



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Sistema de gestión energética para incrementar la eficiencia del
área de refrigeración de productos lácteos en la empresa
Gloria S.A. Cajamarca, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Rodríguez Flores, Elvis Reynaldo (ORCID: 0000-0003-1864-9003)

ASESOR:

Ing. Dávila Hurtado, Fredy (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedicado especialmente a Dios por bendecirme en la vida y en el aspecto profesional, a mis padres Elena y Rómulo por estar siempre presentes apoyándome en todo reto asumido y a mis hermanas Diana y Mirtha por su ayuda incondicional que me dieron durante el trayecto de esta carrera y formación en general.

Elvis Rodríguez Flores

Agradecimiento

En gratitud a la empresa Gloria S.A. y sus colaboradores de la planta Cajamarca, por estar siempre involucrados en la mejora de los procesos y por las facilidades brindadas para el desarrollo de la presente investigación.

Elvis Rodríguez Flores

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2. Variables y Operacionalización.....	9
3.3. Población y muestra	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
3.5. Instrumentos de recolección de datos	11
3.6. Procedimientos	12
3.7. Método de análisis de datos	12
3.8. Aspectos éticos.....	12
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	63
VI. CONCLUSIONES.....	66
VII. RECOMENDACIONES	67
VIII. REFERENCIAS.....	68
ANEXOS	72
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	85
Reporte turnitin.....	86
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV	87
Autorización de versión final del trabajo de investigación.....	88

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Procesos productivos y cámaras frigoríficas de proceso</i>	17
Tabla 02. <i>Características de las cámaras frigoríficas</i>	18
Tabla 03. <i>Permanencia de productos en las cámaras</i>	20
Tabla 05. <i>Potencia y corriente nominal en las unidades de refrigeración</i>	23
Tabla 06. <i>Potencia y corriente medida en las unidades de refrigeración</i>	25
Tabla 08. <i>Parámetros de sistemas de refrigeración</i>	30
Tabla 09. <i>Datos medidos en la cámara de Salmuera</i>	31
Tabla 10. <i>Rendimiento nominal y medido</i>	33
Tabla 12. <i>Características del aislante térmico en tuberías</i>	40
Tabla 13. <i>Cuadro de capacitación a colaboradores en cámaras de refrigeración</i>	44
Tabla 15. <i>Costos por mano de obra</i>	48
Tabla 16. <i>Presupuesto total</i>	49
Tabla 17. <i>Inversión inicial del proyecto</i>	56
Tabla 18. <i>Valores de eficiencia teórica con respecto al ahorro económico</i>	58
Tabla 19. <i>Flujo de caja</i>	59
Tabla 20. <i>Cálculos del VAN</i>	60
Tabla 21. <i>Cálculos de la Tasa Interna de Retorno</i>	61
Tabla 22. <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	73

Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Plano de ubicación y distribución de las cámaras de refrigeración	15
<i>Figura 02.</i> Diferencia de corrientes nominal y medida a plena carga en cámaras frigoríficas	29
<i>Figura 03.</i> Diagrama de Mollier para la cámara de Salmuera.....	31
<i>Figura 04.</i> Determinación del COP/ERR mediante el software Bitzer	33
<i>Figura 05.</i> Diferencia del rendimiento nominal y medido a plena carga en cámaras 35	
<i>Figura 06.</i> Puerta de cámara frigorífica	38
<i>Figura 07.</i> Perfil de empaque usado en cámaras frigoríficas	39
<i>Figura 08.</i> Esquema de apilamiento de productos	43
<i>Figura 09.</i> Picos de arranque	46
<i>Figura 10.</i> Fluctuación de presión en succión	47
<i>Figura 11.</i> Determinación del ciclo ideal del refrigerante R22.....	51
<i>Figura 12.</i> Comparativo del COP nominal, medido y teórico	52
<i>Figura 13.</i> Registro de consumo de energía eléctrica con representación lineal..	78
<i>Figura 14.</i> Data logger de la cámara Salmuera	79
<i>Figura 15.</i> Componentes principales de una cámara frigorífica	80
<i>Figura 16.</i> Ciclo de Carnot	80
<i>Figura 17.</i> Cámara de oreo	81
<i>Figura 18.</i> Medición manométrica en unidad condensadora de la cámara de salmuera.....	81
<i>Figura 19.</i> Medición de temperatura de sub-enfriamiento en unidad condensadora de refrigeración de cámara de envasado	82
<i>Figura 20.</i> Medición manométrica en unidad condensadora de la cámara de salmuera.....	82
<i>Figura 21.</i> Medición de temperatura de recalentamiento a la salida del evaporador de la cámara de Salmuera	83
<i>Figura 22.</i> Medición del consumo de energía eléctrica en la cámara de almacenamiento	83
<i>Figura 23.</i> Aislamiento defectuoso en tramos de tuberías	84
<i>Figura 24.</i> Parámetros nominales de Variadores de frecuencia iSpeed.	84

Resumen

La empresa Gloria S.A, está dedicada a la producción de derivados lácteos, su cadena productiva las desarrolla dentro de cámaras frigoríficas, a fin de asegurar la calidad de los procesos y productos. La búsqueda de la eficiencia es una preocupación constante para la empresa, en este sentido se determinó que los procesos de refrigeración son de gran impacto, y estos han evidenciado un alto consumo energético que ocasionan el incremento de costos.

El objetivo de la investigación es proponer un sistema de gestión energética, entendida como un conjunto de acciones y estrategias, que permitan incrementar la eficiencia energética de las áreas que trabajan con procesos de refrigeración, a partir de la determinación y el análisis de fallas e inconsistencias establecidos a través de cálculos y mediciones.

La presente investigación es del tipo aplicada, tiene como bases teóricas las conceptualizaciones de refrigeración y sus elementos, hace uso de datos para calcular las posibles fallas y establecer las acciones de mejora y también para proyectar el impacto de las mencionadas.

Palabras clave: Sistema de gestión energética, cámara frigorífica, refrigeración

Abstract

Gloria S.A company is dedicated to dairy products production; therefore, chain production develops them in cold stores, in order to ensure the quality of processes and products. The search for efficiency is a constant concern for the Gloria S.A, in this sense it was determined that the refrigeration processes are of great impact, and these have evidenced a high energy consumption that causes the increase in costs.

The main objective of this research was to propose an energy management system, understood as a set of actions and strategies that allow increasing the energy efficiency of the areas that work with refrigeration processes, based on the determination and analysis of failures and inconsistencies established through calculations and measurements.

The present research is applied type, it has as theoretical bases the conceptualizations of refrigeration elements, makes use of data to calculate possible failures and establish improvement actions and also to project the impact of the principal refrigeration factors.

Keywords: *Energy management system, cold room, refrigeration.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las industrias de los distintos sectores tienen como misión y visión el desarrollo y la mejora continua a fin de satisfacer las exigencias de un mercado altamente evolutivo; dando un lugar significativo a procesos mucho más eficientes propuestos por la industria. Por consiguiente, hoy en día la mayor parte de empresas se encuentran en búsqueda de desarrollar operaciones que le permitan obtener un nivel óptimo y eficiente en sus procesos productivos con el menor costo posible y mejor aprovechamiento del recurso, permitiéndole acceder y mantenerse en mercados altamente competitivos, tanto por la calidad de los productos ofrecidos, así como la rentabilidad obtenida.

En la búsqueda de una mejor eficiencia son muchos los ámbitos de mejora dependiente de la naturaleza de la empresa, siendo así el ahorro energético de mayor énfasis en empresas consumidoras de energía, debido a los costos elevados y al impacto ambiental generado por un uso y consumo desmedido, por tal motivo se están implementando sistemas de gestión energética que permita un uso moderado y eficiente de la energía, Siendo la refrigeración un proceso muy empleado en sector alimenticio en el afán de asegurar la calidad e inocuidad de los productos elaborados, este procesos consume considerablemente los recursos energéticos debido a algunas fallas e inconsistencias, y es allí donde se debe gestionar métodos que permitan un ahorro sustancial pero dentro de los parámetros establecidos en eficiencia de equipos y maquinarias.

Dentro del contexto de la realidad problemática la presente investigación ha propuesto la implementación de un sistema de gestión energética en la planta de producción de la empresa Gloria S.A - Cajamarca, debido al incremento de consumo de energía eléctrica en los últimos meses (Figura 13), a pesar de mantenerse las características productivas de la planta, lo que ha conllevado a un mayor gasto y a obtener una calificación desfavorable como cliente presente en horas punta con la Tarifa MT3, a cargo de la empresa proveedora Hidrandina.

La planta de producción de la empresa Gloria Cajamarca, acopia aproximadamente 40 mil litros de leche al día y cuenta con 4 líneas de producción: Quesería, Manjar Blanco, Queso fundido y tratamiento térmico siendo su producción mensual en derivados lácteos (quesos en diferentes presentaciones), Manjar Blanco y la concentración de leche fresca UHT. Los procesos productivos desarrollados se llevan a cabo dentro de cámaras frigoríficas que aseguren la calidad de sus procesos y productos.

Los procesos de refrigeración son de vital importancia en la cadena productiva de la planta, pero en los últimos años se ha evidenciado deficiencias y fallas en este proceso, reflejándose en problemas de operatividad deficiente, principalmente para llegar a los valores energéticos deseados, la disminución del tiempo de vida útil en lotes de queso almacenados en zonas laterales de las cámaras, reportes de fluctuación de temperatura en el proceso de refrigeración (Figura 14), desviaciones en la humedad relativa y un aumento considerable en el periodo de enfriamiento de algunas cámaras (promedio de 20 minutos adicional en funcionamiento). Como consecuencia de los problemas en la refrigeración, el consumo de energía eléctrica registró valores elevados, viéndose indicadores fluctuantes en el consumo según los recibos facturados y parámetros históricos, incrementando los costos de la empresa.

Dada las condiciones antes mencionadas se reflejó un deficiente funcionamiento del sistema energético en los procesos productivos desarrollados en ambientes de frío controlado, lo cual da lugar a un importante estudio en el proceso frigorífico de la planta industrial, teniendo como principal interrogante **¿Cómo incrementar la eficiencia del área de refrigeración de productos lácteos en la empresa Gloria S.A. Planta Cajamarca, mediante un sistema de gestión energética?**

La justificación ambiental del estudio tiene importancia debido que el elemento principal del sistema frigorífico es un gas de tipo freón, el cual puede causar daños en la atmósfera, siendo la reducción de la capa de ozono uno de los aspectos más perjudiciales, seguido del incremento del

efecto invernadero que contribuye al calentamiento global en consecuencia de los altos consumos energéticos.

Así mismo, dicho estudio tiene una justificación económica por el incremento en el consumo de energía eléctrica, vistos en los recibos facturados y parámetros históricos a pesar que la cantidad de producción y almacenamiento se mantiene proporcionalmente. Por este motivo, es necesario considerar alternativas que nos permita verificar el manejo de los recursos energéticos del área con mayor índice de consumo y menor eficiencia.

La investigación conllevó a plantear el siguiente objetivo general **“Elaborar un sistema de gestión energética que permita incrementar la eficiencia del área de refrigeración de productos lácteos de la empresa Gloria S. A. – Cajamarca”** y se propusieron los siguientes objetivos específicos para precisar resultados:

- Realizar un diagnóstico energético en el proceso de refrigeración de productos lácteos, determinando su eficiencia actual.
- Elaborar plan de actividades a realizar con la finalidad de mejorar las condiciones de operación de los diferentes equipos electromecánicos que integran el área de refrigeración de la empresa Gloria S.A.
- Determinar la eficiencia teórica en el área de refrigeración, según el plan de actividades de gestión energética.
- Realizar una evaluación económica empleando el VAN y TIR como indicadores de rentabilidad.

A partir de una base de información y datos obtenidos inicialmente se pudo iniciar la investigación con la siguiente hipótesis: “Mediante un sistema de gestión energética podemos incrementar la eficiencia del área de refrigeración de productos lácteos en la empresa Gloria S.A. Cajamarca”.

II. MARCO TEÓRICO

Como precedentes para el del presente trabajo de investigación se revisaron diversidad de fuentes que recopilan investigaciones de problemáticas similares, a nivel internacional los trabajos de Villacorta y López (2018), concluyen que al implementar un sistema de eficiencia energética se reduce costos, se estructura adecuadamente espacios de trabajo, se establece adecuadamente especificaciones de los equipos y herramientas que se deben emplear, y se identifica los mejores horarios en aras de la optimización del proceso productivo, para Celorrio (2015), en su investigación relacionada con eficiencia energética y energías renovables aplicada a procesos de frío en la industrial enológica, señala que la medida y verificación en todas las fases de la demanda energética permite detectar oportunidades de mejora de la eficiencia, desde la recopilación de información, determinando los ahorros energéticos y la mejora del desempeño de forma estandarizada e inequívoca. Todo ello desde una gestión continuada de control permanente, en búsqueda de desviaciones del desempeño y nuevas oportunidades de mejora.

Mientras que en la investigación desarrollada por Bolivar y Martinez (2014), concluyen que el programa Hidrofive del software Cype® con el cálculo de carga térmica por refrigeración es ideal para la simulación del comportamiento energético de una edificación con aires acondicionados. Por otro lado, al comparar la eficiencia actual con eficiencias SEER de 10 y 13, es posible visualizar que la eficiencia de los equipos está por debajo de la mínima recomendada. También, señaló que la potencia eléctrica de la mayoría de los equipos es considerablemente superior al que debería tener un equipo eficiente con SEER de 10 o SEER de 13, con lo cual hay mayor consumo eléctrico y por tanto mayores costos.

Fuentes e investigaciones nacionales ofrecen precedentes importantes para la investigación desarrollada, como lo señala Pérez Pinedo (2014), concluye que en los procesos industriales es muy importante la eficiencia de los equipos, que desde luego puede ser un motivo de una eficiencia en el consumo de la energía debido a los beneficios que produce. Sin embargo, la cantidad producida es muy significativa, y lo que se observa a primera vista

es el volumen de producción, el cual hace que no exista un seguimiento planificado acorde a una gestión eficiente en los consumos de energía.

Salgado Muñoz - Nájjar (2014), tuvo como objetivo mejorar el sistema de gestión energética en base a definiciones establecidos por la norma ISO 50001, concluyendo que la empresa al ser considerada como cliente presente en horas punta, debe realizar un seguimiento del factor de calificación, este factor de calificación depende directamente del consumo de KWH en horas de punta, entre las 6 a 11 pm, por lo que es indispensable establecer acciones de seguimiento y control para lograr un uso eficiente de la energía.

Para desarrollar la investigación es necesario presentar algunas conceptualizaciones y definiciones en los que se enmarca la investigación para una brindar una mayor claridad y respaldo científico de las acciones que se seguirán a fin de alcanzar el objetivo propuesto. En este sentido es importante partir por definir la eficiencia energética, se puede definir a esta como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso.

Otra forma de definirla es la relación existente entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Por lo tanto, la eficiencia energética hace referencia a la optimización del consumo energético, busca disminuir el uso de energía, pero produciendo los mismos resultados finales.

La eficiencia energética es un instrumento fundamental para dar respuesta a los cuatro grandes retos del sector energético mundial: el cambio climático, la calidad y seguridad del suministro, la evolución de los mercados y la disponibilidad de fuentes de energía (SIIA, 2018).

