de trabajo para mantenimiento	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00				
Mantenimiento de los 06 ventiladores del Chiller realizado por contratista1	---	---	---	---	---	---
Mantenimientos correctivos/preventivos de las unidades de enfriamiento realizados por contratista2	---	---	---	---	---	---
Mantenimientos correctivos/preventivos de los motores de los tanques de enfriamiento realizados por contratista1	S/ 400.00	S/ 400.00				
Instrumentos, herramientas al nuevo personal técnico.	S/ 3268.50					
Costo del mantenimiento a los tanques de enfriamiento.	S/ 22668.50	S/ 19400	S/ 19400	S/ 19400	S/ 19400	S/ 19400
					TOTAL	S/ 119,668.50

Elaboración propia.

Pr2 y Pr8: Suministro eléctrico inadecuado. /Falta procedimiento evaluación instalación de equipos a nuevos ganaderos.

Los sistemas de enfriamiento de leche fresca de los establos poseen una alimentación de energía trifásica y/o monofásica, dependiendo de la capacidad de almacenamiento que poseen, es así que para volúmenes comprendidos entre 1000-1200-1400 a 1600 litros poseen una alimentación monofásica 220Vac los cuales son los equipos de menor almacenamiento y por consiguiente para ganaderos más pequeños, y las capacidades superiores a estas (1600-2000-3000-4000-5000-6000-8000-11000-12000-16000) litros la alimentación de las unidades condensadoras es trifásico 220Vac/380Vac o 440Vac y están ubicados en ganaderías más grandes.

Como una manera de demostrar que el mayor índice de fallas corresponde al del tipo eléctrico y por calidad de suministro se ha procedido a aplicar un diagrama de Pareto en base al histórico de fallos registrado de los últimos 6 meses en el funcionamiento de los equipos, periodo Agosto – Diciembre 2021, estos reportes son reales y corresponde plantear una solución de mejora.

Tabla 25.

Reporte de fallas registrado en los equipos de enfriamiento de leche fresca - PERIODO

TIPO DE FALLA	JUL-21	AGO-21	SET-21	OCT-21	NOV-21	DIC-21
Falla en compresor – sistema eléctrico						1
Falla en compresor – sistema mecánico					1	
Falla en motor ventilador condensación	1	1	1	2	1	3
Falla en motor de agitación	1	2		2	2	1
Falla por tensión eléctrica – caída de voltaje	9	8	9	10	9	10
Falla en controlador de temperatura-sensor o termostato	10	5	7	5	7	6
Falla por fuga de refrigerante – Baja presión del sistema	2	2	2	1	3	1
Falla por obstrucción de filtro deshidratador		1	1		1	
Falla en VET (Válvula de expansión termostático)			1	1		

Falla por condensador – radiador saturado (Alta presión de condensación)	3	4	3	2	2	2
Fallo en los presostatos de baja o alta presión		1		1	1	1
Fallo por descargo de corriente a masa				1		2
Fallo en válvula de descarga de leche		1		1	1	
TOTAL	27	25	24	26	28	27

Fuente: Registro documental de la empresa.

Se menciona un total de 157 fallas las cuales fueron obtenidas contabilizando del análisis documental reportado y la observación directa en el área de estudio. Contabilizando por el tipo de fallo ocurrido en los enfriadores, se elabora la siguiente tabla de frecuencias:

Tabla 26.

Priorización del reporte de fallas registrado en los equipos de enfriamiento de leche fresca – PERIODO

	TIPO DE FALLA	FRECUENCIA PRIORIZACIÓN	ACUMULADO %	FRECUENCIA ACUMULADA %
F1	Falla por tensión eléctrica – caída de voltaje	55	35.03	35.03
F2	Falla en controlador de temperatura-sensor o termostato	40	25.48	60.51
F3	Falla por condensador – radiador saturado (Alta presión de condensación)	16	10.19	70.70
F4	Falla por fuga de refrigerante – Baja presión del sistema	11	7.01	77.71
F5	Falla en motor ventilador condensación	10	6.37	84.08
F6	Falla en motor de agitación	8	5.10	89.17
F7	Fallo en los presostatos de baja o alta presión	4	2.55	91.72
F8	Falla por obstrucción de filtro deshidratador	3	1.91	93.63
F9	Fallo por descargo de corriente a masa	3	1.91	95.54
F10	Fallo en válvula de descarga de leche	3	1.91	97.45
F11	Falla en VET (Válvula de expansión termostático)	2	1.27	98.73
F12	Falla en compresor – sistema eléctrico	1	0.64	99.36
F13	Falla en compresor – sistema mecánico	1	0.64	100.00%
	TOTAL	157	100%	

Elaboración propia.

Entonces a continuación se elabora el diagrama de Pareto para contrastar los fallos que fueron más recurrentes durante el periodo evaluado, es así se verifica que efectivamente los fallos por problemas de energía de alimentación (F1) es una de las causas raíces.

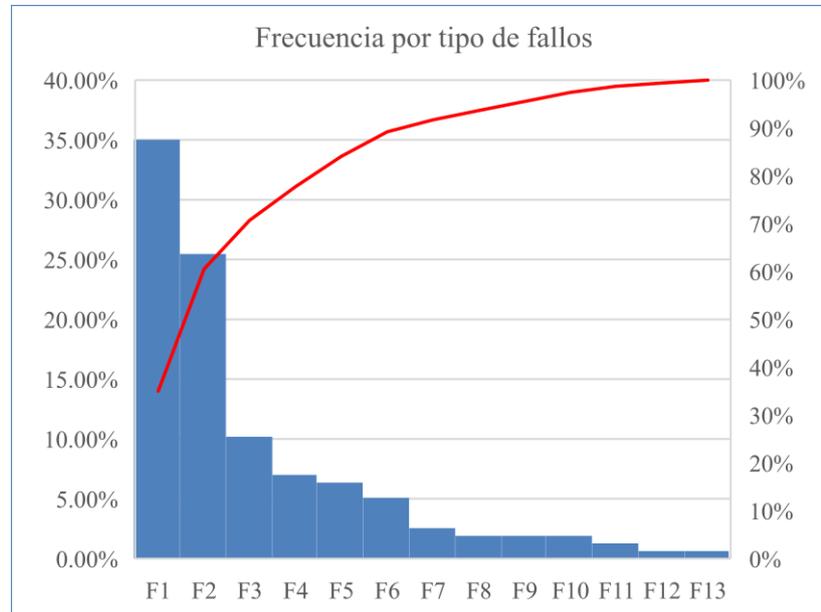


Figura 13. Diagrama de Pareto de frecuencia de fallos registrados en los enfriadores de leche por tipo de sub-sistema.

Fuente: Registro documental de fallos de los equipos de enfriamiento de leche

Analizando la problemática desde varias perspectivas se comentan los siguientes puntos:

-De manera inicial como parte de un apoyo a los pequeños ganaderos la empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022 les presta los equipos de menor capacidad (considerando que los pequeños establos poseen una producción de leche promedio de 1100litros/día) y estos funcionan con una alimentación de energía monofásico se adecúan estos equipos al sistema eléctrico que ya posee el ganadero 220Vac; la contraparte a esto es que también existen equipos de enfriamiento pequeños de alimentación trifásico (si es que el ganadero posee un suministro 380Vac + N) los cuales pueden trabajar con menor posibilidad de fallas eléctricos (esto porque en el caso de un sistema trifásico la carga de energía se reparte entre las 3 líneas vivas y hay menos esfuerzo de trabajo), pero cambiar el sistema eléctrico de su residencia por parte del ganadero implica un costo relativamente alto como inversión que no se quiere

afectar, entonces los bajones de tensión eléctrica afectan significativamente a los equipos monofásicos provocando:

- Recalentamiento de los compresores de enfriamiento y descarga de los condensadores de arranque y marcha de los compresores (Repuestos eléctricos).
- Contactores de potencia recalentados y averiados por el chisporroteo generado.
- Recalentamiento de los demás motores del sistema.

Sobre todo, esto se genera en el primer arranque de trabajo del sistema.

-Como segundo punto se toma necesario enfocarse en una adecuada tensión de alimentación eléctrica a los equipos, lo ideal es que durante el funcionamiento se garantice la caída de tensión máxima permitida según norma $\pm 4\%$. (Código Nacional de Electricidad Tomo V), en la práctica esto no va sucediendo en varios establos debido a múltiples sub-causas:

- Malos dimensionamientos de cables ya instalados.
- Empalmes sulfatados en los tendidos eléctricos del sistema de distribución (En los postes).
- Falta de mantenimiento de los componentes del sistema de distribución por parte del concesionario eléctrico.



Figura 14. Medición de voltaje monofásico. Se observa caída de tensión para un voltaje nominal de 220Vac.

Todo esto repercute porque se han encontrado caídas de tensión considerables que hacen que el equipo se bloquee por los sistemas de protección que posee y no funcionen, por

supuesto que esto afecta directamente al enfriamiento.

Ante esta problemática a modo de sugerencia (porque debe ser implementado por el ganadero) se propone que los establos que ya se encuentran entregando leche y que a pesar de haber corregido sus problemas de instalación de alimentación (cables sulfatados, empalmes mal aislados, cables subdimensionados) presentan el mismo problema de caída de tensión en el arranque del equipo, realicen la instalación de un *estabilizador sólido con transformador de aislamiento (denominado como elevador de tensión)* en su sistema de alimentación al tanque de enfriamiento la cual va a regular de manera casi instantánea el voltaje de suministro a 220Vac y va a garantizar el arranque del sistema, al ser este equipo (elevador de tensión) un componente de construcción robusta puede aplicar al trabajo de la carga de los motores para el enfriamiento.

A continuación, un desarrollo del dimensionamiento del componente eléctrico.

Tabla 27.

Características técnicas del Elevador de Voltaje (Tensión) propuesto

Marca del EQUIPO	FRIGOMILK	
Modelo	G4	
Sistema eléctrico	220Vac – Monofásico	
Capacidad almacenamiento	1200 L	
Número de motores	Compresores (1)	3 HP
	Ventiladores (2)	2/3HP
	Motorreductor de agitación (1)	1/3HP
Potencia total	4HP	
Potencia aplicando Factor de sobredimensionamiento (50%)	6HP	
Equipo seleccionado	Estabilizador con Transformador de aislamiento (Elevador de tensión) – 7500W)	
Marca	ENERGIT	

Referencia



Modelo
Tecnología

100% Estado sólido con TRIAC,
controlado por PIC

INGRESO	Voltaje ingreso	220Vac
	Rango	145 – 260Vac
	Conector de ingreso	Bornera
	Frecuencia	50-60Hz
	Filtros incorporados	EMI/RFI
SALIDA	Potencia real	7500W
	Voltaje salida	220Vac
	Rango	+/- 3%
	Tipos de carga a soportar	Inductiva o capacitiva
	Tiempo de respuesta	< 8ms
	Tipo de protección	Interruptor termomagnético

Fuente: EnergitPeru.com

Con la instalación del elevador del voltaje es posible suministrar una tensión más continua a 220Vac en el momento del *arranque del compresor*, donde la corriente de arranque I_t por lo general se eleva entre 7 y 8 veces al valor de la corriente nominal I_n por pocos segundos, esto es lo que afecta al funcionamiento de los equipos cuando la tensión de la red es muy débil, el valor de la corriente I_t se eleva porque el sistema al encontrarse en reposo necesita vencer la inercia de toda la masa que posee, luego del pico de arranque la corriente disminuye y trabaja en su rango nominal.