Por eficiencia energética se entiende el conjunto de actividades encaminadas a reducir el consumo de energía en términos unitarios, mejorando la utilización de la misma, con el fin de proteger el medio ambiente, reforzar la seguridad del abastecimiento y crear una política energética sostenible. Se trata de utilizar mejor la energía. El objetivo de una

política de eficiencia energética es fomentar comportamientos, métodos de trabajo y técnicas de producción que consuman menos energía (SIIA, 2018). Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio, tenemos claro que entre las preocupaciones actuales está la eficiencia energética para reducir costos y tener responsabilidad ambiental.

Ahora debemos hablar del índice de consumo energético (ICE) que se define como la cantidad total de energía consumida por unidad de producto fabricado. Los ICE, son muy importantes porque permiten a las empresas tener un valor objetivo de cómo están realizando el consumo de electricidad. Cada empresa tiene un perfil de consumo diferente y diversas unidades de producción, por lo que es muy importante elegir un indicador que, efectivamente, represente la relación entre el consumo de energía y la cantidad de producto obtenido o servicio brindado (Guerrero, 2019).

El ICE ayuda a entender los patrones de consumo de la empresa, lo que es esencial antes de proponer cambios o medidas. Cuando el índice energético se desvía por encima de su valor promedio, o se encuentra por arriba de los valores de referencia establecidos para el tipo de proceso, puede haber oportunidades de mejoras en la eficiencia energética (Guerrero, 2019).

Algunas señales que se ven reflejadas en el ICE y que indican una operación deficiente en la planta son: mal funcionamiento, innecesario o deficiente del equipo, instrumentación y controles en mal estado, materiales de desperdicio regados por la instalación, etc. (Guerrero, 2019).

$$ICE = \frac{\textit{energía total consumida}}{\textit{índice de producción}}$$

A través de los diagramas de Mollier (Presión-entalpía) se determinará las propiedades termodinámicas más importantes del fluido en los procesos de cambio de estado por debajo del punto crítico, donde las curvas de saturación indican la predisposición del fluido para cambiar de estado, dependientes de la temperatura y la presión. La entalpía indica la cantidad de energía necesaria para el cambio de estado, la entropía indica la

irreversibilidad de dicha transformación, el volumen específico los procesos expansivos de la transformación y por último el título o fracción másica de gas nos indica la proporción de fluido que ha cambiado de estado.

Una aplicación para los diagramas de Mollier presión-entalpía es el circuito mecánico de refrigeración, el cual está basado en el ciclo inverso de Carnot para sistemas no ideales (Castro, 2018).

Coeficiente de rendimiento

El coeficiente de rendimiento (Coefficient of performance; COP), es una expresión de la eficiencia del ciclo y se define como la relación de calor absorbido en el espacio refrigerado a la energía térmica equivalente de la energía suministrada al compresor (CNEE, 2010).

$$COP = \frac{\text{Calor absorbido en el espacio refrigerado}}{\text{Energía térmica equivalente a la energía suministrada al compresor}}$$

La cámara frigorífica está formada por unos cerramientos, contruidos a medida o usando materiales prefabricados, que se caracterizan por tener una muy baja conductividad, evitando la transmisión de calor al interior. El espesor adecuado del aislante depende de factores como la diferencia de temperaturas exterior e interior, o el máximo flujo de calor permitido. Cada vez es más mayoritario el uso de sistemas de paneles prefabricados para las cámaras, por su facilidad de uso e instalación y por cumplir con los mejores estándares de calidad y contar con elementos que mejoran el rendimiento y la eficiencia energética, como, por ejemplo, adecuadas barreras anti vapor. Estas barreras evitan la aparición de condensaciones en el aislamiento.

El tamaño y potencia de las máquinas de producción de frío debe de ser acorde a las necesidades reales de la cámara y además es importante que la relación de compresión (relación entre las presiones de condensación y evaporación) sea lo más baja posible. Se deben usar ventiladores de alta eficiencia, con velocidad variable, y optar por sistemas de refrigerante de alta

eficiencia. Además, es imprescindible un protocolo de mantenimiento preventivo adecuado (Naturgy, 2018).

Los componentes que conforman una cámara frigorífica son el evaporador, el compresor, el condensador y la válvula de expansión. Así mismo el gas refrigerante pasa por los estados líquido y gaseoso a través del circuito de refrigeración.

Mientras que en el ciclo de Carnot es importante conocer cuál es el ciclo termodinámico que producen las cámaras frigoríficas, con ello determinamos su eficiencia.

Para conseguir la máxima eficiencia en una máquina térmica se debe tomar el calor de un foco caliente, cuya temperatura es como máximo (T_c) y verter el calor de desecho en el foco frío, situado como mínimo a una temperatura (T_f).

Para que el ciclo sea óptimo, todo el calor absorbido debería tomarse a la temperatura máxima, y todo el calor de desecho, cederse a la temperatura mínima. Por ello, el ciclo debe incluir dos procesos isotermos, uno de absorción de calor a T_c y uno de cesión a T_f .

Para conectar esas dos isotermas, debemos incluir procesos que no supongan un intercambio de calor con el exterior. La forma más sencilla de conseguir esto es mediante dos procesos adiabáticos reversibles, sin embargo, no es la única forma, el motor de Stirling utiliza otro método, la recirculación. Por tanto, una máquina térmica debe constar de cuatro pasos: absorción de calor, enfriamiento adiabático, cesión de calor y calentamiento adiabático (Universidad de Sevilla, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, pues a partir de las prescripciones, normas y procedimientos propuestos por la investigación científica se busca conseguir propósitos prácticos a través del proceso productivo, instrumentos y equipos de refrigeración.

Diseño de investigación

El diseño de este estudio es no experimental, ya que consiste en observar e identificar las características de la variable dependiente para a partir de ella proponer las características de la variable independiente.

Esta investigación es cuantitativa de carácter descriptiva – propositiva, pues pretende realizar una descripción y explicación del estado actual del área de refrigeración con el fin de proponer condiciones que permitan mejorar su eficiencia.

3.2. Variables y Operacionalización

Cuadro de Operacionalización de variables

Variable independiente:

- Sistema de gestión energética

Variable dependiente:

- Eficiencia Energética

3.3. Población y muestra

Población

La población para la presente investigación está conformada por las distintas áreas de refrigeración de productos lácteos pertenecientes a empresa Gloria S.A planta Cajamarca.

Muestra

La muestra se dispuso a partir de un muestreo no probabilístico intencionado o por conveniencia; donde se consideró como muestra a investigar el área de refrigeración de la planta Gloria S.A, Cajamarca.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Fuente primaria

- Observación directa

Mediante esta técnica se realizó un diagnóstico del área de refrigeración de productos lácteos, se empleó a fin de obtener información *in situ* las características de los equipos y las instalaciones electromecánicas.

- La entrevista

Para completar información que no se puede recopilar a través de observación directa se empleó entrevistas aplicadas a los responsables de la planta Gloria S.A, Cajamarca para conocer a mayor detalle información relacionada con las características de funcionamiento de la planta.

Fuentes secundarias

- Análisis documental y revisión bibliográfica

Se tuvo en cuenta la información especializada en relación a la materia de investigación, la misma que se plasma en las bases teóricas de la presente. Así mismo se accedió a documentos relacionados con el consumo energético del área de refrigeración de productos lácteos de la planta de producción de la empresa Gloria S.A, Cajamarca.

Se solicitó a la jefatura responsable los planos de distribución de equipos e instalaciones eléctricas, manuales de operación, recibos de energía eléctrica y finalmente los cuadros estadísticos de producción.

3.5. Instrumentos de recolección de datos

Para los estudios que se realizaron en los distintos componentes consumidores de energía térmica y energía eléctrica en el área de refrigeración, se empleó los siguientes instrumentos: (Anexo 2).

- Guía de observación:

Se empleó una guía de observación para realizar un estudio y diagnóstico energético en el área de refrigeración de productos lácteos, donde se tuvo que realizar un levantamiento de información y recopilación de datos técnicos que nos permitió reconocer de forma general a los equipos e instalaciones electromecánicas presentes en el proceso de refrigeración

- Guía de entrevista

Se aplicó a fin de recolectar la información necesaria para realizar una evaluación sobre las características, funcionamiento y operación actual de los equipos electromecánicos que conforman el área de refrigeración de productos lácteos de la empresa Gloria S.A, Cajamarca.

3.6. Procedimientos

- Mediante el uso adecuado de la guía de observación se llegó a determinar los parámetros de temperaturas y presiones de operación en los sistemas de refrigeración, así mismo las características relevantes como el aislamiento, materiales de infraestructura y condiciones generales de diseño en las instalaciones frigoríficas.
- Por medio de la entrevista se recopiló datos importantes como la capacidad de almacenamiento, los productos fabricados, horas de operación, número de trabajadores, operación de las cámaras frigoríficas y el proceso productivo que se desarrolla dentro de los ambientes.
- Se esquematizó los gráficos de Presión – Entalpia mediante el software CoolSelector2, a fin de obtener los indicadores energéticos como son el índice (EER) y coeficiente (COP) de la eficiencia en las unidades de refrigeración.

3.7. Método de análisis de datos

El manejo de información se realizó por medio de cuadros estadísticos y esquematizaciones que se contrastaron a través de los siguientes métodos de análisis de datos propuestos.

- **Revisión y consistencia de la información:**
En este paso se validó la información obtenida, depurando o realizando una nueva verificación en caso de inconsistencias.
- **Codificación de datos:**
Se organizó, agrupó y clasificó la información, convirtiendo datos textuales en numéricos, de tal modo que permitan su cálculo y análisis.
- **Tratamiento estadístico:**
Mediante el software CoolSetector2, Bitzer V6.15.0 rev2454 de refrigeración y Microsoft Excel, se procesó la información convirtiéndola en figuras que permitan evaluar y discutir los resultados obtenidos.

3.8. Aspectos éticos

Se consideró aspectos relevantes como la confidencialidad en la información obtenida y usada exclusivamente para la presente investigación, dando un énfasis en la autenticidad y veracidad de los resultados obtenidos. Así mismo

se tuvo aspectos éticos en la búsqueda de información como son los derechos de autor, referencias bibliográficas y citas según la norma ISO 690:2010(E).

IV. RESULTADOS

4.1. Realizar un diagnóstico energético en el proceso de refrigeración de productos lácteos, determinando su eficiencia actual

La empresa Leche Gloria S.A, inició sus operaciones en la región Cajamarca el año 1999, constituyendo una producción con la marca Bonlé y el amplio acopio de leche fresca en las provincias de la ciudad. Actualmente la empresa es líder en la división alimentos a nivel regional y nacional, teniendo como misión elaborar productos lácteos de calidad y mantener un liderazgo en los mercados peruanos e internacionales.

La planta industrial se ubica en el distrito de Baños del Inca, carretera a Tartar Grande Km 0.2 Provincia de Cajamarca, con una extensión de 2 ha y teniendo como principales actividades productivas la elaboración de quesos semiduros, duros, blandos, frescos y manjar blanco de la marca Bonlé.

Descripción de la planta de producción

Para realizar un diagnóstico energético en el proceso de refrigeración de productos lácteos de la empresa Gloria S.A planta Cajamarca, inicialmente fue necesario reconocer las instalaciones frigoríficas, asociando los distintos equipos y componentes en funcionamiento de conservación, aplicando como técnicas de recolección de datos la encuesta a los colaboradores y la guía de observación directa en los ambientes refrigerados. El área de trabajo total tiene una dimensión de 3395 m², donde se dividen los procesos de producción en derivados lácteos principalmente en la elaboración de quesos en su variedad, el cual la distribución de cámaras se basa en el proceso de su elaboración como se verifica en la Figura 1.

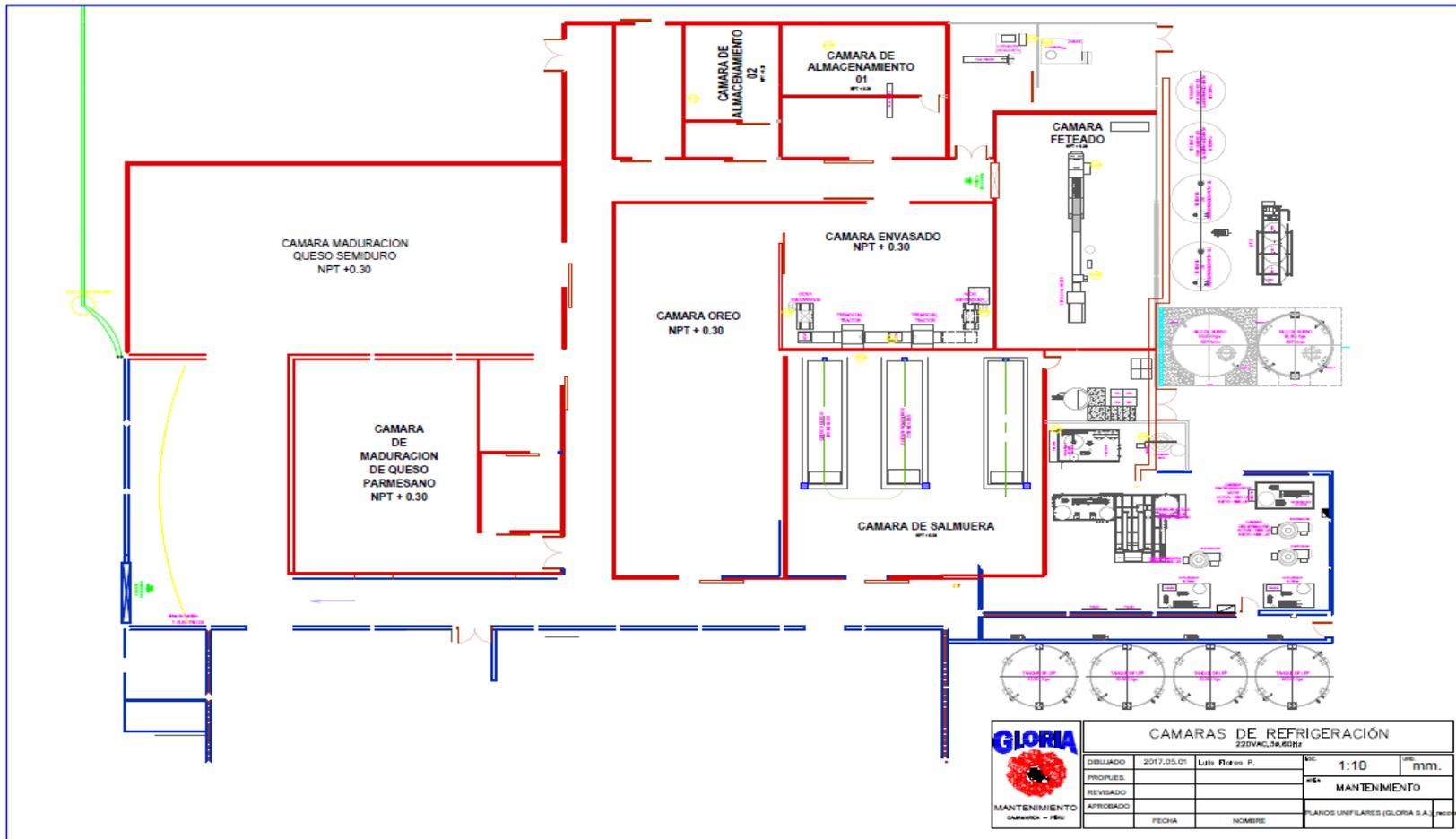


Figura 1. Plano de ubicación y distribución de las cámaras de refrigeración

Fuente: Revisión documentaría.