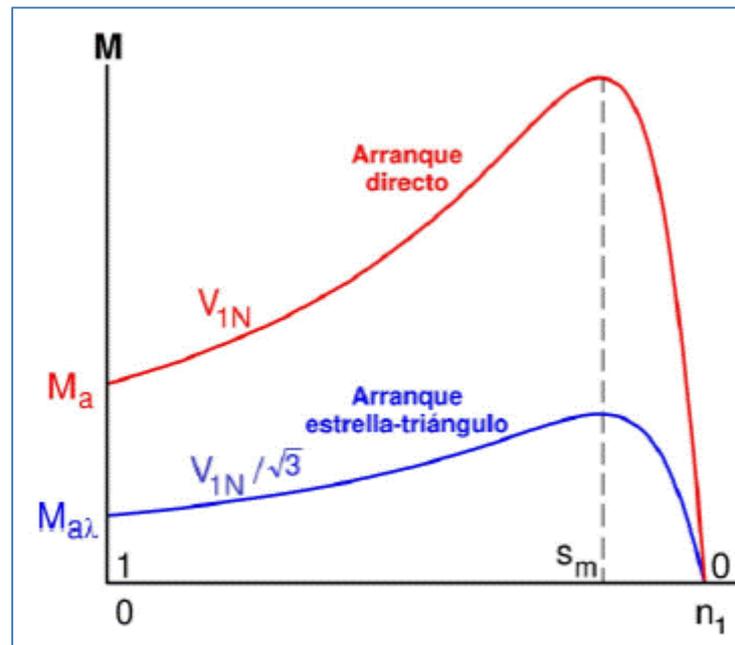


Figura 15. Curva de corriente de arranque, comparación arranque de motor conexión directa vs. estrella-triángulo.

Fuente: Electrotec - Perú

Tabla 28.

Detalle del costo de implementación de montaje del elevador de tensión (Por el ganadero)

Material	Unidad Medida	Cantidad	Precio
Estabilizador con Transformador de aislamiento (Elevador de tensión) – 7500W)	UND	1	S/ 2200
Cable vulcanizado de 3x12AWG	M	15	S/ 60
Terminales eléctricos tipo pin, cintillos, cinta aislante 3M 1700, ferretería para instalación.	-	1	S/ 40
Mano de obra (Personal técnico) y pruebas de funcionamiento	UND	1	S/ 60
		TOTAL	S/ 2360

Elaboración propia

-Como tercer punto y no menos importante se considera que de manera regular hay establos que se van acoplando al sistema de la empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022 y también hay otros establos que rescinden sus contratos por diversas causas, entonces esta es una dinámica de funcionamiento de los establos, el área de campo constantemente se encuentra buscando nuevos proveedores ganaderos y ellos generan el contacto y una orden de servicio para alguna posible instalación nueva. Entonces en el caso que proceda una nueva instalación ellos deben considerar dentro de los aspectos técnicos de instalación el nivel de

tensión eléctrica de suministro disponible medido con los instrumentos adecuados para garantizar un funcionamiento regular del equipo, ironía que en muchas situaciones no se está realizando y ellos brindan un visto bueno con características generales no evaluadas específicamente y luego suceden los inconvenientes en el trabajo de enfriamiento propiamente dicho.

Visualizar el formato de verificación de condiciones para instalación de equipos de enfriamiento de leche fresca en nuevos ganaderos en el anexo 9.

(*) En responsable 1 debe ir la firma del Asesor de Campo como participante directo del proceso de evaluación de instalación nueva.

(*) En responsable 2 debe ir la firma del técnico de mantenimiento que ha realizado la evaluación de los parámetros sobre todo eléctricos de la posible nueva instalación.

De encontrarse las observaciones deben ser levantadas por el ganadero para proceder con una orden de servicio para la instalación del equipo en el nuevo proveedor, el objetivo es garantizar que el funcionamiento del sistema sea lo más continuo posible y no afecte directamente a los trabajos que realiza el área de mantenimiento, ya que ha sucedido en varias ocasiones y se ve afectado inclusive el mismo ganadero cuando la calidad del producto no es la esperada, sobre todo en zonas rurales. Como una manera de apoyo al ganadero que tiene la iniciativa de querer proveer leche fresca a la empresa los técnicos e ingenieros del área de mantenimiento pueden brindarles ideas o una opinión profesional de cómo solucionar sus problemas correspondientes a su correspondiente suministro.

Pr6 y Pr1 - Inadecuada gestión de inventarios (repuestos) / Componentes-partes antiguos desgastados.

Como parte de las actividades de mantenimiento se requiere el uso de diferentes repuestos y materiales de trabajo, algunos de estos componentes son de procedencia especial porque están fabricados por la misma marca de los equipos (Mueller, DeLaval, Full Gauge),

otros se pueden comprar de forma local, pero la estrategia de uso es que el material o todos los materiales necesarios deben encontrarse disponibles en el almacén porque de lo contrario se origina un proceso/actividad ineficiente:

Un mantenimiento incompleto provoca que el riesgo de falla sea próximo, tiempos no aprovechados cuando el personal de la empresa debe ir a realizar las compras locales, costo por manejo de vehículos de la empresa, combustible, incremento de costos ya que adquirir un producto por unidad es relativamente mayor.

Es así que por ejemplo existen algunos repuestos eléctricos que no se encuentran disponibles (condensadores de arranque y trabajo de motores monofásicos, así como relays de arranque monofásicos) y cuando sucede una falla eléctrica por problemas de energía de la red estos se descargan dejando sin poder funcionar a los sistemas de enfriamiento provocando problemas directos en la calidad de la leche. Mediante la siguiente hoja de verificación se pretende identificar aquellos repuestos y/o materiales que no existen o existen (en este caso el responsable directo es el área de almacén) y no presentan un stock adecuado para poder tomar acciones al respecto.

HOJA DE VERIFICACIÓN – CONTROL DE REPUESTOS PARA MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ENFRIAMIENTO DE LECHE FRESCA			
Persona que realiza la revisión			
Fecha:			
Marcar en la casilla si está disponible el repuesto y/o material y especifique alguna observación de ser necesario.			
RELACIÓN DE REPUESTOS Y MATERIALES PARA MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ENFRIAMIENTO DE LECHE FRESCA			
ITEM	SI	NO	OBSERVACION
Aceite mineral Suniso	X		
Aceite Poliester POE Emkarate	X		
Alkifoam químico limpiador de condensadores	X		
Anillo de seeger de 1 3/8" para motoreductor DRIVE		X	No existe en almacén.
Arandela de acero plana 1/4"	X		
Arandela de acero plana 3/8"	X		
Arandela de acero plana 5/16"	X		
Armaflex de superlon 1/2"		X	No existe en almacén.
Armaflex de superlon 7/8"	X		
Barniz dieléctrico Spray	X		
Bobina de solenoide Danfoss 220Vac 10w	X		
Bornera para cable 22-12AWG,20AMP,GRIS	X		

Bornera para cable 22-14AWG,20AMP,GRIS	X		
Cable de tierra 4mm2 Indeco	X		
Cable THW 90 16AWG color blanco	X		
Cable THW 90 16AWG color rojo	X		
Cable TW 80 14AWG color negro	X		
Cable vulcanizado de 2x12 AWG	X		
Cable vulcanizado de 2x14 AWG	X		
Cable vulcanizado de 3x12 AWG	X		
Cable vulcanizado de 3x14 AWG	X		
Cable vulcanizado de 3x4 mm2	X		
Caja de PVC blanco de 100x100x70mm	X		
Caja de PVC blanco de 200x150x80mm	X		
Cinta aislante Temflex 3M 1700	X		
Cinta vulcanizante 3M	X		
Cintillo de 100mm x 4.8mm paquete	X		
Cintillo de 200mm x 4.8mm paquete	X		
Cintillo de 300mm paquete	X		
Codo 90° de cobre de 1 1/8"		X	No existe en almacén
Codo 90° de cobre de 1/2"	X		
Codo 90° de cobre de 3/8"		X	No existe en almacén
Codo 90° de cobre de 5/8"	X		
Codo 90° de cobre de 7/8"	X		
Compresor Coppeland Scroll ZB38KCE 220Vac 3F	X		
Compresor Coppeland Scroll ZB38KCE 380Vac 3F	X		
Compresor Coppeland Scroll ZB38KCE 440Vac 3F	X		
Compresor Coppeland Scroll ZB95KC 440Vac 3F		X	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MT100 380Vac	X		
Compresor hermético Maneurop MT18 220Vac		X	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MT18 380Vac	X		
Compresor hermético Maneurop MT28 220Vac	X		
Compresor hermético Maneurop MT28 380Vac		X	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MT36 380Vac	X		
Compresor hermético Maneurop MT50 380Vac		X	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MT64 380Vac	X		
Compresor hermético Maneurop MTZ36 220Vac		X	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MTZ44 380Vac		X	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MTZ72 380Vac		X	No existe en almacén.
Condensador de 15uF 440Vac		X	No existe en almacén.
Condensador de 5uF 380Vac	X		
Condensador de 7.5uF 380Vac	X		
Condensador de arranque 130-287uF 370Vac		X	No existe en almacén.
Condensador de trabajo 25uF 450Vac		X	No existe en almacén.
Contactador ABB bob24Vac de fuerza.	X		
Contactador C23 bob.200-220Vac AB	X		
Contactador C30 bob.200.220Vac AB	X		No se encuentra STOCK.
Cuerpo de válvula solenoide Danfoss 1/2" soldable		X	No existe en almacén.

Filtro deshidratador C-083F 3/8" Mueller	X		
Filtro deshidratador EK C163- 3/8"	X		
Filtro deshidratador EK C164- 1/2"	X		
Filtro deshidratador EK C165- 5/8"	X		
Fundente de Plata	X		
Fusible cerámico 3amp 250V (Fusible de control)		X	No existe en almacén.
Fusible de vidrio 2amp 250V (Fusible de control)	X		
Gas Acetileno 10m3 balon	X		
Gas Nitrogeno 10m3 balon	X		
Gas Oxígeno 10m3 balon	X		
Grasa multiuso	X		
Guardamotor trifásico AB reg. 10-16amp	X		
Guardamotor trifásico AB reg. 16-20amp	X		
Guardamotor trifásico AB reg. 2.5-4amp	X		
Guardamotor trifásico AB reg. 4-6.3amp	X		
Guardamotor trifásico AB reg. 6.3-10amp	X		
Intercambiador de calor Línea de succión MUELLER	X		
Interruptor de posición MW03 3A-250Vac		X	No existe en almacén.
Interruptor termomagnetico 1F C10 Schneider Elc.		X	No existe en almacén.
Interruptor termomagnetico 1F C16 Schneider Elc.	X		
Interruptor termomagnetico 1F C25 Schneider Elc.	X		
Interruptor termomagnetico 3F C25 Schneider Elc.	X		
Interruptor termomagnetico 3F C32 Schneider Elc.	X		
Interruptor termomagnetico 3F C40 Schneider Elc.	X		
Lija al agua P220	X		
Lija de fierro 220	X		
Lija de fierro 80	X		
Limpiador de contactos Spray	X		
Perno cabeza cilindrica inox M4 x 12mm		X	No existe en almacén.
Perno cabeza cilindrica inox M6 x 25mm	X		
Perno cabeza hexagonal inox de 1/4" x 1"	X		
Perno cabeza hexagonal inox de 1/4" x 2" roscado completo		X	No existe en almacén.
Perno cabeza hexagonal inox de 3/8" x 1"	X		
Perno cabeza hexagonal inox de 3/8" x 2"	X		
Perno cabeza hexagonal inox de 5/16" x 1"	X		
Perno cabeza hexagonal inox de 5/16" x 2"		X	No existe en almacén.
Perno estobol 3/16" x 1"	X		
Pintura base zincromato Anipsa	X		
Pintura esmalte sintetico Azul marino	X		
Pintura esmalte sintetico blanco	X		
Pintura Spray color azul brillante	X		
Prensaestopa PG16 color negro	X		
Prensaestopa PG21 color negro	X		
Presostato encapsulado alta presión 350/250 1/4"	X		
Presostato encapsulado baja presión 25/80 1/4"	X		
Protector de Fases y voltaje ICM450SC	X		

Refrigerante R-404A 11.3 Kg	X		
Refrigerante R-422D 11.3 Kg	X		
Refrigerante R-507 11.3 Kg	X		
Relay amperimetrico para arranque compresor 25Amp. 220Vac		X	No existe en almacén.
Relay temporizador COEL AE 220Vac	X		
Remache 1/4"	X		
Remache 3/16"	X		
Retén de 1 3/8"x 7/8" x 3/8"	X		
Riel din ranurado x2m	X		
Rodamiento 6201	X		
Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 15.7mm		X	No existe en almacén.
Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 17mm		X	No existe en almacén.
Rodamiento 6203 RS diam. Int. 1/2"	X		
Rodamiento 6207	X		
Rodamiento R8-2Z SKF	X		
Sensor temperatura 3 hilos controlador SENTRY III	X		
Sensor temperatura 3hilos Tarjeta T10 De Laval	X		
Soldadura de plata al 15% Harris	X		
Soldadura de plata al 5% Harris	X		
Tarjeta controlador T10 De Laval 220Vac temperatura	X		
Tarjeta de poder 220VAC controlador SENTRY III MUELLER	X		
Tarugo anaranjado de 3/8"	X		
Tarugo azul de 5/16"	X		
Terminal aislado tipo hembra para 12/10AWG		X	No existe en almacén.
Terminal aislado tipo hembra para 16/14AWG		X	No existe en almacén.
Terminal de compresion en punta 10AWG	X		
Terminal de compresion en punta 12AWG	X		
Terminal de compresion en punta 14AWG	X		
Terminal de compresion en punta 16AWG	X		
Terminal de compresion Ojal 12/10AWG	X		
Terminal de compresión Ojal 16/14AWG	X		
Termostato analógico de temperatura Johnson Controls A19AAD-26	X		
Thinner acrílico Anipsa	X		
Tirafon de 1/4" x 1 1/2"	X		
Transformador de control 230-220-208Vac/24 Vac	X		
Trapo industrial	X		
Tubería de cobre de 1 1/8"		X	No existe en almacén.
Tubería de cobre de 1/2"	X		
Tubería de cobre de 1/4"	X		
Tubería de cobre de 3/8"	X		
Tubería de cobre de 5/8"	X		
Tubería de cobre de 7/8"	X		
Tuerca de bronce de 1/2"	X		
Tuerca de bronce de 3/8"	X		
Unión de cobre de 1 1/8"		X	No existe en almacén.

Unión de cobre de 1/2"	X		
Unión de cobre de 3/8"	X		
Unión de cobre de 5/8"		X	No existe en almacén.
Unión de cobre de 7/8"	X		
Válvula de descarga de leche de 2 1/2"	X		
Válvula de rotalock de 1/2"	X		
Válvula de rotalock de 5/8"	X		
Válvula de rotalock de 7/8"	X		
Válvula de servicio soldable de 1/4"	X		
Válvula de subenfriamiento para R-22 Mueller	X		
Válvula mariposa 2" para descarga leche	X		
Válvula mariposa 3" para descarga leche	X		
VET TES Danfoss para R404/R507		X	No existe en almacén.
VET TEX2 Danfoss para R22		X	No existe en almacén.

Figura 16. Lista de verificación repuestos y/o materiales disponibles y faltantes en almacén.

Fuente: Registro documental de repuestos de la empresa, elaboración propia.

Del registro se obtuvo que 31 repuestos y/o materiales importantes no existen en el almacén (los códigos y solicitudes de nuevos SKUs) no han sido creados en el sistema y 01 material no se encuentra disponible existiendo ya, esto por problemas directos en el área de almacén, esto representa el 19.63% de correspondencia para un total de 163 repuestos/materiales.

A continuación, la lista de todos los componentes/materiales que no están registrados en el almacén local:

Tabla 29.

Lista de repuestos/materiales no disponibles en el SAP

Material No Disponible	Razón
Anillo de seeger de 1 3/8" para motoreductor DRIVE	No existe en almacén.
Armaflex de superlon 1/2"	No existe en almacén.
Codo 90° de cobre de 1 1/8"	No existe en almacén.
Codo 90° de cobre de 3/8"	No existe en almacén.
Compresor Coppeland Scroll ZB95KC 440Vac 3F	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MT18 220Vac	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MT50 380Vac	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MT28 380Vac	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MTZ36 220Vac	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MTZ44 380Vac	No existe en almacén.
Compresor hermético Maneurop MTZ72 380Vac	No existe en almacén.
Condensador de arranque 130-287uF 370Vac	No existe en almacén.
Condensador de trabajo 25uF 450Vac	No existe en almacén.
Contactador C30 bob.200.220Vac AB	Si existe, pero no está disponible.

Cuerpo de válvula solenoide Danfoss 1/2" soldable	No existe en almacén.
Fusible cerámico 3amp 250V	No existe en almacén.
Interruptor de posición MW03 3A-250Vac	No existe en almacén.
Perno cabeza cilindrica inox M4 x 12mm	No existe en almacén.
Perno cabeza hexagonal inox de 1/4" x 2" roscado completo	No existe en almacén.
Perno cabeza hexagonal inox de 5/16" x 2"	No existe en almacén.
Relay amperimetrico para arranque compresor 25Amp. 220Vac	No existe en almacén.
Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 15.7mm	No existe en almacén.
Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 17mm	No existe en almacén.
Interruptor termomagnetico 1F C10 Schneider Elc.	No existe en almacén.
Terminal aislado tipo hembra para cable 16/14AWG	No existe en almacén.
Terminal aislado tipo hembra para cable 12/10AWG	No existe en almacén.
Tubería de cobre de 1 1/8"	No existe en almacén.
Unión de cobre de 1 1/8"	No existe en almacén.
Unión de cobre de 5/8"	No existe en almacén.
VET TES Danfoss para R404/R507	No existe en almacén.
VET TEX2 Danfoss para R22	No existe en almacén.

Elaboración propia.

A continuación, se propone la siguiente lista de materiales y repuestos que deben ser creados en base al déficit señalado líneas arriba e ingresados al SAP con el precio de la inversión inicial, además de la reposición que les corresponde, entonces con estos materiales se puede garantizar que el mantenimiento preventivo se puede realizar sin interrupciones por falta de componentes, la responsabilidad directa en este caso va asignado al área de compras y el área de logística-almacén en cuanto el stock de los SKUs nuevos, la meta es cumplir con las actividades del nuevo plan de mantenimiento en un 85%.

Tabla 30.

Repuestos y materiales propuestos para compra de mantenimiento

Material No Disponible	Cantidad	Reposición (Realizar En Esta Cantidad De Stock)	Precio
Anillo de seeger de 1 3/8" para motoreductor DRIVE	15	7	S/31.50
Armaflex de superlon 1/2"	40	20	S/204.00
Codo 90° de cobre de 1 1/8"	15	7	S/105.00
Codo 90° de cobre de 3/8"	50	20	S/75.00
Compresor Coppeland Scroll ZB95KC 440Vac 3F	1	Al consumirse	S/13,124.32
Compresor hermético Maneurop MT18 220Vac	1	Al consumirse	S/1,793.61

Compresor hermético Maneurop MT50 380Vac	1	Al consumirse	S/2,819.88
Compresor hermético Maneurop MT28 380Vac	1	Al consumirse	S/2,150.82
Compresor hermético Maneurop MTZ36 220Vac	1	Al consumirse	S/2,550.20
Compresor hermético Maneurop MTZ44 380Vac	1	Al consumirse	S/2,875.00
Compresor hermético Maneurop MTZ72 380Vac	1	Al consumirse	S/4,989.60
Condensador de arranque 130-287uF 370Vac	20	10	S/340.00
Condensador de trabajo 25uF 450Vac	20	10	S/340.00
Contactador C30 bob.200.220Vac AB	4	1	S/1,090.00
Cuerpo de válvula solenoide Danfoss 1/2" soldable	2	1	S/606.22
Fusible cerámico 3amp 250V	100	40	S/89.00
Interruptor de posición MW03 3A- 250Vac	3	1	S/124.62
Perno cabeza cilíndrica inox M4 x 12mm	100	50	S/63.28
Perno cabeza hexagonal inox de 1/4" x 2" roscado completo	100	50	S/139.82
Perno cabeza hexagonal inox de 5/16" x 2"	30	10	S/207.52
Relay amperimétrico para arranque compresor 25Amp. 220Vac	12	6	S/490.00
Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 15.7mm	25	12	S/172.50
Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 17mm	25	12	S/172.50
Interruptor termomagnético 1F C10 Schneider Elc.	8	4	S/499.00
Terminal aislado tipo hembra para 16/14AWG	100	50	S/32.40
Terminal aislado tipo hembra para 12/10AWG	100	50	S/34.00
Tubería de cobre de 1 1/8" espesor 1.00mm x 6m. Tipo L	5	3	S/2295.00
Unión de cobre de 1 1/8"	10	5	S/69.99
Unión de cobre de 5/8"	20	10	S/66.12
VET TES5 Danfoss para R404/R507	2	1	S/962.00
VET TEX2 Danfoss para R22	2	1	S/567.00
TOTAL			S/39,079.90

Elaboración propia.