Proceso productivo en la nave de elaboración de quesos Gloria

Parte del proceso productivo se desarrolla dentro de las cámaras frigoríficas (n=8) a fin de asegurar las condiciones de seguridad e inocuidad de los productos, estos procesos son de salado donde el producto es sumergido en soluciones salinas, oreo donde se elimina el exceso de agua en los quesos elaborados, maduración donde el producto adquiere las características de acuerdo a su tipo, envasado en esta etapa el producto toma la forma final y es colocado en su envase respectivo, finalmente es trasladado a las cámaras de almacenamiento para su posterior despacho

La planta de producción desarrolla una serie de procesos productivos a fin de elaborar quesos en distinta variedad que posteriormente serán comercializados, es así que cada proceso se desarrolla en una cámara particular hasta llegar a la etapa de almacenamiento, estas etapas cuentan con determinados tiempos, actividades, maquinarias y personal que participa en ella.

Mediante el uso de las técnicas de recolección de datos se realizó un levantamiento de información importante, dicha técnica fue el uso de la guía de observación en los ambientes refrigerados, en lo cual se pudo determinar la descripción del proceso productivo, orden de las cámaras, los equipos y herramientas empleados para las actividades programadas y la cantidad de personal involucrada en los trabajos.

En la Tabla 1 se precisa las condiciones específicas de los procesos productivos y el uso de las cámaras frigoríficas las cuales se han colocado a detalle.

Tabla 1. Procesos productivos y cámaras frigoríficas de proceso

Proceso productivos	Descripción del proceso	Cámaras involucradas	Equipos y/o herramientas empleados	N°de trabajadores
Proceso de salado	Inmersión de los quesos en piscinas de agua helada con sales diluidas, dichos productos lácteos permanecen en inmersión en periodos de 8 horas hasta los 9 días, dependiendo el tipo de queso	Cámara de salmuera	Los equipos empleados en esta actividad es un sistema de recirculación de agua por bombeo y un teclé eléctrico para movilizar los pallets inoxidables a la cámara de Oreo	2
Proceso de Oreo	Los productos permanecen en promedio de 1 a 2 días a fin de eliminar el exceso de humedad	Cámara de oreo	Carretillas hidráulicas para movilizar los productos en pallets.	1
Proceso de maduración	En este proceso los quesos permanecen 22 días almacenados a diferencia del queso Parmesano que cumplen un periodo de maduración de hasta 1 año	Cámaras de maduración	Carretillas hidráulicas para movilizar los productos en pallets	1
Proceso de envasado	Las actividades de envasado se realizan con la operación de maquinaria para dar el tipo de presentación a los quesos y el embolsado al vacío como producto terminado	Cámara de feteado y envasado	Para éste proceso se emplea 02 embolsadoras al vacío de la marca Multivac, una máquina de termocontracción de envases y una balanza de plataforma para el pesado y etiquetado de productos	12
Proceso de almacenamiento	Obtenido el producto terminado se trasladada a las cámaras de almacenamiento - despacho	Cámaras de almacenamiento	Carretillas hidráulicas y un montacargas electrónico de 2 toneladas para movilizar los productos en pallets	2

Fuente: Guías de observación aplicada.

Como se mencionó, la planta de producción cuenta con 8 cámaras frigoríficas mostradas en la Tabla 2, las mismas que presentan las siguientes características:

Tabla 2. Características de las cámaras frigoríficas

Cámara Frigorífica	Dimensiones LxAxA (m)	Capacidad de almacenamiento promedio (TM)	Material del que está construido	Temperatura de trabajo
Cámara de Salmuera	12.93 x 7.06 x 5	20	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	9 – 12 °C
Oreo	21.98 x 8.04 x 5	30	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	6 – 10 °C
Envasado	10.36 x 8.65 x 5	5	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	4 – 8 °C
Feteado	13.95 x 7.8 x 5	5	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	4 – 8 °C
Maduración	21.36 x 11 x 5	40	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	8 – 12 °C
Maduración de Parmesano	21.02 x 12.6 x 5	60	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	10 – 14 °C
Almacenamiento 01	8.06 x 7.8 x 5	10	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	8 – 12 °C
Almacenamiento 02	7.8 x 4.64 x 5	5	Poliuretano expandido de 10 cm de espesor	8 – 12 °C

Fuente: Guías de observación aplicadas.

Se realizó la encuesta a los supervisores y operarios de la planta Gloria S.A, Cajamarca con la finalidad de obtener información acerca de la permanencia de los productos en cada cámara, la cual se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Permanencia de productos en las cámaras

Producto	DESCRIPCIÓN	Salmuera (tiempo)	Oreo (días)	Envasado (h)	Feteado (h)	Maduración de quesos (días)	Maduración de Parmesano (años)	Almac (días)
Quesos Semiduros	Queso Edam Formato: barras Pesos entre 1 y 2 kg	8 días	2	4	8	22	-	2
	Queso Gouda	8 días	2	4	8	22	-	2
	Queso Paria	9 días	2	4	8	22	-	2
Quesos Blandos.	Queso Mozarella Formato: barras Pesos 1 y 2 kg Formato: Tipo bola de 200 g	8 horas	1	4	-	18	-	2
	Queso Análogo	8 horas	1	4	-	18	-	2
Queso Fundido	Queso Untable Presentación: tipo crema, sachets de 80 g	-	-	-	-	-	-	2

	Queso Cheddar	Presentación : 8 tajadas y empaque de 136 g	-	-	-	-	-	-	2
Quesos Duros.	Queso Parmesano	Presentación: circular de 5 kg	9 días	2	4	-	-	1	2
	Queso Ricotta	Presentación: circular de 4 kg	-	2	4	•	22	•	2
Queso Fresco.						•		•	
	MANTEQUILLA	Presentación: cuadrados de 200 g	-	-	-	-	-	-	2
	MANJAR BLANCO	Presentación: potes de 250 g y sachets de 200 g a 1 kg	-	-	-	-	-	-	2

Fuente: Guías de entrevista aplicada a los supervisores y personal operario

La temperatura y humedad relativa (HR) configurada en cada cámaras de refrigeración están establecidas según el proceso de producción y se encuentran en un rango de 8 a 14 °C y 80 a 90 % de HR, como se muestra en la Tabla 4 de parámetros para temperatura y HR en las 8 cámaras.

Tabla 4. *Temperatura y humedad relativa de las cámaras de Refrigeración*

Cámara	Mínimo	Máximo	Humedad Relativa
Salmuera	8°C	12°C	90%
Oreo	6°C	10°C	80%
Envasado	4°C	8°C	80%
Feteado	4°C	8°C	80%
Maduración	8°C	12°C	80%
Maduración de Parmesano	10°C	14°C	90%
Almacenamiento	8 °C	12 °C	80%

Fuente: Guía de observación aplicada.

Especificaciones de los componentes frigoríficos mediante un análisis del consumo de energía eléctrica nominal y medida.

A continuación, se muestra una descripción de los parámetros de consumo de corriente eléctrica, en lo cual se usó la guía de observación directa, relacionando las lecturas de valores medidos a plena carga con respecto a los valores de placa según cada compresor y motor eléctrico, lo cual puede ser verificado en la Tabla 5 y 6.

Tabla 5. Potencia y corriente nominal en las unidades de refrigeración

Cámara	Unidad	Componentes	Potencia Nominal (W)	Amperaje Nominal (A)	Fase (~)	Voltaje Nominal (VAC)
Salmuera	Condensador Danfoss Modelo: OP-HGM100D20 Q	Compresor Danfoss Modelo: MT100HS3DVE	13108	43	3	220
		02 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	744	4.6	2	
Oreo	Evaporador	04 Ventiladores	1360	9.6	2	
	condensador 01 LARKIN Modelo: T04C 00931	Compresor Copeland Modelo: 2DD3-050E-TFC-200	6097	20	3	220
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	372	2.3	2	
	Evaporador 01	04 Ventiladores	1360	9.6	2	
condensador 02	Compresor Gelpha Modelo: 10GR39.3X	12438	40.8	3	220	
Envasado		03 ventiladores Marca: Gelpha	1116	6.9	2	
	Evaporador 02	04 Ventiladores	1360	9.6	2	
	condensador 01 Danfoss Modelo: HCM064B31Q	Compresor Danfoss Modelo: MT64HM3DVE	8840	29	3	220
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	372	1.7	2	
	Evaporador 01	04 Ventiladores	1360	9.6	2	
	condensador 02	Compresor Gelpha Modelo: 5LR23.2X	5853	19.2	3	220
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	372	1.7	2	
Evaporador 02	04 Ventiladores	1360	9.6	2		

Feteado	condensador 01 Danfoss	Compresor Danfoss	5182	17	3	220
	Modelo: HCM036B20Q	Modelo: MT36JG3FVE				
	Evaporador 01	01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	372	2.3	2	
	condensador 02 Danfoss	04 Ventiladores	1360	9.6	2	
	Modelo: HCM036B20Q	Compresor Danfoss	5182	17	3	220
	Modelo: HCM036B20Q	Modelo: MT36JG3FVE				
Almacena-miento	Evaporador 02	01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	372	1.7	2	
	condensador 01 Danfoss	04 Ventiladores	1360	9.6	2	
	Modelo: HJM036D32Q	Compresor Danfoss	5182	17	3	220
	Evaporador 01	Modelo: MT36JG3FVE				
	condensador 02	01 ventilador Motor Gentq Modelo: F48X09D36	372	3.6	2	
	Modelo: HJM036D32Q	03 Ventiladores	765	5.4	2	
Parmesano	Evaporador 02	Compresor Modelo: TAG5561E	5182	17	3	220
	condensador 01	01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	372	1.7	2	
	Evaporador 01	03 Ventiladores	765	5.4	2	
	condensador 02	Compresor Copeland	5182	17	3	220
	Modelo: HJM036D32Q	Modelo: CRJ3-0300-TF5-270				
	Evaporador 02	01 ventilador Modelo: K55HXPZZ-7698	372	3.5	2	
Maduración	Evaporador 01	02 Ventiladores	340	2.4	2	
	condensador Bitzer	Compresor Bitzer	16766	55	3	220
	Modelo: OP-HGM100D20Q	Modelo: 4TCS-12.2				
	Evaporador 02	02 ventiladores Motor Sellparts Modelo: FS/4-450 EM	372	2.34	2	
	condensador Bitzer	04 Ventiladores	1360	9.6	2	
	Modelo: OP-HGM100D20Q	Compresor Modelo: CRNQ-0500-TF5-556	7316	24	3	220
	01 ventilador Modelo: K55HXPZZ-7698	372	3.5	2		

Fuente: Guía de observación aplicada.

Tabla 6. Potencia y corriente medida en las unidades de refrigeración

Cámara	Unidad	Componentes	Potencia (W)	Amperaje (A)	Fase (~)	Voltaje (VAC)
Salmuera	condensador Danfoss Modelo: OP-HGM100D20Q	Compresor Danfoss Modelo: MT100HS3DVE	12383	40.9	3	218.5
		02 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	717	2.9	2	
	Evaporador	04 Ventiladores	1138	4.6	2	
		condensador 01 LARKIN Modelo: T04C 00931	Compresor Copeland Modelo: 2DD3-050E-TFC-200	5803	19.2	3
01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373			272	1.1	2	
Evaporador		04 Ventiladores	963	3.9	2	
Oreo		condensador 02	Compresor Gelpha Modelo: 10GR39.3X	11732	38.8	3
	03 ventiladores Marca: Gelpha		1185	4.8	2	
	Evaporador	04 Ventiladores	1629	6.6	2	
Envasado	condensador 01 Danfoss Modelo: HCM064B31Q	Compresor Danfoss Modelo: MT64HM3DVE	8522	28.3	3	217.3
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	369	1.5	2	
	Evaporador	04 Ventiladores	1007.9	4.1	2	
	condensador 02 (Sin funcionamiento)	Compresor Gelpha Modelo: 5LR23.2X	-	-	3	-
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	-	-	2	

Feteado	Evaporador condensador 01 Danfoss Modelo: HCM036B20Q	04 Ventiladores Compresor Danfoss Modelo: MT36JG3FVE	4880	-	2 3	217.4
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	296	1.2	2	
	Evaporador condensador 02 Danfoss Modelo: HCM036B20Q	04 Ventiladores Compresor Danfoss Modelo: MT36JG3FVE	1058	4.3	2 3	217.1
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	320	1.3	2	
	Evaporador condensador 01 Danfoss Modelo: HJM036D32Q	04 Ventiladores Compresor Danfoss Modelo: MT36JG3FVE	1204	4.9	2 3	219.4
		01 ventilador Motor Gentq Modelo: F48X09D36	497	2.0	2	
Almacena-miento	Evaporador condensador 01	03 Ventiladores Compresor Copeland Modelo: CRJ3-0300-TF5-270	770	3.1	2 3	218.6
	condensador 02	Compresor Modelo: TAG5561E	4919	16.2 A	3	219.1
		01 ventiladores Motor Weg Modelo: 191u1373	272.6	1.1 A	2	
	Evaporador condensador 02	01 ventilador Modelo: K55HXPZZ-7698	370.9	1.5	2	
Parmesano		02 Ventiladores Compresor Modelo: CRNQ-0500-TF5-556	371	1.5	2 3	219.4
		01 ventilador Modelo: K55HXPZZ-7698	298	1.2	2	

Maduración	Evaporador	02 Ventiladores	373	1.5	2	
	Condensador Bitzer	Compresor Bitzer	15855	51.8	3	220.9
	Modelo: OP-HGM100D20Q	Modelo: 4TCS-12.2				
		02 ventiladores	549.8	2.2	2	
	Evaporador	Motor Sellparts				
		Modelo: FS/4-450 EM				
		04 Ventiladores	1174.6	4.7	2	

Fuente: Guía de observación aplicada.

Diferencia de corrientes nominal y medida a plena carga

A continuación, se muestra los resultados obtenidos tras las mediciones realizadas *in situ* como se muestra en la Figura 18, para lo cual se empleó como instrumento de medición una pinza amperimétrica de la marca Fluke modelo 376, la cual cuenta con una calibración realizada por un ingeniero de la especialidad.

En la Figura 2 se observa el diferencial de corrientes medidas y nominales, considerando una variación dentro de un rango menor a 10 amperios, dando un índice de valores óptimos con respecto a la placa de datos con el 70% a 80% del valor del RLA.

Tabla 7. *Corrientes nominal y medida*

Cámara	Corriente nominal (A)	Corriente medida (A)
Salmuera	57.2	48.4
Oreo	89.2	74.4
Envasado	40.3	33.9
Feteado	57.8	43.8
Almacenamiento	50.1	41.9
Parmesano	52.8	44.6
Maduración	66.94	58.7

Fuente: Guía de observación aplicada.