Evaluación del impacto de la propuesta de mejora

Tabla 31.

<i>Costo Generado Del Personal Por Falta De Stock De Repuestos</i>	
Descripción	Cantidad
Costo Hora - Hombre Personal técnico	S/9.17
Horas promedio semanal utilizadas por el personal para hacer compras locales	5
Costo mensual promedio generado	S/196.44
Costo semestral generado	S/1,178.61

Elaboración propia.

A continuación, se presenta un cuadro de ahorros generado por la compra de repuestos menores con un precio más cómodo a comprarlos por caja chica, no aplica para la compra de los compresores, ya que dentro del periodo evaluado favorablemente el reemplazo de compresores averiados se puede hacer con compresores de segunda mano usados de una mejora que se realizó hace un tiempo más atrás.

Tabla 32.

Propuesta de los repuestos y materiales negociados para compras

Material No Disponible	Cantidad	Precio Negociado (Dentro De Compras En La Propuesta)	Precio Actual Adquirido
Anillo de seeger de 1 3/8" para motoreductor DRIVE	15	S/31.50	S/36.00
Armaflex de superlon 1/2"	40	S/204.00	S/280.00
Codo 90° de cobre de 1 1/8"	15	S/105.00	S/120.00
Codo 90° de cobre de 3/8"	50	S/75.00	S/90.00
Condensador de arranque 130-287uF 370Vac	20	S/340.00	S/400.00
Condensador de trabajo 25uF 450Vac	20	S/340.00	S/400.00
Contactador C30 bob.200.220Vac AB	4	S/1,090.00	S/1,120.00
Cuerpo de válvula solenoide Danfoss 1/2" soldable	2	S/606.22	S/625.00
Fusible cerámico 3amp 250V	100	S/89.00	S/110.00
Interruptor de posición MW03 3A-250Vac	3	S/124.62	S/127.00
Perno cabeza cilíndrica inox M4 x 12mm	100	S/63.28	S/71.00
Perno cabeza hexagonal inox de 1/4" x 2" roscado completo	100	S/139.82	S/146.00
Perno cabeza hexagonal inox de 5/16" x 2"	30	S/207.52	S/221.00
Relay amperimétrico para arranque compresor 25Amp. 220Vac	12	S/490.00	S/540.00

Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 15.7mm	25	S/172.50	S/208.00
Rodamiento 6203 2RS diam. Int. 17mm	25	S/172.50	S/208.00
Interruptor termomagnético 1F C10 Schneider Elc.	8	S/499.00	S/520.00
Terminal aislado tipo hembra para 16/14AWG	100	S/32.40	S/35.00
Terminal aislado tipo hembra para 12/10AWG	100	S/34.00	S/37.00
Tubería de cobre de 1 1/8" espesor 1.00mm x 6m. Tipo L	5	S/2,295.00	S/2,350.00
Unión de cobre de 1 1/8"	10	S/69.99	S/80.00
Unión de cobre de 5/8"	20	S/66.12	S/80.00
VET TES5 Danfoss para R404/R507	2	S/962.00	S/984.20
VET TEX2 Danfoss para R22	2	S/567.00	S/600.00
TOTAL		S/8,776.47	S/9,388.20
DIFERENCIA (AHORRO GENERADO)			S/611.73
COSTO TOTAL AHORRADO (PROYECTADO/SEMESTRE)			S/1790.34

Elaboración propia

Componentes-partes antiguos desgastados.

Respecto a una aplicación de mejora en este punto actualmente hay ciertos equipos (se encuentran identificados) que poseen partes o componentes (específicamente en 01 componente) que son relativamente más costosos de adquirir y que requieren cambiarse para mejorar la eficiencia global del equipo y por concerniente al enfriamiento y al avance del mantenimiento, dentro de esta propuesta de mejora se va a incluir el cambio de estos componentes porque es necesario, es importante recalcar que *el plan de mantenimiento propuesto si puede aplicar* a estas actividades en mención porque varias de las actividades del plan corresponde a trabajar con estos componentes en mención, salvo una consideración especial la cual es *si* el personal de mantenimiento va esta implementar la propuesta, debe realizarse con apoyo de 01 personal de mantenimiento de planta, como se ha solventado en algunas ocasiones. Estas actividades “complementarias” van a realizarse de forma no recurrente, entonces no se va afectar el trabajo del posible compañero comprometido a la actividad, bajo este contexto a continuación se brinda el detalle de todo lo mencionado.

Falla en controlador de temperatura digital, sensor o termostato.

El enfriamiento se realiza por lo general desde los 32°C a los que se encuentra la leche caliente en el ordeño hasta los 4 o 3.5°C temperatura que garantiza una calidad óptima en términos de: reducción de carga bacteriana, Ph adecuado, etc.

Los sistemas de enfriamiento poseen controladores de temperatura que realizan sus mediciones por medio de sensores del tipo PT100 resistivos que son los encargados de enviar las señales físicas que luego se convierten a señales eléctricas de control para accionar los elementos de potencia (Compresores, ventiladores, válvulas de solenoide, VET electrónicos también de ser el caso) o también por medio de elementos termostáticos analógicos (*denominados termostatos de control de temperatura*) los cuales son los que presentan la mayor cantidad de fallas referente específicamente al control de temperatura.

Actualmente se trabajan con 06 tipos y/o marcas de controladores de temperatura repartidos en la población de equipos:

- Controlador electrónico-digital Full gauge para los equipos De Laval de 1000, 1200, 1600 y algunos de 2000 litros.
- Controlador electrónico-digital Sentry III de Mueller.
- Controlador electrónico-digital T10 para De Laval.
- Termostato analógico de temperatura Johnson Controls A19AAD-26
- Controlador electrónico-digital Serap RTS-5200S
- Controlador electrónico-digital Eliwell SE600, para el Chiller de enfriamiento.

A continuación, se muestra una data de la cantidad de equipos por tipo de controlador de temperatura con el cual funcionan:

Tabla 33.

Equipos de enfriamiento clasificado por tipo de controlador de temperatura.

Tipo De Controlador De Temperatura	Cantidad De Tanques de Enfriamiento	Modelos de Tanques de Enfriamiento
Termostato analógico de temperatura Johnson Controls	12	OE

Controlador digital Sentry III de Mueller	48	OH
Controlador digital Full Gauge MT	57	OHBT, SU, G4, O, DX/OB, DXO, DXOC, FIRST 1000.S, DX/O 1000, OM/DX, DKF
Controlador digital T10 De Laval	16	DX/CE, DXCRD
Controlador digital Serap RTS-5200S	1	FIRST 5200
Controlador digital Eliwell SE600	1	CWC120
TOTAL	135	

Elaboración propia.

Cuando sucede una falla del equipo por control de temperatura:

-La leche puede congelarse y afectar inclusive a otros componentes más como el motor de agitación de la leche en la paleta de movimiento.

-Apagarse el sistema por encima de la temperatura del SETPOINT (Temperatura objetivo 3.5°C) debido a una descalibración en el sensor provocando que la leche aumente su carga bacteriana y se corte.

-En el caso de los sistemas de enfriamiento por control de termostato analógico las fallas suceden por descalibramiento en el contacto de acción de apagado (Anexo) ya que son sistemas mecánicos que actúan mediante la dilatación del gas refrigerante contenido en el interior en un diafragma adecuado a un bulbo sensor de cobre y al contacto mecánico.

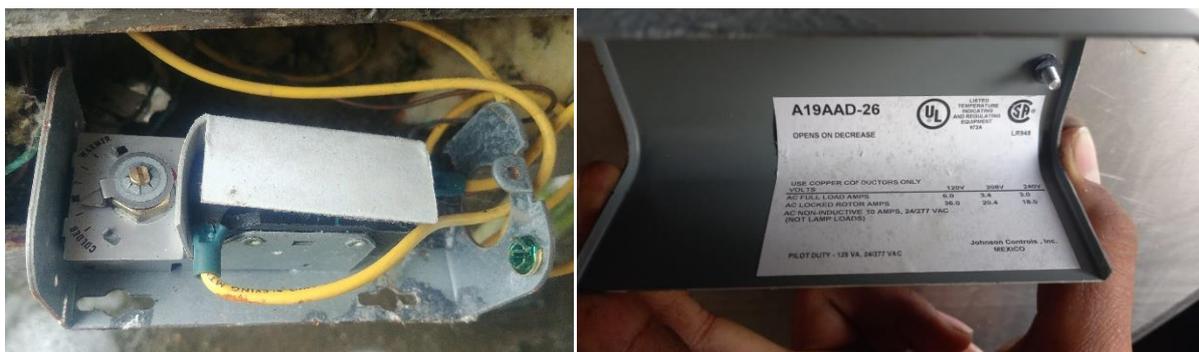


Figura 17. Termostato de control de temperatura mecánico Johnson Controls A1911D-26.

Fuente: Registro fotográfico de la empresa.

Como un dato importante, el histórico de fallos ha mostrado que hay un nivel de fallas considerables ocurridos en 02 de los 06 tipos de controladores, los del tipo Full gauge y los termostatos analógicos de Johnson Controls, pero entre estos 02 tipos de controladores

de temperatura se ha visto un mayor reporte de fallas en los controles de temperatura accionados por termostatos, entonces la propuesta de mejora consiste en realizar el cambio de los tableros controladores de temperatura de estos (12) tanques de enfriamiento de la marca MUELLER del modelo OE a OH, así todos los tanques de enfriamiento van a tener un control digital de medición de temperatura con sensor resistivo PT100 asociados al tablero eléctrico *HiPerFormplus* (una versión mejorada del tablero eléctrico SENTRY III que posee sistema de comunicación para monitorear el registro de temperatura), la instalación y puesta en marcha sí es posible de realizar y solamente se deben ejecutar algunas modificaciones que no implican alterar el funcionamiento total del sistema. La lista de tanques de enfriamiento mencionados se muestra a continuación.