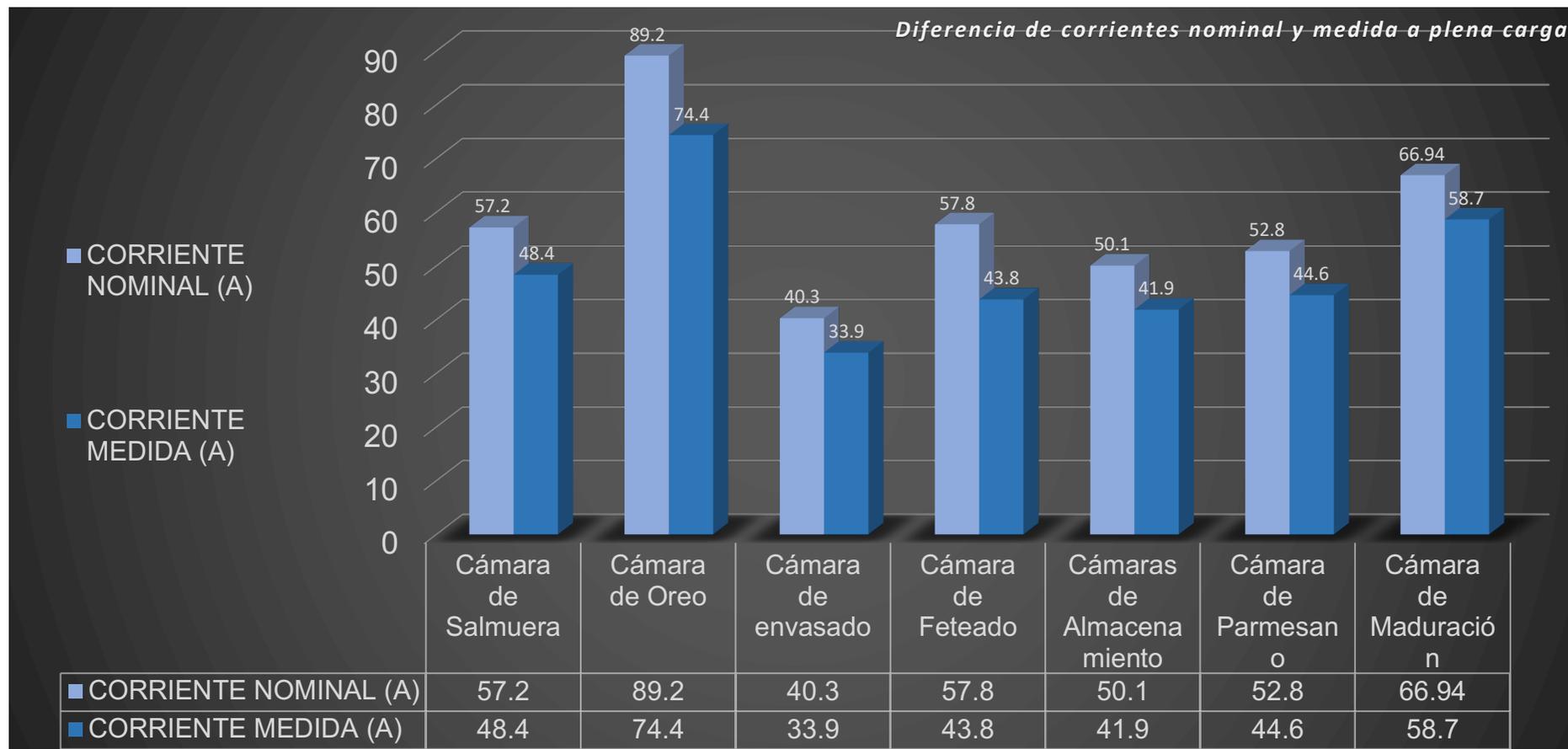


Figura 2. Diferencia de corrientes nominal y medida a plena carga en cámaras frigoríficas

Fuente: Fuente: Guía de observación aplicada

Cálculo del coeficiente de eficiencia energética (COP) en las cámaras frigoríficas.

Para el correspondiente cálculo energético se detalló los parámetros de funcionamiento en los sistemas de refrigeración, identificando los puntos de medida en los equipos a fin de obtener los datos reales a plena carga, necesarios para determinar el COP, según se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. *Parámetros de sistemas de refrigeración*

Ubicación del punto a medir	Estado del refrigerante	Instrumento de medición	Medición	Fluido
Succión del compresor	Vapor recalentado	Manómetro	Pascal	Refrigerante R 22
Descarga del compresor	Gas recalentado	Manómetro	Pascal	Refrigerante R 22
Salida del evaporador	Vapor recalentado	Termómetro	°C	Refrigerante R 22
Salida del condensador	Líquido subenfriado	Termómetro	°C	Refrigerante R 22
Antes válvula de expansión.	Líquido subenfriado	Termómetro	°C	Refrigerante R 22
Ambiente	-	Termómetro	°C	Aire

Fuente: Guía de observación aplicada

Tabla 9. Datos medidos en la cámara de Salmuera

Ubicación del punto a medir	Unidades
Succión del compresor (P. Baja)	280 kPa (2.8 Bar)
Descarga del compresor (P. Alta)	1700 kPa (17 Bar)
Salida del evaporador	-2.6°C
Salida del condensador	35.5 °C
Antes válvula de expansión.	4 °C
Temperatura del ambiente	28 °C

Fuente: Guía de observación aplicada.

Según los datos obtenidos en la cámara de Oreo (Tabla 9) a continuación, se representó el ciclo de refrigeración de dicha cámara frigorífica con parámetros reales en el diagrama de Mollier.

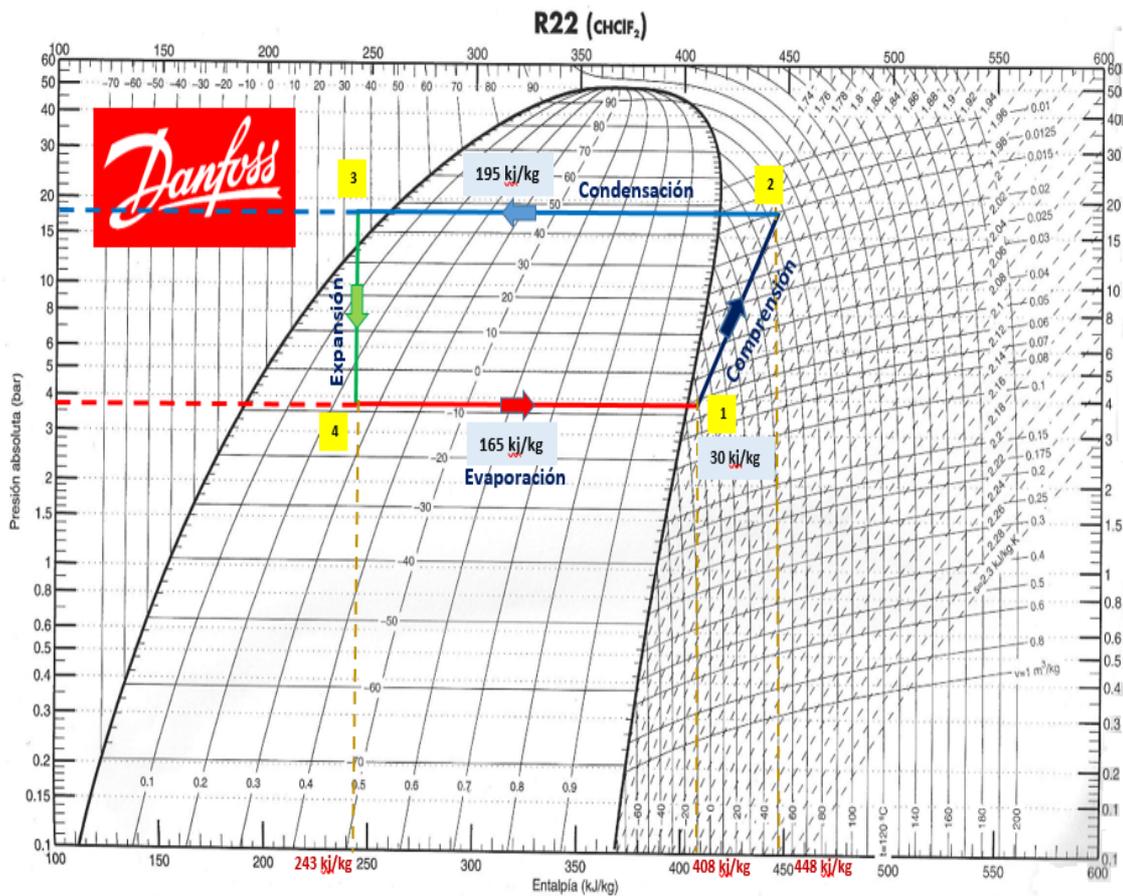


Figura 3. Diagrama de Mollier para la cámara de Salmuera

Fuente: Software Coolselector de Danfoss

Con la representación de los parámetros medidos a plena carga y a una temperatura ambiente de 28 °C, se obtuvo los valores de entalpías y las siguientes temperaturas del ciclo de refrigeración.

$$\textit{Temperatura de sub – enfriamiento} : 48 \text{ °C} - 35.5 \text{ °C} = 10.5 \text{ °C}$$

$$\textit{Temperatura de recalentamiento} : -2.6 \text{ °C} - -10 \text{ °C} = 7.4 \text{ °C}$$

Teniendo las entalpías calculadas según el diagrama de Mollier y para obtener el valor medido del COP, se emplea la siguiente fórmula.

$$\textit{COP real} = \frac{Q_2}{W} = \frac{\textit{Efecto frigorífico}}{\textit{Trabajo de compresión}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = 4.125$$

Con un valor calculado según forma, se comprobó que el valor de 4.125 es promedio de los valores obtenidos mediante el uso del Software Bitzer, según se muestra a continuación.

A través del software V6.15.0 rev2454 Bitzer de refrigeración, se ingresó los valores reales obtenidos en el proceso de medición y cálculo, logrando obtener el coeficiente de rendimiento (COP) con los datos de temperaturas reales y la potencia frigorífica del compresor.

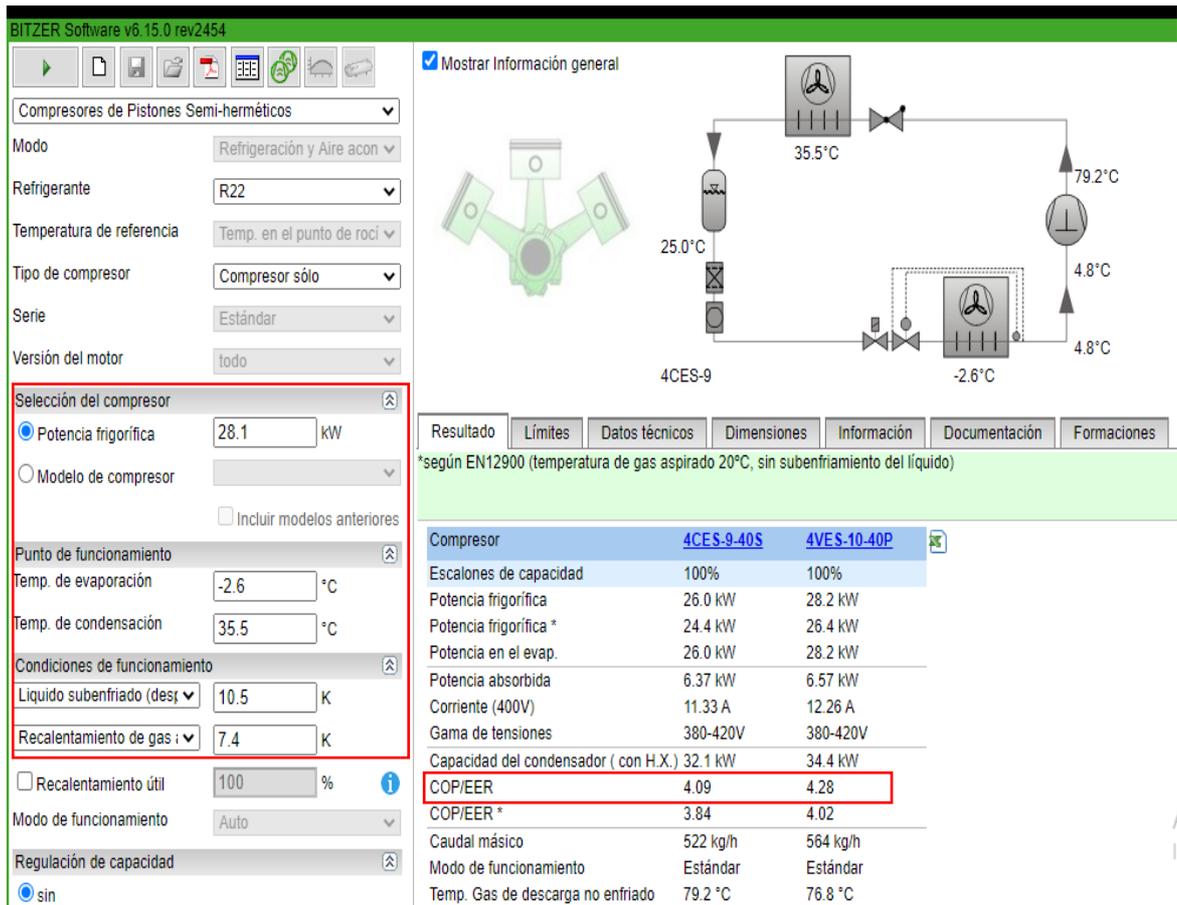


Figura 4. Determinación del COP/ERR mediante el software Bitzer

Fuente: Software Bitzer

Según los datos obtenidos en las 8 cámaras de refrigeración y en base al mismo procedimiento del cálculo anterior sobre el coeficiente de performance, se determinaron los COP para cada cámara, como se muestra en la Tabla 10, compara valores reales medidos y nominales.

Tabla 10. Rendimiento nominal y medido

EQUIPO		COP MEDIDO	COP NOMINAL
Cámara de Salmuera	Unidad		
	01	4.125	3.95
Cámara de Oreo	Unidad		
	01	3.68	3.72

	Unidad 02	3.54	3.59
Cámara de envasado	Unidad 01	3.74	3.52
	Unidad 01	3.8	3.73
Cámara de Feteado	Unidad 02	3.97	3.73
	Unidad 01	3.81	3.73
Cámaras de Almacenamiento	Unidad 02	2.75	2.9
	Unidad 01	3.3	3.73
Cámara de Parmesano	Unidad 02	3.68	3.76
	Unidad 01	3.83	3.95
Cámara de Maduración			

Fuente: Guía de observación aplicada.