Tabla 34.

Relación de tanques de enfriamiento para mejora técnica. Cambio de tablero de control de temperatura analógico a digital

Zona	Código SAP	Razón Social	Capacidad
A. CHICLAYO	N/C	Proveedor 1	4000 Gal.
CHICLAYO	100TEN000102	Proveedor 2	600 Gal.
CHICLAYO	100TEN000105	Proveedor 3	1000 Gal.
CHICLAYO	100TEN000113	Proveedor 4	1000 Gal.
CHICLAYO	100TEN 000156	Proveedor 5	1000 Gal.
PAIJAN	N/C	Proveedor 6	3000 Gal.
TRUJILLO	N/C	Proveedor 7	1000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000083	Proveedor 8	600 Gal.
TRUJILLO	100TEN000088	Proveedor 9	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000091	Proveedor 10	3000 Gal.
TRUJILLO	100TEN000093	Proveedor 11	1000 Gal.
VIRU	100TEN000086	Proveedor 12	1000 Gal.

Registro de tanques de enfriamiento de leche fresca de la empresa. Elaboración propia.

A continuación, la lista de materiales que demanda realizar esta mejora de proceso.

Tabla 35.

Listado de materiales para cambio de los tableros de control de temperatura

Material	Unidad Medida	Cantidad	Precio
Tablero de control de temperatura digital modelo HiPerFormplus marca MUELLER, incluye: Display visualización sensor de temperatura, relays para accionamiento agitación/lavado, transformador de control, sensor resistivo de 3hilos.	und	12	S/ 27436.89
Cable BELDEN de 3 hilos	m	200	S/ 1428
Manguera corrugada	m	150	S/ 1035
Demás consumibles para instalación			S/100.00
		TOTAL	S/ 29999.89

Elaboración propia. (leche fresca)

De acuerdo al reporte de fallas se obtiene un total de 157 ocurrencias en los 6 meses (periodo evaluado) que han generado que no se pueda recoger el total de la leche fresca (materia prima para el proceso de evaporación y descremado) ya que los equipos afectados han estado inoperativos, equipos de diferentes capacidades de almacenamiento que suman en conjunto un volumen afectado de 14500 litros mensuales (483.3 litros diarios aproximadamente), vale considerar que los ganaderos cuando ocurre esto dan otra salida a su producto, vendiéndole a empresas de productos lácteos menores o al menudeo.

PRODUCCIÓN DE LECHE - NOVIEMBRE 2021

N°	Proceso Fecha	Condición	Leche Fresca			Leche Concentrada			
			Total Proc. (Kg)	Trujillo (Kg)	Acopios Chic - Pai - Chimb (Kg)	Total de leche a concentrar (Kg)	Total Leche Concentrada (Kg)	Ratio Leche Concentrada	Total de leche a descremar (Kg)
1	01-02	Normal	308,432	212,321	96,111	277,589	80,930	3.43	30,843
2	03	Normal	368,178	104,314	263,864	331,360	112,325	2.95	36,818
3	04-05	Normal	408,441	288,280	120,161	367,597	100,436	3.66	40,844
4	06	Normal	380,184	128,153	252,031	342,166	97,762	3.50	38,018
5	07-08	Normal	338,559	198,504	140,055	304,703	88,576	3.44	33,856
6	09	Normal	315,539	120,745	194,794	283,985	80,449	3.53	31,554
7	10-11	Normal	320,743	221,060	99,683	288,669	89,095	3.24	32,074
8	12	Normal	384,623	124,311	260,312	346,161	105,216	3.29	38,462
9	13-14	Normal	328,659	235,115	93,544	295,793	94,503	3.13	32,866

10	15	Normal	355,587	143,740	211,847	320,028	95,531	3.35	35,559
11	16-17	Normal	414,773	293,676	121,097	373,296	116,655	3.20	41,477
12	18	Normal	387,383	134,249	253,134	348,645	100,185	3.48	38,738
13	19-20	Normal	367,581	257,445	110,136	330,823	91,895	3.60	36,758
14	21	Normal	377,599	143,302	234,297	339,839	113,659	2.99	37,760
15	22-23	Normal	334,149	222,247	111,902	300,734	83,306	3.61	33,415
16	24	Normal	391,252	165,181	226,071	352,127	121,843	2.89	39,125
17	25-26	Normal	392,116	272,054	120,062	352,904	119,629	2.95	39,212
18	27	Normal	371,925	135,628	236,297	334,733	111,950	2.99	37,193
19	28	Normal	379,386	291,902	87,484	341,447	108,741	3.14	37,939
PROMEDIO			364,479	194,328	170,152	328,031	100,668	3	36,448
TOTAL			6,925,109	3,692,227	3,232,882	6,232,598	1,912,686	62	692,511

Figura 18. Producción mensual de leche fresca acopiado, leche concentrada y leche descremada.

Fuente: Registro documental de la empresa – Área de producción.

Bajo esta premisa, se realiza un análisis de las ganancias que van a ser obtenidas por el incremento en la *disponibilidad de la maquinaria* y por consiguiente mayor volumen de procesamiento de la materia prima (leche fresca), ya que la meta es reducir el índice de mantenimientos correctivos, esto teniendo en consideración que la actividad principal de la Empresa en la sede de Trujillo es acopiar, enfriar y evaporar, obteniendo como producto final *leche parcialmente concentrada*, para enviarlo posteriormente a la Planta principal en Huachipa – Lima (donde se elaboran los productos terminados), motivo del cual obtiene todas sus ganancias al respecto.

Tabla 36.

Análisis de pérdidas recuperadas por no procesamiento de leche fresca afectada por la no disponibilidad de los equipos de enfriamiento

Item	Medida	Cantidad
Cantidad de leche fresca mensual no acopiada por no disponibilidad de los equipos	L	14500
<i>Porcentaje de leche no acopiada (Del total)</i>	%	0.203%
Cantidad leche fresca no acopiada diario por no disponibilidad de los equipos (a 30 días)	L	483.33
Densidad de la leche	Kg/L	1.030
Cantidad leche fresca mensual no acopiada mensual por no disponibilidad de los equipos	Kg	14077.67
Ratio de procesamiento (Leche fresca-Leche concentrada)		3

Cantidad leche mensual concentrada no producida por no disponibilidad de los equipos de enfriamiento en los establos	Kg	4692.56
Ganancia neta por venta de la leche concentrada a Planta Huachipa	soles/Kg	0.45
Ingresos mensuales no percibidos de la leche concentrada no producida por no disponibilidad de los equipos		S/2,111.65
<i>Ingresos anuales no percibidos de la leche concentrada no producida por no disponibilidad de los equipos</i>		<i>S/25,339.81</i>

Registro documental de la empresa. Elaboración propia

Se observa que son S/ 25339.81 en ganancias anuales que se dejan de obtener por no procesar leche que ha sido afectada por problemas de enfriamiento de los equipos de refrigeración en campo, con la propuesta de mejora se pretende aumentar la disponibilidad de las máquinas y por consiguiente sumar estas pérdidas económicas no obtenidas como ahorro generado. Entonces en comparativa general de toda la gestión de mantenimiento propuesto en el informe, se visualiza a continuación la tabla de costos de mantenimiento/año y el impacto(ahorro) que va a generar la inversión de toda la propuesta.

Tabla 37.

<i>Comparativa de costos de mantenimiento/año</i>	
Ítem	Cantidad
Costos actuales	S/ 313,790.99
Costos mejorados	S/ 239,337.00
Ahorro generado	S/ 74,453.99

Elaboración propia

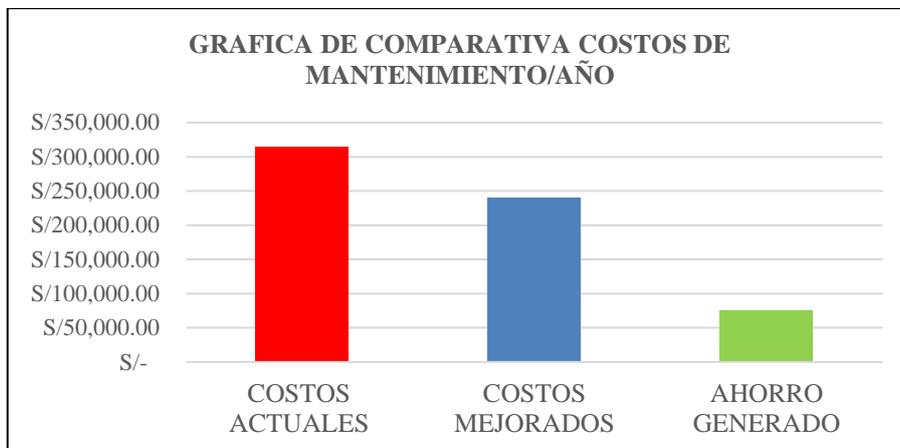


Figura 19. Gráfica de barras sobre los costos de mantenimiento anual de los equipos de enfriamiento de leche fresca.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Derecha-Tablero control de temperatura HiPerFormplus propuesto/Izquierdo-Tablero control de temperatura OE actual.

Fuente: Registro fotográfico de la empresa, brochure PAUL MUELLER COMPANY

OBJETIVO 3

Evaluación económica de la propuesta de mejora

Tabla 38.

Datos para la evaluación financiera

Ingresos (ahorro anual)	S/ 74,453.99
Inversión inicial	S/98,748.40
Egresos anuales	S/35,176.47
COK	15%
Utilidad antes de impuestos	S/ 39,277.52
Impuesto a la renta (29.5%)	S/ 11,586.87
Utilidad después de impuestos	S/ 27,690.65

Elaboración propia.

Tabla 39.

Estado de resultados y flujo de caja

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7
Ingresos anuales		S/ 74,453.99						
Egresos anuales		S/35,176.47						
Utilidad antes de impuestos		S/ 39,277.52						
Impuesto a la renta (29.5%)		S/ 11,586.87						
Inversión	-S/98,748.40							
Flujo neto	-S/98,748.40	S/ 27,690.65						

Elaboración propia.

Tabla 40.

VAN, TIR y B/C

VAN	S/16,456.33
TIR	20%
B/C	1.263824078

Elaboración propia.

En la tabla 40 se determinó que con la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento se obtiene un VAN de S/ 16456.33, cantidad importante correspondiente que va a ganar la empresa en su beneficio. Así también, se obtiene una TIR de 20%, lo cual es mayor al costo de oportunidad COK esperado del 15%, y un beneficio costo de S/1.26; es importante volver a mencionar que se están haciendo mejoras notables en la disponibilidad de los equipos de enfriamiento por esto el monto de la inversión inicial es un poco elevado. Por último, de acuerdo a la evaluación del PRI el dinero recuperado será exactamente en 3 años con 6 meses después de haber realizado la inversión.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Objetivo General

En cuanto a las limitaciones que se obtuvieron para realizar este trabajo de investigación, considero en primer orden la dificultad para conseguir el visto bueno de autorización de uso de datos de la empresa, porque esto me restringe a utilizar ciertos datos de información confidencial, otra limitación no menos importante es el tiempo disponible para realizar la investigación, porque el periodo académico es semestral así como existen muy pocos trabajos relacionados específicamente a mantenimiento de enfriadores de leche fresca, ya que el recojo de leche fresca enfriada para su procesamiento industrial es una actividad que pocas empresas del medio local y nacional lo realizan. El objetivo general de esta investigación es diseñar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en los equipos de enfriamiento de una empresa industrias de lácteos. Trujillo-2022. La mejora consistió en actualizar el plan de mantenimiento para los tanques de enfriamiento de leche fresca y el chiller, reasignando los recursos humano y material para las actividades de mantenimiento, se utilizó el AMEF como herramienta que es parte de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, adicional a esto se propuso mejoras técnicas a 12 equipos que funcionan con tecnologías obsoletas, a través de todas estas acciones además de proyectar una reducción de costos operativos (evaluación económica de la propuesta) es posible incrementar también la disponibilidad y confiabilidad de las maquinarias; por su parte Pizon (2011) en su trabajo Diseño de un plan de gestión para el mantenimiento centrado en la confiabilidad de una empresa de generación eléctrica a base de gas también utiliza la herramienta AMEF y determina sus equipos más críticos, elabora su plan de mantenimiento e indica que mediante su mejora puede obtener disponibilidades en operación de sus equipos superiores a 97%.

Objetivo específico 1

En cuanto a las limitaciones encontradas es la dificultad de obtener información del nivel de cumplimiento de las órdenes de trabajo de las actividades de mantenimiento y de la lista actual de repuestos disponibles por parte del área de almacén, ya que es una información confidencial. El primer objetivo específico es diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022. En la investigación se obtuvo que la empresa cuenta con un 56.41% de cumplimiento actual del plan de mantenimiento lo cual es un nivel bajo alcanzado, y que representa la principal causa del problema en toda la gestión junto con el personal insuficiente, también existe un déficit de repuestos y/o materiales necesarios para las actividades del mantenimiento esto corresponde a gestión de inventarios y no hay un procedimiento de evaluación de condiciones para la instalación de equipos en nuevos proveedores, entonces para priorizar los problemas raíces se ha utilizado el diagrama de Ishikawa, los datos cuantitativos utilizados se han desplegado a través de una guía de análisis documental del reporte de fallas de los equipo en el periodo analizado. En el estudio planteado por Sanchez (2021) se encontró que la falta de un plan de mantenimiento incrementa los costos operativos, y se determinó diferencias en cuanto a la aplicación de los instrumentos para la recolección de datos y elaboración del diagnóstico actual, si bien es cierto a partir del diagrama de Ishikawa se determinan los problemas raíces, para efectos de la priorización de los problemas (causas) el cuestionario no es un instrumento adecuado para cuantificar certeramente el orden del registro porque el nivel de percepción de los entrevistados puede alterar drásticamente el fondo del problema; es así entonces que el empleo de hojas de verificación del funcionamiento de parámetros de trabajo del equipo puede apoyar a la elaboración del registro de fallas, por el hecho de que se están usando criterios técnicos.

Objetivo específico 2

Las limitaciones encontradas corresponden directamente a la elaboración del plan de mantenimiento en el sentido que para su efectiva ejecución el personal actual resulta insuficiente (02) y por este motivo se requiere 01 personal técnico más (serían 03), lo cual se encuentra sustentado en el informe líneas arriba. Respecto al segundo objetivo específico, actualizar el plan de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca de una empresa industrial de Lácteos. Trujillo-2022 considerando la ejecución de la herramienta AMEF. En la investigación se obtuvo la elaboración de las frecuencias en base al NRP que los modos de fallo más críticos corresponden específicamente a problemas directos ocasionados en el compresor de enfriamiento (por fugas o problemas en la energía de alimentación) y problemas en el sistema eléctrico del controlador general (principalmente problemas en la energía de alimentación), adicional a esto se menciona que para la elaboración del plan de mantenimiento deben asignarse además las horas-hombre requeridos y también el plan elaborado debe ir acorde a la cantidad de personal disponible para realizar todas las actividades que involucra, ya que de este modo se van a obtener los beneficios estimados. En cuanto al estudio realizado por Nayhua (2018) también hace el empleo de la herramienta de análisis de modos de falla y efecto (AMEF) para la elaboración del plan de mantenimiento que propone como parte de la metodología RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad), entonces el AMEF es una herramienta muy usada dentro de la gestión de mantenimiento.

Objetivo específico 3

En cuanto a las limitaciones encontradas, menciono que el monto de la inversión inicial (del periodo 0) para el desarrollo de la propuesta es de S/98748.40, lo cual es un valor económico considerablemente elevado (con el beneficio de obtener mejoras notables), lo cual puede traer consigo buscar fuentes de financiamiento externos de la empresa que quizá

no le convenga. El tercer objetivo específico de la investigación es realizar la evaluación económica de la propuesta de gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022. La investigación determinó una TIR de 20%, por encima de lo esperado respecto al COK de 15% para un periodo de vida del proyecto de 7 años, con una recuperación de la inversión inicial de 3 años con 6 meses, considero que la perspectiva de aplicación del proyecto planteado es positiva, tomando en cuenta las mejoras significativas para los equipos de enfriamiento que se están desarrollando en el informe. Por su lado, Acuña y Riojas (2020) realizan el plan de mantenimiento preventivo de montacargas para aumentar la rentabilidad en una empresa de Trujillo con una inversión inicial de S/ 46032 para un periodo de vida útil del proyecto de 4 semestres, obtiene un VAN de S/ 196263.18 y una TIR de 57% superior al esperado del 20%, entonces se concluye que las mejoras diseñadas para las áreas de mantenimiento si pueden ser rentables.

Conclusiones

Objetivo general

Se diseñó la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022, diagnosticando la situación actual de la gestión de mantenimiento, donde se utilizó la hoja de verificación de parámetros de funcionamiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca y el registro documental de fallas para equipo de enfriamiento de leche fresca durante el periodo julio2021-diciembre2021 con apoyo del diagrama de causa efecto, posteriormente se actualizó el plan de mantenimiento para los tanques de enfriamiento y chiller, mediante el uso de la herramienta AMEF, reasignándose los recursos actuales proponiendo una lista mejorada de los repuestos y/o materiales necesarios para las actividades de mantenimiento, se propone el cambio de los tableros eléctricos de control de temperatura analógicos por control digital

con registro de control de temperatura como parte de una mejora técnica en el enfriamiento de 12 tanques de leche en específicos, así como formatos de mantenimiento y se realiza la evaluación económica del diseño de toda la propuesta.

Objetivo específico 1

Se realizó el diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022, y se determinó que los principales problemas raíces son: plan y proceso de mantenimiento sin actualización y personal insuficiente, suministro eléctrico inadecuado y falta de procedimiento evaluación instalación de equipos a nuevos ganaderos, así como inadecuada gestión de inventarios y componentes-partes desgastados; el avance actual del plan de mantenimiento es del 56.41% y todas estas causas mencionadas generan un sobre costo anual de S/ 74 453.99, ya que el gasto actual por actividades mantenimiento anual es de S/ 313 790.99 y con las proyecciones realizadas se va disminuir hasta S/ 239 337.00

Objetivo específico 2

Se actualizó el plan de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022, para los tanques de enfriamiento de leche fresca y el chiller, haciendo uso de la herramienta AMEF, verificándose a través del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) que los componentes más críticos son los compresores de enfriamiento y los fallos eléctricos al tablero controlador de temperatura; así mismo se reasignó los recursos (humano y material) de esta manera se propuso la contratación de 01 nuevo personal técnico para que pueda ser efectivo el cumplimiento del mantenimiento preventivo elaborado.

Objetivo específico 3

Se realizó la evaluación económica de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-

2022, obteniendo que si es rentable ejecutar la propuesta, ya que se obtiene un VAN de S/ 16456.33, cantidad importante correspondiente que va a ganar la empresa en su beneficio, una TIR de 20%, lo cual es mayor al costo de oportunidad COK esperado del 15%, y un beneficio costo de S/1.26; de acuerdo a la evaluación del PRI el dinero recuperado será exactamente en 3 años con 6 meses después de haber realizado la inversión, respecto a un periodo de vida útil de 7 años del proyecto; es importante volver a mencionar que se están proponiendo mejoras notables para potenciar el funcionamiento de los equipos de enfriamiento, por esto el monto de la inversión inicial es de S/ 98748.40 (Lo cual puede percibirse como un monto elevado), pero esto a su vez va incrementar la disponibilidad y confiabilidad a largo plazo de los equipos y va reducir costos por paradas de mantenimiento.

Recomendaciones

Se recomienda al área de campo cumplir con el llenado del formato de evaluación de instalación de equipos a nuevos proveedores, esto es de mucha importancia para apoyo al área de mantenimiento, ya que así será posible corregir problemas de los establos previo a la instalación y funcionamiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca.

Se recomienda al área de almacén mantener el stock disponible sugerido para la lista de repuestos y/o materiales nueva propuesto, en caso de ser aprobado; ya de este modo va ser posible evitar retrasos en el desarrollo de las actividades del plan de mantenimiento.

Se recomienda al jefe y supervisor mecánico de mantenimiento, poder autorizar el apoyo de 01 personal de mantenimiento de planta para poder realizar el cambio de los 12 tableros eléctricos de control de temperatura digitales con el técnico de mantenimiento de campo, de llegarse a concretar la compra; ya que esta actividad de mejora, requiere hacer una intervención técnica mucho más compleja que involucra el uso de más horas-hombre para así no afectar a la vez al cumplimiento del plan de mantenimiento.