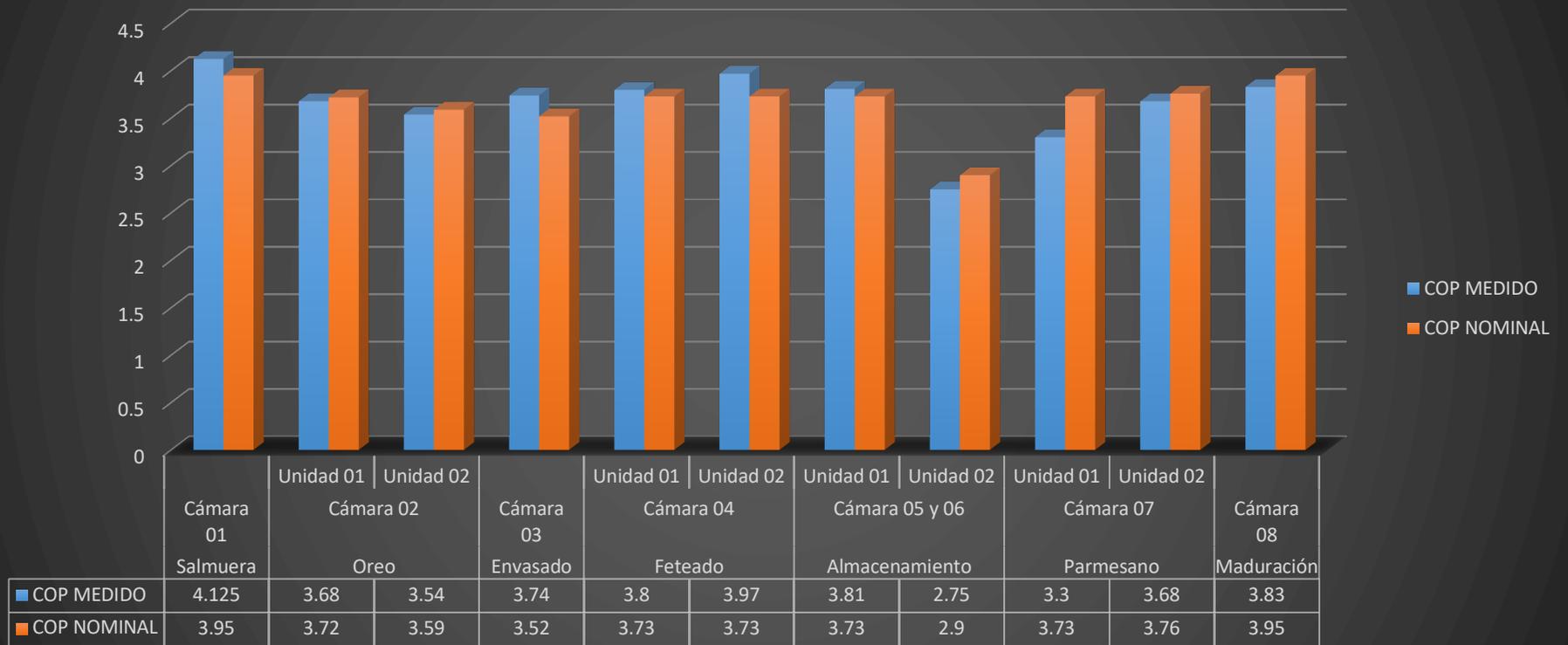


Figura 5. Diferencia del rendimiento nominal y medido a plena carga en cámaras

Fuente. Guía de observación aplicada

Mediante el uso adecuado de la guía de observación se llegó a determinar el estado actual de cada cámara frigorífica la cual se describe a detalle en la Tabla 11.

Tabla 11. *Diagnóstico del estado de operación de cada cámara frigorífica*

CÁMARAS	ESTADO ACTUAL	OBSERVACIONES
Salmuera	OPERATIVO	<p>En la verificación y levantamiento de información técnica en las unidades, se detectó un escarchamiento en el serpentín del evaporador y una humedad relativa de 70% considerada fuera de rango según los parámetros establecidos.</p> <p>Se obtuvo una lectura elevada en la presión de descarga del compresor, relacionando dicha desviación por suciedad en el condensador.</p>
Oreo	OPERATIVO	<p>En la inspección técnica se pudo detectar fallas de aislamiento en las tuberías de cobre, encontrando a la espuma elastomérica tipo superlon rota en zonas y tramos sin el aislante, además de tener algunos metros de tubería a la intemperie. (Ver figura N° 10).</p> <p>Se pudo verificar que la puerta de la cámara tiene dificultades para cerrar por un desgaste en los rodamientos del riel.</p>

Envasado	Unid. 01: OPERATIVO Unid. 02: INOPERATIVO	En la inspección técnica se pudo verificar que una de las unidades de refrigeración de la cámara se encuentra fuera de operación por fallas en el compresor, el cual se requiere la sustitución del componente frigorífico. Así mismo se detectó una mala operación de la cámara al usar agua caliente para la limpieza de jabas dentro del ambiente refrigerado.
Maduración	OPERATIVO	En la inspección se encontró la temperatura elevada con respecto al Set Point, esta falla se relacionó con la baja presión de gas en la unidad de refrigeración, la cual tiene una significativa fuga de refrigerante en la línea de descarga del compresor. Se verificó que la cámara presenta condensación en las paredes y techos.
Maduración de queso Parmesano	OPERATIVO	En esta cámara se pudo verificar un apilamiento de productos mayores a lo establecido, distorsionando la recirculación de aire en dicha cámara. Así mismo se detectó fallas de aislamiento de las tuberías de cobre donde se encontró a la espuma elastomérica rota en zonas.
Feteado	OPERATIVO	En la verificación de la cámara se detectó fallas en la hermeticidad de la cámara, ya que los jebes de la puerta presentan fisuras y rupturas en el contorno del marco, así mismo se detectó condensación en paredes y techo del ambiente.
Almacenamiento	OPERATIVO	En la inspección técnica se pudo verificar que uno de los ventiladores del difusor 01 se encuentra averiado y sin funcionamiento. Así mismo se pudo observar que la unidad condensadora presenta suciedad, lo cual no permite una eficiente transferencia de calor a través del aire forzado.

Fuente: Guía de observación aplicada.

4.2. Elaborar plan de actividades a realizar con la finalidad de mejorar las condiciones de operación de los diferentes equipos electromecánicos que integran el área de refrigeración de la empresa Gloria S.A.

En base al diagnóstico realizado se tiene en cuenta que las condiciones de operación y valores bajos en indicadores energéticos influyen considerablemente en la eficiencia de los sistemas frigoríficos.

A fin de mejorar las diferentes condiciones de funcionamiento en las cámaras frigoríficas del área de refrigeración de la empresa Gloria S.A. planta Cajamarca, se propuso el siguiente plan de actividades:

4.2.1. Mantenimiento correctivo en las puertas de las cámaras de refrigeración

La puerta de una cámara de refrigeración de la planta Gloria S.A, mostrada en la Figura 6, forma parte esencial en la estanqueidad y hermetización de una instalación frigorífica. Como entrada al ambiente forman parte activa en el uso de la cámara y su apertura tiene importante efecto para alcanzar la eficiencia energética óptima.



Figura 6. Puerta de cámara frigorífica

El tipo de empaques usado en las cámaras donde se realiza el presente estudio es el modelo 501 con dos alveolos y tensor frontal, según se muestra en la siguiente Figura 7.

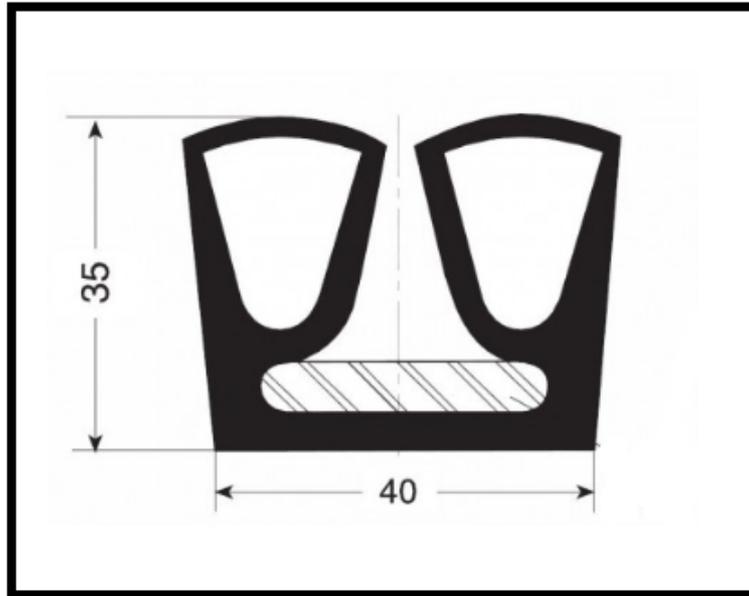


Figura 7. Perfil de empaque usado en cámaras frigoríficas

Fuente: Revisión documental

A través de las técnicas de recolección de datos como es la guía de observación directa se pudo determinar que existen fallas de hermeticidad y estanqueidad en las puertas del área de refrigeración de la empresa según se muestra en las observaciones de la Tabla 11, dando prioridad a una ejecución de trabajos correctivos para corregir dicha condición.

Las actividades para este trabajo consisten en lo siguiente:

- Cambio de empaques rotos y con presencia de fisuras en la puerta de la cámara de Feteado, garantizando la hermeticidad en todo el marco de la puerta.
- Cambio de rodamiento 6003 2RS del riel para puerta de la cámara de Oreó.
- Incluir en el programa de mantenimientos preventivos mensuales a todas las puertas de cámaras frigoríficas pro medio de la verificación de juntas, rodamientos u cualquier elemento que interfiera en el movimiento de la puerta y su hermetización.

4.2.2. Mantenimiento correctivo en aislamiento de tuberías por medio del uso de espuma elastomérica tipo superlon

El aislamiento térmico y protección de tuberías de cobre, codos y válvulas en los sistemas de refrigeración tiene considerable implicancia en el ahorro energético del sistema, dando condiciones de prevenir la condensación y humedad en las superficies, favoreciendo a la optimización del fluido de refrigerante.

En la Tabla 12 se muestra las características del material de los sistemas de refrigeración de la empresa Gloria S.A, Cajamarca.

Tabla 12. Características del aislante térmico en tuberías

Manguera flexible de espuma elastomérica	
Largo	Manguera de 2 m
Dimensión de Tuberías	3/8", 1/2"; 5/8"; 7/8" 3/4"; 1"; 1.1/8"; 1.3/8"; 1.5/8"; 2", 2.1/8", de diámetro exterior.
Temperatura de Trabajo	-40 a 100°C
Reacción al Fuego	B2 retardante de Llama auto extingible
Aplicaciones	Tuberías HVAC, PVC, HDPE Polietileno, PP Polipropileno. Agua Caliente, Agua fría, Aire Acondicionado, Ventilación, Cámaras de Conservación, Frigoríficos, etc.

Figura referencial



Fuente: Revisión documentaría.

Por medio de la guía de observación directa se pudo determinar que existen fallas aislamiento térmico en tramos de las tuberías de cobre en el sistema frigorífico de las cámaras de maduración de queso parmesano y oreo según se muestra en las observaciones de la Tabla 11, dando prioridad a una ejecución de trabajos correctivos para corregir dicha condición.

La actividad para este trabajo consiste en lo siguiente:

- Recubrimiento de tuberías de cobre con Poliuretano en zonas defectuosas o sin aislante, utilizando el material URECOL HC 27104-32 y ISOCIANATO MDI.
- Colocar mangas de espuma elastomérica tipo superlon en tuberías de cobre.

4.2.3. Ejecución del programa de limpieza las unidades condensadoras y evaporadoras de todas las cámaras de refrigeración.

Mantener limpio los serpentines en las unidades condensadoras y evaporadoras en un sistema de refrigeración, tiene mucha importancia ya que está relacionado directamente con su eficiencia energética y consumo de energía, según indica un estudio formal en 2006 ASHRAE, donde público un documento titulado “Estudio que comprueba que la limpieza de serpentines ahorra energía” y en donde la conclusión considera un horro del 10 al 15 % del consumo de energía eléctrica, así mismo mejorar la deshumidificación.

A fin de mejorar las condiciones en transferencia de calor, mejor flujo de aire, ausencia de corrosión, mejora del consumo de energía y bajar la temperatura en las descargas del compresor. Se considera importante los siguientes trabajos a ejecutar en las unidades del área de refrigeración de la empresa:

- Realizar una limpieza general de las unidades condensadoras y evaporadoras del área de refrigeración.

- Incluir en el programa de mantenimientos preventivos trimestral a todas las unidades condensadoras y evaporadoras presentes en el área de refrigeración.

4.2.4. Realizar una capacitación a los colaboradores involucrados en las actividades de almacenamiento y elaboración de quesos del área de refrigeración.

Para obtener la temperatura y circulación de aire deseada al interior de una cámara de refrigeración es necesario que el ambiente se mantenga con la hermeticidad de la puerta totalmente cerrada y cumpliendo con lo establecido en apilamiento de pallets. A tal fin se precisa necesario programar el uso correcto de las cámaras por medio de competencias, criterios y contenidos que permitan concientizar el uso y operación de una cámara de refrigeración.

Así mismo se considera que la capacidad de cada cámara debe ser usada de acuerdo a los parámetros dimensionados en su fabricación.

Los parámetros a considerar en el almacenamiento de productos, está relacionado con lo siguiente:

- Volumen bruto de la cámara (TM)
- Volumen útil (TM)
- Capacidad de almacenamiento en toneladas
- Coeficiente de ocupación:

$$\text{Coeficiente de ocupación} = \frac{\text{Volumen ocupado}}{\text{Volumen útil}}$$

- Densidad de almacenamiento (Kg/m²) → f(altura) → La carga sobre el suelo.
- Distancia entre pallets – movilidad en la cámara y flujo de aire.

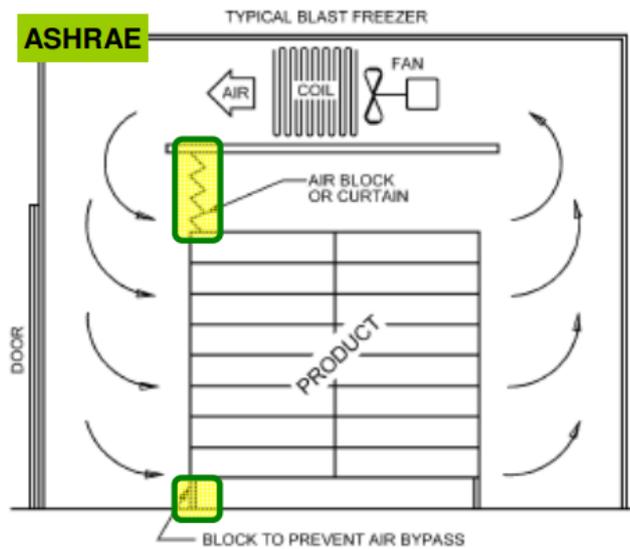


Figura 8. Esquema de apilamiento de productos

Fuente: Revisión documental

A fin de mejorar las condiciones en el uso de las cámaras se implementó un plan de capacitación a los colaboradores como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Cuadro de capacitación a colaboradores en cámaras de refrigeración

CAPACITACIÓN EN OPERACIÓN DE CÁMARAS FRIGORIFICAS		
Nombre:	OPERACIONES EN CÁMARAS DE FRÍO	
N° de horas asociadas la capacitación:	8 horas	
Puesto de trabajo:	Operador de cámaras frigoríficas	
Competencias:	Realizar operaciones de almacenaje, envasado y feteado en cámaras de frigoríficas según programa de trabajo, normas de higiene y seguridad.	
OPERACIÓN	CRITERIOS	CONTENIDO
1. Almacenaje de productos a capacidad nominal y manteniendo el apilamiento de acorde a lo establecido.	1.1 Apilamiento de productos 1.2 Identificar los objetivos en el proceso de refrigeración de productos lácteos. 1.3 Conocer las capacidades de almacenamiento y elaboración de quesos en las cámaras, según el procedimiento. 1.4 Distinguir los parámetros ambientales a controlar en el almacenamiento de quesos según su presentación.	<ul style="list-style-type: none"> • Apilamiento de jabs dentro de la cámara frigorífica. • Almacenamiento de quesos sobre pallets, objetivos, ventajas en el uso y procedimientos más utilizados en el sector lácteo. • Protocolos, normas de higiene y bioseguridad usados en el sector lácteo como son BPM, HACCP, DIGESA, etc. • Técnicas de limpieza de cámaras de frío para almacenar quesos. • Rangos de temperaturas y Humedad relativa, ventilación, diferencias por el tipo de queso.