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8371>

González, J., Martínez, E. y Barreto, E. (2020) *Modelo con enfoque logístico para diagnosticar la gestión de mantenimiento de una entidad productora de envases.*

Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/2251/225164987003/>

Hernández., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.* Mc Graw Hill Education. Disponible en:

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Tuarez, C. (2013). *Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM.* Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24859/1/TESIS%20DE%20GRADO%20IMPLEMENTACION%20DE%20TPM%20EN%20EMBOTELLADOR%20A%20DE%20BEBIDAS%20GASEOSAS.pdf>

Geldres, R. (2021). *Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados acuícola.* Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23416/Geldres%20Marchena%20Ronald%20Ra%20c%20bal.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Dirección Nacional de Investigación y Promoción de la Libre Competencia. (2021). *Informe de lanzamiento del estudio de mercado sobre sector lácteo en el Perú.* Disponible en:

<https://www.indecopi.gob.pe/documents/51771/6194832/Informe+Lanzamiento+Lec he/4e4de918-4f25-ad5f-e014->

[80e13be3b682#:~:text=1.,81%20C0%20kilogramos%20en%202020.](https://www.indecopi.gob.pe/documents/51771/6194832/Informe+Lanzamiento+Lec he/4e4de918-4f25-ad5f-e014-80e13be3b682#:~:text=1.,81%20C0%20kilogramos%20en%202020.)

Mora, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* (1era edición). México: Alfaomega Grupo editor.

Domínguez, J. (2011). *UTCV Calidad en el mantenimiento*. Disponible en:

<https://sites.google.com/site/utcvcalidadenelmantenimiento/2-3-herramientas-basicas-de-la-calidad/diagrama-causa-efecto>

Acuña, F. y Riojas, E. (2020). *Plan de mantenimiento preventivo de montacargas para aumentar la rentabilidad en la empresa Triton Trading S.A Trujillo – 2019*. Disponible en

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47144/Acu%c3%b1a_CFA-Riojas_CEM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Muñoz, E. (2018). *Análisis de la disponibilidad de máquinas y equipo aplicando la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) en la Planta Termoeléctrica Generoca de la ciudad de Guayaquil*. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36566>

Plataforma digital única del Estado, P. (01 de Junio de 2022). MIDAGRI promueve mayor consumo de leche para elevar calidad de la alimentación de población. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/613411-midagri-promueve-mayor-consumo-de-leche-para-elevar-calidad-de-la-alimentacion-de-poblacion>

ANEXOS

Anexo I. Plan de mantenimiento de tanques de enfriamiento de leche fresca

	PLAN DE MANTENIMIENTO DE TANQUES DE ENFRIAMIENTO DE LECHE FRESCA - PERIODO 2022																										
	SEMANA	Jul-22				Ago-22					Set-22					Oct-22					Nov-22			Dic-22			
		DURACIÓN (H-H)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
UNIDAD CONDENSADORA																											
Medición de parámetros eléctricos del o los compresor(es).	0.5	M				M					M				M					M				M			
Prueba de trabajo al presostato de baja presión (De no desconectar al sistema cambiar).	0.5				M								M										M				
Revisión del nivel de aceite/Realizar cambio aceite de encontrarse bajo.	3												A														
Cambio de condensadores de arranque y trabajo (compresores monofásicos).	1	6S					6S						6S							6S						6S	
Limpieza del filtro de la VET /Válvula de subenfriamiento.	2.5																				A						
Inspección del estado físico y limpieza del condensador aletado.	1						2M											2M								2M	
Inspección y medición de alimentación eléctrica controlador electrónico de Válvula de expansión.	0.5	2M									2M									2M							
Medición de presiones de refrigerante del sistema con carga.	0.5				M					M				M					M				M				
Cambio de los o el filtro secador.	2.5																				A						
Inspección del estado físico y /o cambio de los presostatos encapsulados.	1				2M									2M									2M				
Inspección física del tanque acumulador de succión (Realizar soldeo si hay presencia de fuga refrigerante).	0.5				2M									2M									2M				
Inspección y cambio de aislante térmico de tuberías.	2				2M									2M									2M				
Inspección de tuberías de las líneas del sistema (Realizar cambio de si lo requiere necesario).	3		6S						6S								6S						6S				
Inspección física y ajuste de pernos del ventilador condensación.	0.5									3M															3M		
Medición de los parámetros eléctricos del ventilador condensación.	0.5	M				M					M				M					M				M			
Cambio del o los condensadores permanente de ventilador condensación.	1									8M																	
Mantenimiento del o los ventiladores del sistema.	4									18M																	
SISTEMA DE AGITACIÓN																											
Inspección del estado de la paleta de agitación.	0.5				2M									2M										2M			
Inspección, medición de parámetros y ajuste de pernos de motor agitador.	0.5	M				M					M				M					M				M			

Verificación de conectores, medición parámetros y colocación de fusibles a los tableros controladores temperatura.	0.5	M				M					M						M				M			
Verificación del estado de los contactores de potencia (Realizar cambio si lo requiere).	1	M				M					M						M				M			
Inspección y medición de parámetros eléctricos de controlador de Valvula Electrónica de Subenfriamiento.	0.5	M				M					M						M				M			
Revisión y recalibración de medición del sensor de temperatura.	1					M					M						M				M			
Inspección del estado de la solenoide.	0.5	4M															4M							
Prueba de trabajo y reseteo de fallas del monitor de tensión.	0.5	3M																						3M
Ajuste de las conexiones eléctricas de todos los interruptores/contactores.	0.5	2M									2M													2M
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO PRODUCTO																								
Verificación de nivelación de patas del tanque.	3																							A
Inspección y/o cambio de empaques de cierre de tapa del tanque.	0.5																							A
Inspección de la válvula de descarga de leche (Realizar intervención o cambio de requerir).	2																							A
Inspección de estructura externa de acero referida al tanque (De haber falla dar cuenta para programar intervención).	0.5																							A

LEYENDA	FRECUENCIA
6S	6 semanas
M	Mensual
2M	2 meses
3M	3 meses
4M	4 meses
8M	8 meses
A	Anual
18M	18 meses

Anexo2. Plan de mantenimiento de chiller de enfriamiento

	PLAN DE MANTENIMIENTO DE CHILLER DE ENFRIAMIENTO DE LECHE FRESCA - PERIODO 2022																												
	SEMANA	Jul-22				Ago-22					Set-22				Oct-22				Nov-22				Dic-22						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
UNIDAD CONDENSADORA	DURACIÓN (H-H)																												
Medición de parámetros eléctricos de los compresores (4).	0.5			M					M					M					M					M					M
Prueba de trabajo y/o regulación a los presostatos de baja presión (4).	1			4M																				4M					
Revisión del nivel de aceite/Realizar cambio aceite de encontrarse bajo.	3																		A										
Inspección del estado físico y limpieza del condensador aletado (2).	2			6S						6S					6S									6S					
Medición de presiones de refrigerante R507 del sistema con carga.	0.5				M					M				M					M					M					
Cambio de los filtros secadores y de succión (4).	5																											2A	
Inspección física del tanque receptor de líquido (Realizar soldeo si hay presencia de fuga refrigerante).	0.5		2M										2M											2M					
Inspección de todas las tuberías (cobre y fierro) de las líneas del sistema (Realizar reparación o cambio de ser necesario).	3		3M																					3M					
Inspección física y ajuste de pernos de los ventiladores de condensación (6).	0.5		M					M					M					M						M				M	
Medición de los parámetros eléctricos de los ventiladores de condensación (6).	0.5		M					M					M					M						M				M	
Mantenimiento de los ventiladores de condensación, cada uno en la frecuencia que corresponde-6 (Desmontar para traslado a taller contratista, luego hacer montaje) (*).	1.5	2M								2M										2M									
Inspección del estado físico del intercambiador de placas 1 (Refrigerante/Glicol).	Pachas Gamon 0.5								2M										2M									2M	

Anexo3. Matriz de operacionalización de variables.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
Gestión de mantenimiento	La gestión de mantenimiento representa el conjunto de acciones de intervención programadas necesarias para incrementar el tiempo de vida de los equipos e instalaciones con el objetivo de evitar en lo posible que queden inoperativos por fallas imprevistas, esto se realiza con el apoyo de los Planes de mantenimiento bien elaborado de acuerdo a las características de trabajo de cada ítem [equipo, parte del sistema] (Sánchez, 2015).	La gestión de mantenimiento incorpora varias herramientas para mantener el funcionamiento adecuado (confiabilidad) del grupo de maquinarias, desde la aplicación de herramientas técnicas directamente a las máquinas para generar los planes de mantenimiento hasta la gestión de inventarios correspondiente a sus repuestos y la asignación del recurso humano adecuado. Para la elaboración de la propuesta se consta con 03 fases que son el diagnóstico para conocer la situación	D1: Diagnóstico	Cumplimiento del mantenimiento actual mediante las órdenes de trabajo: <i>(N° ordenes acabadas a la fecha/N° ordenes programadas totales)*100</i>	RAZÓN
				Análisis de causas raíces (Diagrama de Ishikawa) <i>Diagrama de Pareto (Tabla de frecuencias)</i>	NOMINAL
			D2: Elaboración de la propuesta	Análisis de modos de Fallo (AMEF) - criticidad: <i>NPR=G*O*D</i> <i>G: Gravedad</i> <i>O: nivel de ocurrencia</i> <i>D: Detección</i>	RAZON
				Proponer una nueva lista de repuestos y materiales (consumibles) con aquellos que se requieren efectivamente.	NOMINAL
				<i>Elaboración del nuevo plan de mantenimiento</i>	NOMINAL

		<p>inicial del avance de la operación del plan de mantenimiento y el registro actual de los repuestos existentes pero sobre todo determinar las causas raíz de los fallos en los equipos, la elaboración de la propuesta donde se va aplicar la herramienta AMEF de mantenimiento para determinar el nuevo plan de mantenimiento y los recursos que se deben asignar correctamente, y por último el análisis económico financiero de la propuesta.</p>	<p>D3: Evaluacion Económica</p>	$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I$	<p>RAZÓN</p>
				$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$	<p>RAZÓN</p>
				$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Costos de inversión}}$	<p>RAZON</p>