<p>2. Ejecutar labores de almacenaje en cámaras de frío.</p>	<p>2.1 Analizar la orden de trabajo de acuerdo al programa de almacenamiento.</p> <p>2.2 Verificación en la operatividad de los distintos componentes que integran la cámara frigorífica.</p> <p>2.3 Puesta en marcha del sistema generador de frío, según recomendaciones de fabricante y bajo condiciones de trabajo seguro.</p> <p>2.4 Registrar las temperaturas de almacenamiento de quesos según los procedimientos en cámaras de frío.</p> <p>2.5 Capacidad de almacenamiento nominal en cámaras de frío.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Instructivo en el desarrollo de las actividades de almacenamiento en cámaras y los parámetros a controlar como son la temperatura, humedad relativa y ventilación. • Monitoreo de operatividad de equipos e instrumento. • Técnicas de almacenamiento más utilizadas para la conservación de quesos. • Normas de higiene y seguridad aplicadas al almacenamiento en las cámaras de refrigeración. • Tipos y usos de EPP en cámara de frío: ropa térmica, Zapatos de seguridad, guantes, antiparras, protector facial, mascarillas doble filtro, etc. • Uso de los registros de almacenaje de quesos dentro de la cámara frigorífica.
---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Instalación de variadores de frecuencia iSpeed para reducir los picos de corriente en arranque y carga.

Teniendo en cuenta que el pico de arranque de un compresor se multiplica hasta por 7 veces de su corriente nominal, dicha corriente es reducida hasta en un 80% con un arranque suave o por variador de velocidad.

En los sistemas frigoríficos del área, los arranques en los compresores es un factor crítico por tener altos consumos de energía eléctrica, es aquí donde por medio de un arranque con variadores y en base a una configuración del componente, se cumple la condición de controlar los ciclos de encendido y apagado basados en un periodo de tiempo y disminuyendo considerablemente el consumo de corriente pico y manteniendo un suave control de presión en la línea de succión del compresor (Figura 9 y 10).

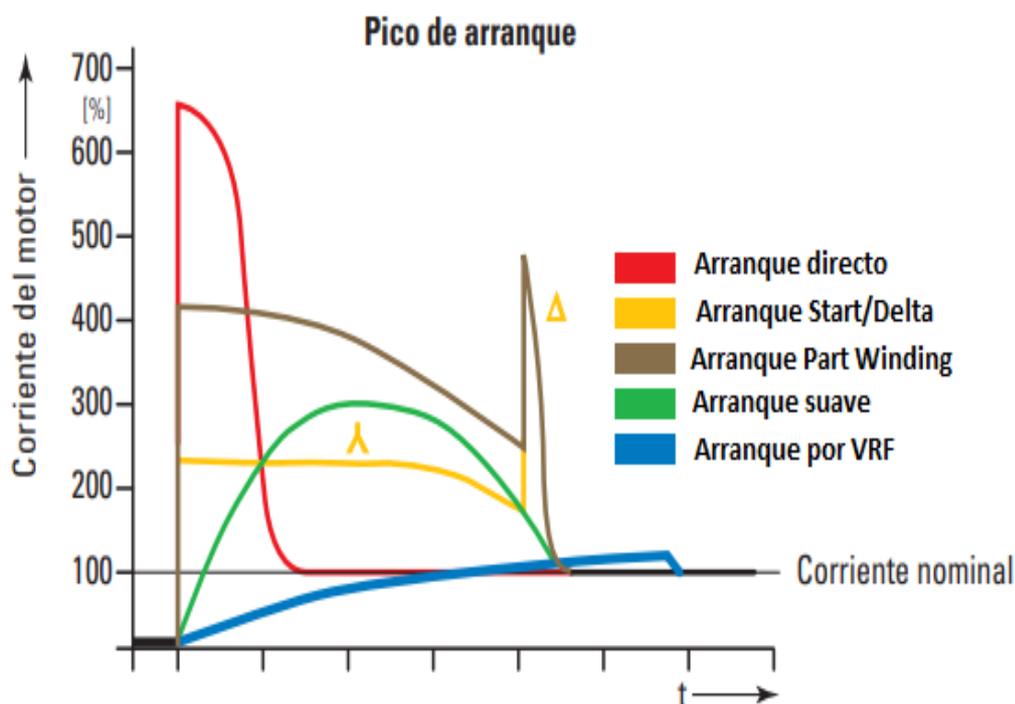


Figura 9. Picos de arranque

Fuente: Sporlan iSpeed

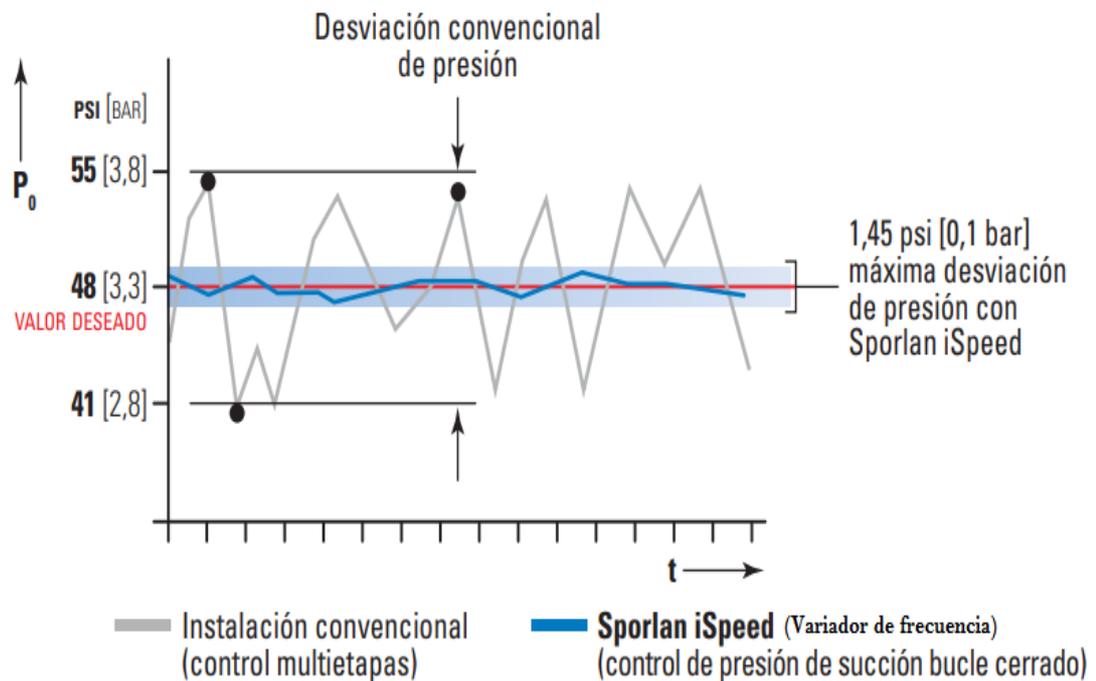


Figura 10. Fluctuación de presión en succión

Fuente: Sporlan iSpeed

En esta actividad se determinó un reemplazo del sistema de arranque directo, donde se venía usando contactores en el sistema de fuerza de cada tablero eléctrico, dicho sistema tenía valores en picos de corriente de hasta 286.3 A en el arranque.

Tomando como ejemplo los siguientes datos:

Valor real en corriente de arranque para la cámara de salmuera = 286.3 A

Valor teórico en corriente de arranque con VDF iSpeed = 55 A.

4.2.6. Elaboración del presupuesto

A partir de los precios comerciales en el mercado, se estableció el siguiente presupuesto como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Componentes utilizados en el plan de actividades

N°	Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
1	URECOL HC 27104-32 (Poliuretano)	220 kg	16.66	3665.20
2	ISOCIANATO MDI (Poliuretano)	250 kg	11.85	2962.50
3	Limpiador desincrustante	10 Und.	23.58	235.08
4	Manguera superlon	01 Caja	1948.2	1948.2
5	Variador iSP RCF 42T230E/14	03 Und.	1280	3840
6	Variador iSP RCF 16.5T230E/14	07 Und	820	5740
7	Variador iSP RCF 54T230E/14	01 Und.	3550	3550
SUBTOTAL EN NUEVOS SOLES				21,940.98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Costos por mano de obra

Días	Tiempo	Personal	Costo diario (S/.)	Costo Total (S/.)
4	8 horas al día	Encargado	120	480
4	8 horas al día	Ayudante 01	90	360
4	8 horas al día	Ayudante 02	90	360
4	8 horas al día	Ayudante 03	90	360
4	8 horas al día	Ayudante 04	90	360
SUBTOTAL EN NUEVOS SOLES				1,920.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Presupuesto total

Descripción	Costo Total (S/.)
Componentes utilizados en el plan de actividades	21,940.98
Costos por mano de obra	1,920.00
Imprevistos al 2%	477.21
SUBTOTAL EN NUEVOS SOLES	24,338.19

Fuente: Elaboración propia.

Para la presente investigación se requiere un presupuesto total de S/. **24,338.19** soles.

En base al cronograma de ejecución de trabajos en el plan de actividades se determinó que las actividades se realizaran en un periodo de cuatro meses, según se muestra en el siguiente cronograma:

- a. Mantenimiento correctivo en las puertas de las cámaras de refrigeración
- b. Mantenimiento correctivo en aislamiento de tuberías por medio del uso de espuma elastomérica tipo superlon.
- c. Ejecución del programa de limpieza las unidades condensadoras y evaporadoras de todas las cámaras de refrigeración.
- d. Realizar una capacitación a los colaboradores involucrados en las actividades de almacenamiento y elaboración de quesos del área de refrigeración.
- e. Instalación de variadores de frecuencia iSpeed para reducir los picos de corriente en arranque y carga.

Dichas actividades deben ser realizadas con el responsable y personal de apoyo para ejecutar los trabajos de mantenimiento.

4.2.7. Cronograma de ejecución del plan de actividades

Item	Actividades	Responsable	Mes			
			1	2	3	4
1	Mantenimiento correctivo en las puertas de las cámaras de refrigeración.	Responsable / 01 Ayudante	X			
2	Mantenimiento correctivo en aislamiento de tuberías por medio del uso de espuma elastomérica tipo superlon.	Responsable / 01 Ayudante		X		
3	Ejecución del programa de limpieza las unidades condensadoras y evaporadoras de todas las cámaras de refrigeración.	Responsable / 01 Ayudante			X	
4	Realizar una capacitación a los colaboradores involucrados en las actividades de almacenamiento y elaboración de quesos del área de refrigeración.	Responsable / 01 Ayudante				X
5	Instalación de variadores de frecuencia iSpeed para reducir los picos de corriente en arranque y carga.	Responsable / 01 Ayudante				X

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Determinar la eficiencia teórica en el área de refrigeración, según el plan de actividades de gestión energética.

Para determinar la eficiencia teórica en el área de refrigeración de la empresa, se representó el ciclo ideal en el diagrama de Mollier con las presiones del trabajo nominal del gas refrigerante R22 que actualmente se viene usando en las cámaras frigoríficas.

En dicha representación isentrópica del punto 2, se llegó a obtener un valor en entalpia teórico ideal de 440 kJ/kg, según se muestra en la Figura 11.

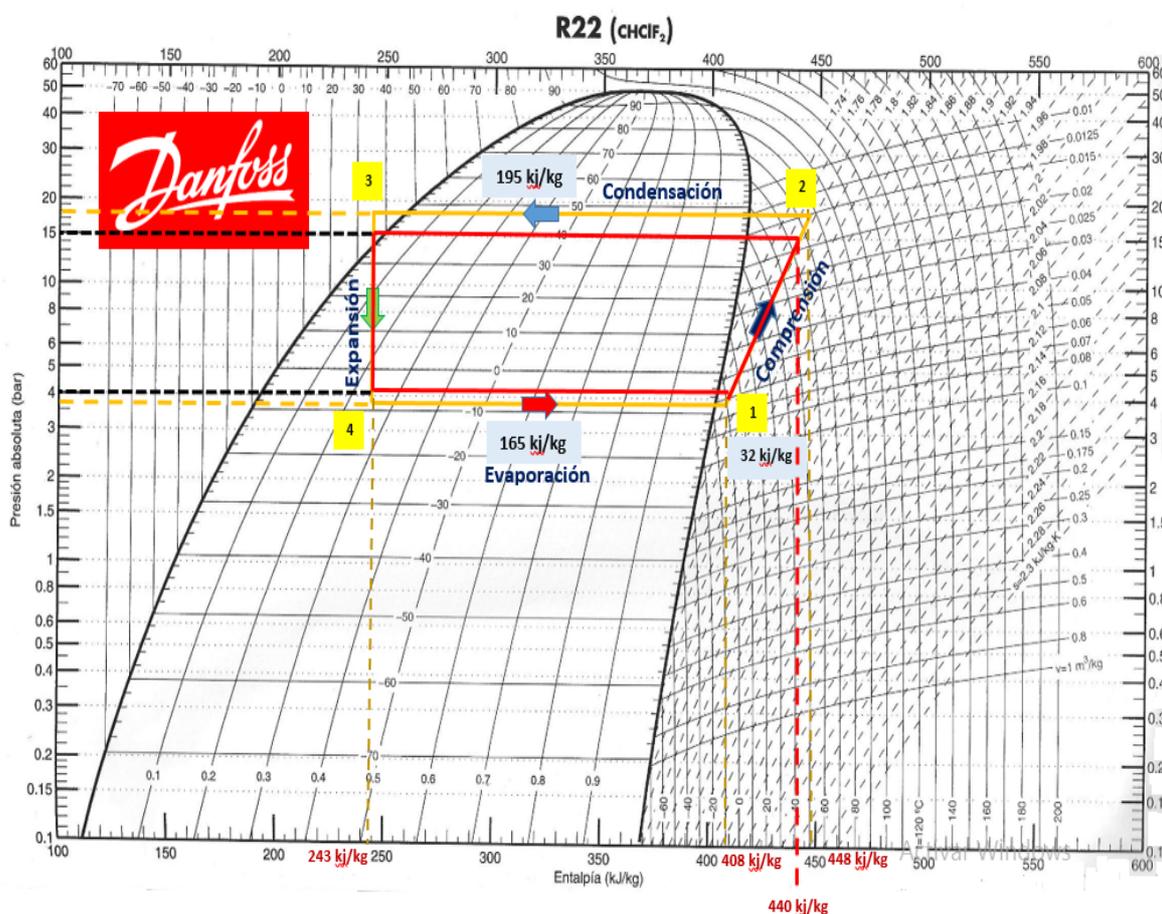


Figura 11. Determinación del ciclo ideal del refrigerante R22

Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos en el diagrama de Mollier, se determinó el siguiente cálculo para el COP teórico:

Calculo del COP Teórico según el ciclo ideal de la cámara de Salmuera:

$$COP\ te\acute{o}rico = \frac{Q_2}{W} = \frac{Efecto\ frigorifico}{Trabajo\ de\ compresion} = \frac{h_1-h_4}{h_2-h_1} = 5.15625$$

Calculo del COP real según el ciclo medido de la cámara de Salmuera:

$$COP\ real = \frac{Q_2}{W} = \frac{Efecto\ frigorifico}{Trabajo\ de\ compresion} = \frac{h_1-h_4}{h_2-h_1} = 4.125$$

Bajo el mismo esquema se realizó el cálculo teórico para las demás cámaras de refrigeración (n=8) en funcionamiento como se muestra en la Figura 12.

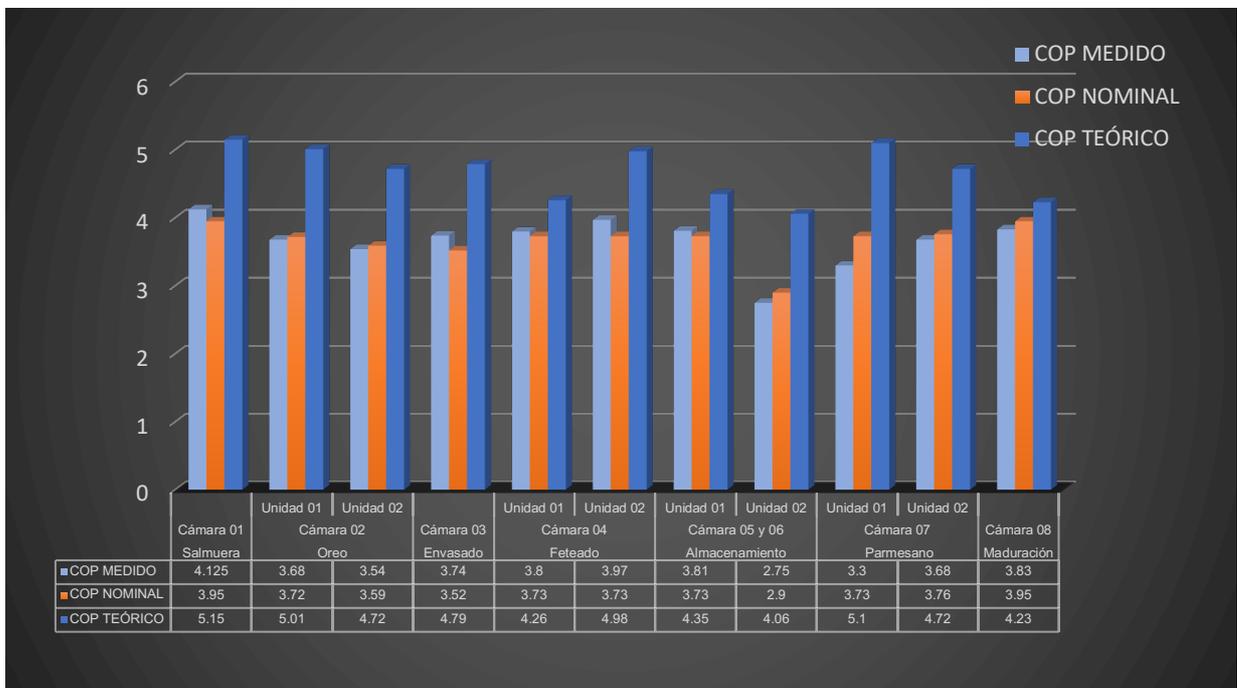


Figura 12. Comparativo del COP nominal, medido y teórico

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los cálculos realizados en las Figuras 1 y 2 se puede determinar que el ciclo ideal de refrigeración en la cámara de salmuera puede mejorar su eficiencia (COP) en un valor de 1.0316 según los trabajos programados en el plan de actividades, a fin de llegar a los parámetros nominales en el sistema frigorífico.

Para incrementar la eficiencia (COP teórico), se programó los siguientes mantenimientos en los equipos del área.

- Ejecución del programa de limpieza las unidades condensadoras y evaporadoras de todas las cámaras de refrigeración.
- Mantenimiento correctivo en aislamiento de tuberías por medio del uso de espuma elastomérica tipo superlon.
- Ejecución del programa de limpieza las unidades condensadoras y evaporadoras de todas las cámaras de refrigeración.
-

4.3.1. Carga térmica teórica en el ciclo ideal de refrigeración para la cámara de Salmuera.

Para lograr incrementar la eficiencia en el área de refrigeración de la empresa se calculó la carga térmica teórica según el plan de actividades programado en el cuarto mes, donde las condiciones de manejo y operación de la cámara tuvo mucha implicancia en la determinación de datos y parámetros nominales. Las actividades fueron las siguientes:

- Realizar una capacitación a los colaboradores involucrados en las actividades de almacenamiento y elaboración de quesos del área de refrigeración. (Ver Tabla 13).
- Instalación de variadores de frecuencia iSpeed para reducir los picos de corriente en arranque y carga.

4.3.1.1. Carga térmica inicial de la cámara de salmuera:

En este punto se llegó a calcular la carga térmica máxima en el espacio por refrigerar de la cámara, basándose en la capacidad de almacenamiento de productos nominal, tiempo de enfriamiento y temperatura deseada (Set Point).

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

Masa de queso que ingresa a la cámara: 30000 kg

Ce del queso: 0.64 Kcal/kg °C.

ΔT : 12°C - 8°C

Tiempo de enfriamiento: **21600 s**

1Kcal = 4.18 Joule

Q = 76.800 Kcal

Q = 76.800 x 4.18 = 321024 kJ

Q = 321024 / 21600

Q = 14.86 KW

4.3.1.2. Carga térmica de la cámara de salmuera al 80% de su capacidad:

Según las acciones en la actividad (d.), se llegó a establecer un orden de ingreso de productos a las cámaras, considerando una capacidad en carga térmica máxima del 80%, a fin obtener niveles óptimos en consumo energéticos del sistema frigorífico.

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

Masa de queso que ingresa a la cámara: 24000 kg

Ce del queso: 0.64 Kcal/kg°C.

ΔT : 12°C - 8°C

Tiempo de enfriamiento: 21600 s

1Kcal = 4.18 Joule

Q = **11.889 Kw** (Carga térmica teórica máxima)

4.3.1.3. Carga térmica de apertura de puertas por infiltración de aire:

Mediante el uso de la guía de observación directa se llegó a verificar que la apertura de las puertas en las cámaras tiene un promedio de 26 veces por día, sin control en tiempos y con aperturas innecesarias. Aquí es donde se considera una infiltración de aire cálido al ambiente refrigerado por consiguiente el aumento de la carga.

Q Infiltración de aire: Volumen x N° de renovaciones x calor eliminado

Volumen: 50.4 m³

N° de renovaciones: 26

Calor eliminado: 22.6 kcal/m³

Q = 1234 Kcal/h

4.3.1.4. Carga térmica de apertura de puertas por infiltración de aire reducido al 50%:

De acuerdo a la actividad (d.) en el plan propuesto, se llegó a determinar que, por medio de un control de tiempos al ingresar productos a las cámaras y un orden en el procedimiento de almacenamiento, estas aperturas de puertas se disminuyeron al 50%, obteniendo un valor reducido en carga térmica por infiltraciones de aire de 617 Kcal/h:

Volumen: 50.4 m³

N° de renovaciones: 13

Calor eliminado: 22.6 kcal/m³

Q = 617 Kcal/h

4.4. Realizar una evaluación económica empleando el VAN y TIR como indicadores de rentabilidad.

En el presente proyecto se consideró una inversión para el desarrollo del plan de actividades propuesto en base a implementación de equipos electrónicos, trabajos de mantenimiento a las unidades de enfriamiento y

una capacitación a los colaboradores involucrados en el proceso de almacenamiento y producción.

Tabla 17. Inversión inicial del proyecto

N°	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
1	URECOL HC 27104-32 (Poliuretano)	Kg.	220	16.66	3665.2
2	ISOCIANATO MDI (Poliuretano)	Kg.	250	11.85	2962.5
3	Limpiador desincrustante	Und.	10	23.58	235.08
4	Manguera superlon	Cjs.	1	1948.2	1948.2
5	Variador iSP RCF 42T230E/14	Und.	3	1280	3840
6	Variador iSP RCF 16.5T230E/14	Und.	7	820	5740
7	Variador iSP RCF 54T230E/14	Und.	1	3550	3550
Costo de equipos y materiales (S/.)					21,940.98
Costos generales					
Costo total por equipamiento y materiales (S/.)					21,940.98
Costo por mantenimientos y capacitación (S/.)					1,920.00
Imprevistos al 2% (S/.)					477.21
Inversión inicial del proyecto (S/.)					24,338.19

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1. Ingresos del presente proyecto:

El ingreso generado en el presente proyecto de investigación, tiene gran consideración en cuanto a la disminución de los recursos energéticos principalmente en un ahorro sustancial de la tarifa eléctrica por operatividad de los sistemas frigoríficos en el área de refrigeración.

De acuerdo a los valores teóricos obtenidos en la Figura 12 del comparativo del coeficiente de rendimiento (COP), se determinó un ahorro energético considerable con respecto al consumo de potencia activa en las unidades de frío, teniendo un valor de 8292.26 KW-H referente a un tiempo de operación promedio de 16 horas diarias – 30 días al mes.

Según los valores mencionados, se llegó a obtener un ahorro económico de S/. 3316.90 mensual en la simulación de costos, el cual se considera un ingreso proporcional a la disminución de la tarifa eléctrica. Dicho ahorro se calculó en base al costo promedio del HW-H, obtenido en los recibos facturados con el monto de S/. 0.40.

Según se muestra en lo siguiente:

$8292.26 \text{ KW-H} \times 0.40 = 3316.90$ Nuevos soles como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Valores de eficiencia teórica con respecto al ahorro económico

Equipo		COP medido	COP nominal	COP teórico	Aumento de la eficiencia teórica (%)	Potencia instalada (kW)	Consumo mensual (kW-h)	Ahorro de energía con la nueva eficiencia teórica mensual (kW)	ahorro económico mensual por kW-h (precio: s/ 0.40)
Cámara de Salmuera	Unidad 01	4.125	3.95	5.15	17.91	14.2	6406.7	1147.60	459.04
Cámara de Oreó	Unidad 01	3.68	3.72	5.01	23.89	7.0	3166.3	756.49	302.60
	Unidad 02	3.54	3.59	4.72	22.50	14.5	6545.4	1472.71	589.09
Cámara de envasado	Unidad 01	3.74	3.52	4.79	19.73	9.9	4454.0	878.72	351.49
Cámara de Feteado	Unidad 01	3.8	3.73	4.26	9.72	6.2	2804.8	272.58	109.03
	Unidad 02	3.97	3.73	4.98	18.25	6.3	2837.7	517.96	207.18
Cámaras de Almacenamiento	Unidad 01	3.81	3.73	4.35	11.17	6.3	2813.3	314.31	125.72
	Unidad 02	2.75	2.9	4.06	29.04	6.0	2681.7	778.75	311.50
Cámara de Parmesano	Unidad 01	3.3	3.73	5.1	31.76	5.6	2514.8	798.81	319.52
	Unidad 02	3.68	3.76	4.72	19.83	7.6	3434.4	681.06	272.42
Cámara de Maduración	Unidad 01	3.83	3.95	4.23	8.51	17.6	7910.9	673.27	269.31
INGRESO ECONOMICO MENSUAL POR KW-H (S/.)									3316.90

Fuente: Elaboración propia.

1.1.1. Flujo de caja del presente trabajo

Para la elaboración del presente proyecto se realizó un flujo de caja equivalente a los ingresos, egresos y la inversión total analizado en un periodo de 18 meses, así mismo considerado como proyecto a mediano plazo.

Tabla 19. Flujo de caja

PERIODO (meses)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
INGRESOS (S/).	0	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317	3317
EGRESOS (S/).	2,397.21																	
Costo por mantenimientos y capacitación (S/.)	1,920.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos al 2% (S/.)	477.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión (S/.)	24,338.19																	

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los indicadores de rentabilidad del VAN y TIR

1.1.2. Valor Actual Neto

En este indicador económico (VAN) se determinó con los valores de ingresos y egresos trasladados al mes cero como punto inicial del presente proyecto y basado en una tasa activa de interés del 5.5% según reporte de la SBS para la ciudad de Cajamarca.

Utilidad actualizada al tiempo cero:

$$VAN = \sum_{n=0}^n \frac{In - En}{(1 + i)^n}$$

Donde:

In: Ingreso mensual

I: Tasa de interés

n: Numero del periodo considerado

Tabla 20. Cálculos del VAN

Mes	Utilidad Mensual (S/.)
1	3316.9
2	3316.9
3	3316.9
4	3316.9
5	3316.9
6	3316.9
7	3316.9
8	3316.9
9	3316.9
10	3316.9
11	3316.9
12	3316.9
13	3316.9
14	3316.9
15	3316.9
16	3316.9
17	3316.9
18	3316.9
=VAN(0.055,E34:U44)	
S/. 35,931.40	

Fuente: Software Microsoft Excel

Según los resultados obtenidos en de acuerdo al Valor actual neto, tenemos una la diferencia en cuanto a la inversión y los ingresos actualizados.

$$35,931.40 - 24,338.19 = \mathbf{11593.21 \text{ Nuevos soles}}$$

1.1.3. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Para realizar el cálculo de la TIR, se determinó que el ingreso del presente proyecto es igual a la inversión inicial.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

F_n: Flujo efectivo en el periodo n

N: Número de periodo

I: El valor de inversión inicial

Tabla 21. *Cálculos de la Tasa Interna de Retorno*

Mes	Utilidad Mensual (S/.)
Inversión inicial	S/. -24,338.19
1	3316.9
2	3316.9
3	3316.9
4	3316.9
5	3316.9
6	3316.9
7	3316.9
8	3316.9
9	3316.9
10	3316.9
11	3316.9
12	3316.9
13	3316.9

14	3316.9
15	3316.9
16	3316.9
17	3316.9
18	3316.9

=TIR(D34:U34)
11.48%

Fuente: Software Microsoft Excel

A través del programa Microsoft Excel se logró calcular un VAN de S/. 35,931.40 y un TIR de 11.48%. Por lo tanto se obtuvo un resultado económicamente viable para la presente investigación.

II. DISCUSIÓN

El mayor consumo de los recursos energéticos referente a la energía eléctrica y energía térmica, está considerado en el área de refrigeración de la empresa donde se tiene un 60% del consumo total de la planta industrial. Al tener ambientes refrigerados de grandes dimensiones y capacidad de almacenamiento, estas cuentan con sistemas frigoríficos de altas potencias de refrigeración de hasta 22 KW de refrigeración y 17 KW en potencia eléctrica instalada en una sola unidad de refrigeración, dando un total en el área de 305.97 KW en potencia de refrigeración y de 101.3 KW en potencia eléctrica instalada a 60 Hz de frecuencia. Dichas potencias están dimensionadas de acuerdo a la demanda de la producción y establecidas como capacidad de enfriamiento nominal en toda el área de almacenamiento.