Anexo4. Matriz de consistencia

PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE UNA EMPRESA INDUSTRIAL DE LÁCTEOS. TRUJILLO-2022							
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿En qué consiste la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022?	Proponer una mejora en la gestión de mantenimiento sobre los costos operativos en los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.	Esta investigación se justifica porque la aplicación de una mejor gestión de mantenimiento repercute directamente en la mejora de la disponibilidad y confiabilidad del grupo de maquinarias, por ende su impacto positivo en la mejora de la producción (en este caso almacenamiento y enfriamiento a 4°C de leche fresca), al aplicar un análisis causal y también cuantitativo del porqué de los problemas se pudo determinar mejores procedimientos en el mantenimiento preventivo disminuyendo las incidencias de fallas, así mismo se justifica socialmente la mejora en el sentido que se pueden		GESTIÓN DE MANTENIMIENTO		<p>DIAGNÓSTICO</p> <p>Cumplimiento del mantenimiento actual mediante órdenes de trabajo.</p> <p>Análisis de causas raíces, frecuencia de fallas detectadas en el periodo Julio-diciembre 2021</p>	<p>X</p> <p>↑</p> <p>01</p> <p>G:</p>
						<p>DESARROLLO DE LA PROPUESTA</p> <p>Análisis de modos de fallo (AMEF)- criticidad (Pre elaboración de los nuevos planes de mantenimiento)</p> <p>Elaboración del nuevo plan de mantenimiento</p> <p>Elaboración de la lista mejorada de repuestos y materiales(consumibles) actuales necesarios para las actividades de mantenimiento.</p>	
						<p>EVALUACIÓN</p> <p>Valor Actual Neto (VAN)</p>	
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO						
¿Cuál es el diagnóstico situacional actual de la gestión del mantenimiento aplicada a los equipos de enfriamiento de una	Diagnosticar la situación actual de la gestión del mantenimiento aplicada a los equipos de						

 industrial de lácteos. Trujillo-2022?	enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022	aplicar mejores procedimientos de trabajo por parte de los técnicos de refrigeración, ayudando a la carga de trabajo este hecho incrementa que ellos puedan aumentar su productividad. El impacto en la reducción de costos es beneficioso para la empresa y el empleo de componentes para el mantenimiento del tipo ecológico resulta favorable para el cuidado al medio ambiente.			ECONÓMICA FINANCIERA	Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Tasa Interna de Retorno (TIR)	
¿Cuál es el desarrollo de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento aplicada a los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022?	Actualizar el plan de mantenimiento preventivo, asignar adecuadamente los recursos: humano y materiales para el mantenimiento y proponer una lista mejorada con los repuestos necesarios para el mantenimiento a los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022						
¿Cuánto es la evaluación económica financiera de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento aplicada a los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022?	Determinar el impacto del beneficio económico de la propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento a los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo-2022.					Costo-Beneficio	

Anexo5. Diagrama DAP para un volumen de enfriamiento de 4000 litros de Leche diarios. (Establo Sector Huanchaco)

Línea/materia/equipo							
Diagrama:	Hoja N°1	RESUMEN					
Ubicación: ESTABLOS GANADEROS DE LA ZONA NORTE: LA LIBERTAD – LAMBAYEQUE – ANCASH	Actividad						Actual
	Operación						3
	Transporte						2
Actividad: Acopio y Enfriamiento de leche fresca para posterior recojo en cisternas y traslado a Planta Trujillo	Espera						1
	Inspección						1
	Almacenamiento						
Método: Actual	Tiempo						
Lugar: Área de mantenimiento	Distancia						
Línea: N°1							
Compuesto por: Mantenimiento	Fecha: 00/00/2021						
Aprobado por: Administración	Fecha: 00/00/2021						
DESCRIPCION	T-m						Observaciones
Ordeño.	360	●					La calidad de higiene aplicada es determinante para un buen producto.
Transporte de la leche por mangueras al tanque para comienzo del enfriamiento.	1		●				Se realiza inmediatamente luego del ordeño.
Enfriamiento de la leche fresca. (Se considera que el enfriamiento se realiza en simultáneo con el ordeño cada vez que la leche se va depositando en el equipo)	381.25						Temp. Promedio leche caliente: 34°C Temp. Enfriamiento a 3.5°C
Verificación de la temperatura de apagado del sistema (Por parte del ganadero).	2					●	Realizado por el ganadero.
Espera hasta el recojo de la leche fría.	90					●	De acuerdo a la programación de cisternas.
Carguío de la leche fría y llenado de la guía de remisión (Por parte del transportista de la cisterna).	15	●					
Transporte de la leche fría a Planta Trujillo.	60		●				
Tiempo total en minutos.	549.25						
Tiempo total en horas.	9.15						

Para la tesis en mención, nos interesa enfocarse al enfriamiento de la Leche Fresca porque lo realiza directamente los tanques y/o chiller de enfriamiento, por eso resaltado en el cuadro de actividades.

Anexo6. Lista de verificación de funcionamiento

MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

PROVEEDOR:

CODIGO SAP:

ZONA:

O.M:

FECHA:

TIPO DE TRABAJO:

INSPECCION:

MTTO PREVENTIVO:

MTTO CORRECTIVO:

MONTAJE:

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FREC.	SI	NO	OBSERVACIONES
------------------------------	-------	----	----	---------------

TANQUE DE ENFRIAMIENTO

Inspección del tanque	3	M			
Inspección Motoreductor/ agitador	3	M			
Revisión Nivelación del tanque	3	M			
Revisión Válvula de leche / drenaje	3	M			
Inspecc. Empaque Manhole, respiraderos	3	M			
Verificar sensor °T, Termostato, Termometro	3	M			
Revisión de Valvula de expansión	6	M			
Verificación tiempo de enfriamiento	6	M			
Mantenimiento Motoreductor	24	M			

TABLERO DE CONTROL/FUERZA

Mantenimiento tablero de control y fuerza	6	M			
Verificación cables eléctricos	6	M			

UNIDAD CONDENSADORA

			1	2	3	4	
Inspección y Limpieza Und. Condensadora	3	M					
Revisión presiones y presostatos de refrigerante	3	M					
Inspección Fuga de Refrigerante o Aceite	3	M					
Inspección Ventilador, vibración y ruidos inusuales	3	M					
Inspección compresor, nivel aceite, ruidos inusuales	3	M					
Inspección válvula de solenoide	6	M					
Cambio de filtro secador	12	M					

TOMA DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO

	I1	I2	I3	I4		I1	I2	I3		I1	I2	I3		Ti	Tf	t'		Voltaje	
Cond.1					Vent.1				Agit.1				Leche					R-S	
Cond.2					Vent.2				Agit.2				Glicol					S-T	
Cond.3					Vent.3				Bomba									R-T	
Cond.4					Vent.4														

Vo. Bo. TECNICO
NOMBRE:

Vo. Bo. GANADERO
NOMBRE:

Vo. Bo. JEFE MTTO.
NOMBRE:

Anexo7. Formato de validación de expertos.

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	“Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en los equipos de enfriamiento de una empresa industrial de lácteos. Trujillo–2022”		
Línea de investigación:	Desarrollo sostenible y gestión empresarial		
Apellidos y nombres del experto:	Jean Carlos Ecurra Lagos		
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Gestión de mantenimiento		

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. Tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “x” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:



Jean Carlos Ecurra Lagos
Maestro en Gestión Pública

Anexo8. Registro documental de fallos para equipos de enfriamiento de leche fresca.

REGISTRO DOCUMENTAL DE FALLAS PARA EQUIPO DE ENFRIAMIENTO DE LECHE FRESCA

AREA RESPONSABLE	MANTENIMIENTO	FECHA (del problema)	
CODIGO SAP EQUIPO		PROVEEDOR	

INDICACIONES (Decisión final): Indique (Marque en SI o NO) el(los) problema(s) general(es) de porqué falló el equipo de enfriamiento. Considere entre todas las alternativas posibles, haga uso de la hoja de verificación de parámetros de funcionamiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca.

Item	Nombre del problema	Descripción	Decisión
Pr1	Componentes/partes antiguos desgastados.	Algún sistema (eléctrico, agitación de leche, almacenamiento o unidad condensadora) del equipo se encuentra muy desgastado y requiere cambio.	
Pr2	Suministro eléctrico inadecuado.	Hay problemas de baja o alta energía al momento de sucedió el problema en el equipo (Comprobar con la pinza amperimétrica).	
Pr3	Falta de capacitaciones técnicas.	El personal que intervino al equipo desconoce como solucionar la falla presentada.	
Pr4	Personal insuficiente.	El equipo falló por falta de mantenimiento preventivo, falta de intervención oportuna en más de 3 meses.	
Pr5	Falta de instrumentos de medición de parámetros.	No es posible detectar la posible falla de manera prematura, porque no se cuenta con instrumentos de medición de parámetros.	
Pr6	Inadecuada gestión de inventarios (repuestos).	No existe o es insuficiente el(los) repuestos y/o materiales para la ejecución de los trabajos de mantenimiento del equipo.	
Pr7	Plan y proceso de mantenimiento sin actualización.	Solamente se viene atendiendo al equipo en situaciones correctivas, más no intervenciones de mantenimiento preventivo.	
Pr8	Falta procedimiento evaluación instalación de equipos a nuevos ganaderos.	El equipo falló por alguna circunstancia que lo predispone (cables de alimentación en mal estado, piso desnivelado u otro) condiciones que no fueron evaluadas al momento de haberse instalado en el establo.	
Pr9	Temporada de verano.	El equipo falló porque la temperatura ambiente supera los 30°C	

Vo. Bo. SUPERVISOR MTTO

Vo. Bo. JEFE DE MANTENIMIENTO

Anexo9. Formato verificación de condiciones para la instalación de equipo de enfriamiento de leche en nuevos ganaderos

VERIFICACIÓN DE CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN DE EQUIPO DE ENFRIAMIENTO DE LECHE EN NUEVOS GANADEROS					
Ubicación					
Fecha		Capacidad almacenamiento del posible equipo			
Marque en la casilla según corresponda. Complete las observaciones de ser necesario.					
SISTEMA ELECTRICO	SI	NO	VALOR OBTENIDO		OBSERVACIONES
Suministro eléctrico – Voltaje de alimentación en vacío.			L1-L2		
			L2-L3		
			L1-L3		
			L-N		
Suministro eléctrico – Voltaje de alimentación con carga (Encender todas las cargas posibles que trabajen en simultáneo al equipo).			L1-L2		
			L2-L3		
			L1-L3		
			L-N		
Inspección del cableado de alimentación.					
Tablero eléctrico con espacio para los interruptores termomagnéticos del equipo.					
Otras condiciones eléctricas encontradas.					
CONDICIONES PARA EL MONTAJE DEL EQUIPO Y CARGA DEL PRODUCTO					
Piso compacto y sin rajaduras.					
Piso con desnivel adecuado y punto de agua para limpieza del equipo.					
Espacio con ventilación e iluminación adecuado.					
_____ RESPONSABLE 1 NOMBRE:			_____ RESPONSABLE 2 NOMBRE:		

Anexo12. Solicitud de trabajo de mantenimiento de los equipos de enfriamiento de leche fresca por eventos correctivos.

SOLICITUD DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO			
Cod. SAP equipo		Fecha	
Proveedor			
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA			
SUGERENCIAS			
<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> NOMBRE: (Quien reporta)		<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> NOMBRE: (Quien recibe)	

Anexo13. Tanque de enfriamiento para leche fresca DeLaval 1000litros, mantenimiento a unidad condensadora MUELLER y medición de presiones de sistema en funcionamiento.