De acuerdo a las mediciones realizadas a las unidades de refrigeración en temperaturas de succión y descarga, así como las presiones del gas refrigerante son realizadas con el equipo en funcionamiento y a plena carga, determinando parámetros del consumo de corriente directamente proporcional a las presiones de alta y baja en el sistema.

Los sistemas de refrigeración tienen un alto índice de fluctuación en sus parámetros de trabajo basados a una variación en la temperatura ambiente, donde, así mismo está considerado que las impurezas en los serpentines de las unidades condensadoras y evaporadoras tienen un alto índice de reducir la transferencia de calor, disminuyendo su rendimiento de trabajo.

Las presiones de trabajo del gas refrigerante R-22 está considerado por el fabricante en valores de 40 psi en baja y 220 psi en alta, donde dichas presiones ideales para un sistema frigorífico que cuente con este gas en su instalación, tendrá un rendimiento teórico ideal ya que basado en su representación en el diagrama de Mollier, se obtiene valores de entalpia ideales por ende tiene un coeficiente de rendimiento (COP) incluso mayor al nominal. Considerándose parámetros de trabajo ideales a través de los resultados obtenidos se calcula en base a un 18% en incremento de eficiencia y rendimiento para el sistema de refrigeración, esto genera ahorros

sustanciales en la tarifa eléctrica viéndose reflejado en una disminución del consumo de potencia activa.

Con las lecturas obtenidas en la medición de corriente eléctrica de cada compresor en la unidad condensadora de las cámaras, se determinan parámetros de corriente medida con respecto a la nominal en valores de funcionamiento estándar, pudiendo relacionar un aumento de su eficiencia teórica y nominal referidas al coeficiente de rendimiento.

El sistema de gestión energética se planteó de acuerdo a los requerimientos en eficiencia y rendimiento deseable con base a unas actividades para mejorar las condiciones de operatividad en los equipos de refrigeración.

En el presente proyecto se llegó a presentar inconvenientes en el desarrollo del plan de actividades, el cual, por motivos de la pandemia originada a nivel mundial, se tuvo como debilidades a la parte logística donde fue de suma dificultad obtener materiales y equipamiento electrónico a ser implementado en el sistema. Así mismo se mostró fortalezas en el desarrollo del proyecto teniendo como rigurosidad académica la aplicación de conocimientos adquiridos durante la carrera y formar parte de una investigación con parámetros ideal y teóricos que realizaron un dimensionamiento de la eficiencia a modo confiable en apoyo de la tecnología actual de simulación de procesos como es el software coolselectro 2 y bitzer de refrigeración.

El presente proyecto tiene gran implicancia a nivel científico social, el cual permite un aporte significativo en relación a los valores de rendimiento y eficiencia ideales para un sistema frigorífico, dando a conocer los valores reales y teóricos que dimensionan parámetros de trabajo a niveles altos de eficiencia y niveles bajos de consumo de energía eléctrica, concientizando a las industrias en general a mantener estándares de mejora en eficiencia energética dando un lugar importante a la reducción de la radiación térmica como principio del efecto invernadero.

Rimpampa (2019), en su tesis de optimización para el aire acondicionado, concluye que los sistemas frigoríficos del supermercado de Plaza Vea – Chiclayo, cuenta con 10 equipos de aire acondicionado tipo UMA de la marca carrier, que están distribuidos por toda la tienda. Los equipos no trabajan de manera óptima, ya que algunos equipos presentan una serie de

desperfectos, generando un mayor costo, funcionamiento deficiente y confort no deseado para el usuario.

Teniendo en cuenta que para optimizar un sistema de refrigeración en una empresa que requiere valores ideales, se concuerda que, por el tiempo de trabajo de los equipos y condiciones ambientales, estos muchas veces presentan condiciones deficientes en su funcionamiento, el cual permite realizar actividades para mejorar el sistema y llevarlos a valores óptimos, basados en su eficiencia y consumo energético.

Mientras que, Chucuya (2017), Concluye en su tesis sobre la evaluación del COP en un sistema de refrigeración que para una presión baja de 2.08 Bar, una presión intermedia de 3.5 Bar y una presión de alta de 12.96 Bar. Obteniéndose en el primer caso un Coeficiente de Performance de 4.46 y en el segundo un COP de 5.10, equivalente al 22.25%.

Por medio de los parámetros calculados en base a presiones de refrigerante en el sistema de refrigeración se presentan valor de incremento en rendimiento, calculando para el presente proyecto valores de hasta 31.76% en equipos con anomalías en su operación, llegando a una discusión coincidente en aspectos de trabajar en actividades que tengan relación de parámetros ideales.

Para Saéns (2019) Concluye que los indicadores económicos de su proyecto tienen un Valor Actual Neto de 9861.95 nuevos soles, una tasa interna de retorno de 11.9%, relación beneficio precio de 1.80 nuevos soles, y una inversión de 12191.2 nuevos soles, que hacen factible la ejecución de la propuesta.

De acuerdo con Saéns (2019), la propuesta de ahorro energético es considerado beneficioso y rentable para la empresa, teniendo resultados favorables y viables para la aplicación de este tipo de propuestas económicas que hoy en día tiene mucha importancia a nivel mundial por los grandes ahorros obtenidos desde el rendimiento y aumento de la eficiencia energética en las áreas de mayor consumo.

Comparando con el presente proyecto dónde se determinó un VAN de S/. 35,931.40 y un TIR de 11.48%, por lo tanto, determinamos que el proyecto sugerido es viable.

III. CONCLUSIONES

- El área de refrigeración de productos lácteos de la empresa Gloria S.A. Cajamarca, cuenta con equipos frigoríficos que a la fecha no están funcionando en un estado óptimo y presentan una serie de desperfectos que genera mayor costo en su operación. Así mismo las cámaras de oreo, almacenamiento y maduración tienen valores muy cercanos al rendimiento ideal, el cual están considerados como equipos en buenas condiciones de operación y eficiencia óptima en su funcionamiento.
- El plan de actividades propuesto en el presente estudio, cumple con las condiciones de mejorar la eficiencia en el área de refrigeración de la empresa, considerando que los trabajos efectuados aumentan considerablemente el rendimiento de equipos basados en un cálculo de COP teórico y práctico.
- Se concluye que un ciclo ideal o resultados teóricos, basados en parámetros de trabajo nominal para el gas refrigerante R22, tiene un significativo aumento con respecto al COP nominal de una cámara de refrigeración, dichos resultados se lograron alcanzar en base al plan de actividades propuesto.
- En la presente investigación se logró obtener un resultado económicamente viable con un valor actual neto (VAN) positivo y una tasa de rendimiento (TIR) rentable.

IV. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un sistema de gestión energética a toda el área de refrigeración de la empresa, desarrollando un plan de actividades que permita optimizar el funcionamiento de los equipos frigoríficos a fin de incrementar su eficiencia actual.
- Realizar un programa de mantenimiento preventivo trimestral a las unidades de enfriamiento de cada cámara involucrada en el proceso productivo de la empresa de lácteos.
- En el estudio se determinó que el gas refrigerante R-22 es considerado un freón contaminante, recomendando así la sustitución del elemento por su equivalente el gas ecológico R-404.

V. REFERENCIAS

Auditoría energética (AEC). Madrid: Asociación Española para la Calidad, 2019. Consultado en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica>

Bolivar, L., & Martinez, M. Estudio de eficiencia energetica de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del bloque g de la universidad autonoma del caribe. Barranquilla, colombia: universidad Autónoma del caribe, 2014. Consultado en: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/123456789/803/TMEC%201136.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, M. Utilización del diagrama de mollier de presión-entalpía para sistemas frigoríficos. España: universitat politècnica de valència, 2018. Consultado en: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/104051/Castro%3BTom%C3%A1s%3BOrtol%C3%A1%20-%20Utilizaci%C3%B3n%20del%20diagrama%20de%20Mollier%20de%20presi%C3%B3n-entalp%C3%ADa%20para%20sistemas%20frigo....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Celorio, R. Metodología para la reducción de la demandada energética basada en medida y verificación, eficiencia energética y energías renovables. Apliación a procesos de frio en la industria enológica. Logroño, españa: univerisdad de la rioja, escuela técnica superior de ingeniería industrial, 2015. Consultado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/46781.pdf>

Programa integral de “asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro y uso eficiente de energía eléctrica de guatemala” (Cnee). Guatemala, 2010. Consultado en: https://www.academia.edu/25032381/PROGRAMA_INTEGRAL_DE_ASISTENCIA_T%C3%89CNICA

Cnee; Fide. Curso-taller promotores de ahorro y eficiencia de energía eléctrica: ahorro de energía eléctrica en sistemas de refrigeración. Comisión nacional de energía eléctrica (cnee); fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (fide). Guatemala: asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro y uso eficiente de energía eléctrica de Guatemala, 2010. Consultado en: [http://www.cnee.gob.gt/eficienciaenergetica/FIDE/006%20M%C3%B3dulo%20VI%20\(AEE%20Refrigeraci%C3%B3n\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/eficienciaenergetica/FIDE/006%20M%C3%B3dulo%20VI%20(AEE%20Refrigeraci%C3%B3n).pdf)

Expofrío Perú. El mercado del frío. Expofrío(21), 2015. Consultado en: <https://peruconstruye.net/2018/11/16/expo-frio-calor-peru-2015/>.

Expofrío Perú. Eficiencias y nuevas tecnologías para un mundo mejor. Expofrío, 33, 2017. Consultado en: https://issuu.com/perueventossac/docs/edi25_3a4a35adf7e4ee.

Guerrero, F. Evaluación, diagnóstico y optimización del consumo energético para mejorar los servicios de la empresa molinera Sudamérica s.a.c. Lambayeque: universidad nacional pedro Ruiz Gallo, 2019.

Ingeniería de medición y gestión de energía. Eficiencia energética. Obtenido de imergia, 2019. Consultado en: <http://www.imergia.es/eficiencia-energetica/que-es-la-potencia-reactiva>.

Lizana, E. Auditoría energética en el proceso de la molienda de cemento de la planta cementos Pacasmayo s.a.a. Pacasmayo: universidad nacional pedro Ruiz Gallo, 2015. Consultado en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3892/BC-TES-TMP-2697.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ministerio de energía y minas. Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético. Lima: dirección general de eficiencia energética, 2017.

Consultado en: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2-Guia_Industria_Alimentos.pdf

Pérez Pinedo, O. Modelo de gestión y eficiencia en los procesos energéticos para plantas industriales de la región Ancash. Nuevo Chimbote, Perú: universidad nacional Del Santa, 2014. Consultado en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3018>

Rodríguez, C. Programa de rehabilitación de redes eléctricas. Concejo de energía, 2016. Consultado en: <https://redeselectricasrd.cdeee.gob.do/como-se-mide-el-consumo-de-energia-electrica/>

Salgado Muñoz-Nájar, M. Propuesta de mejora en la gestión energética en una empresa del sector alimentos. Lima - Perú: universidad peruana de ciencias aplicadas, 2014. Consultado en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/346110/Salgado_tesis_original.pdf?sequence=1

Sandoval, A. Ahorro de energía eléctrica en sistemas de refrigeración. Lima: consultores de energía y tecnología S.A.C., 2016. Consultado en: <http://www.cenytec.com/Publicaciones/PROYECTO-EF-ENER-FINAL.pdf>

Schmid, K., & Hinojosa, L. Eficiencia energética en sistemas de refrigeración. Santiago: INRA refrigeración & fundación Chile, 2010. Consultado en: https://www.bambuenergia.cl/?gclid=CjwKCAiA25vBRBNEiwAZb4-ZZE79ETsFtBbgVnwYbW8e2gW9N-vY1pRcKh6WwUbo2rvGK1Ed1ZjUxoCuOwQAvD_BwE

SIIA. Auditorías energéticas. Madrid: servicio integral de ingeniería y arquitectura, 2018. Consultado en: <https://clysema.com/sistemas-de-gestion/>

Universidad autónoma de occidente. Eficiencia energética en sistemas de refrigeración. Cali: UAO, 2014. Consultado en: https://www.vertiv.com/es-latam/productos/?utm_source=google-ads&utm_medium=paid-search&utm_campaign=always_on_ES_20&utm_term=ES&utm_content=power-solutions&gclid=CjwKCAiA25vBRBNEiwAZb4-ZdyQ5Uf6mfd5haqxy7yr2fn8a3e78EJISEWvWqu8pzfTOKslvOOxoCJGEQAvD_BwE

Vásquez, F. Auditoría energética del sistema eléctrico de la planta procesadora frutícola profusa. Lambayeque: universidad nacional pedro Ruiz Gallo, 2016. Consultado en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2439/BC-TES-TMP-1310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villacorta, A. R., & López, D. P. Sistema integrado de eficiencia energética para optimizar los procesos de producción en la industria láctea. Ecuador: universidad técnica de Ambato. Facultad de ingeniería en sistemas, electrónica e industrial. Maestría en gestión de operaciones, 2018. Consultado en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28131>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 22. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Sistema de gestión energética (Independiente)	Conjunto de acciones (Gestión adecuada) que tienden a hacer más eficiente el consumo de energía sin menoscabo de la calidad del servicio obtenido por el uso de esta (Tamayo, 2003, p.12).	Realizar una evaluación del estado actual en los equipos electromecánicos de refrigeración, mediante mediciones y comparativos de parámetros. Se elaborara planes tomando acciones y medidas a fin de proyectar el incremento de la eficiencia en los diferentes componentes consumidores de energía.	- Eficiencia energética	<% porcentaje>
			- Flujo de calor	<KW>
			- Intensidad eléctrica.	<Amperios>
			- Humedad relativa	<% porcentaje>
Eficiencia Energética (Dependiente)	Una eficiencia energética de 100% significa que toda la energía de entrada al equipo o dispositivo (ya sea eléctrica, térmica u otro tipo) es convertida en energía de salida deseada del equipo	Medición del consumo de energía eléctrica, humedad relativa - condensación en las cámaras frigoríficas mediante instrumentos y parámetros de funcionamiento.	- Temperatura	<°C>
			- Coeficiente de rendimiento	<COP= Q/W>
			- Temperatura	<°C>
			- Facturación mensual.	<\$/ / KW-H>

Productos fabricados			
Nombre	Tipo de envase, envoltura o embalaje	Unidad de medida	Cantidad por mes
Capacidad y almacenamiento de la planta (por producto)			
Producción diaria	Capacidad de almacenamiento	Frecuencia de rotación de stock	
Recipientes empleados para el almacenamiento de productos finales			
Material	Tamaño	Capacidad	
Área de almacenamiento			
Capacidad	Nº de colaboradores	Tº promedio	Cantidad de Ingresos/salidas
Otras consideraciones			

--	--

Anexo 2.2. Guía de observación para verificar y recolectar información de la infraestructura y productos elaborados

Observador:

.....

Lugar: Fecha:

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS		
N° DE CAMARAS FRIGORIFICAS:		
Obs.: Se deberá aplicar una ficha por cada cámara		
Cámara Frigorífica N° 0.....		
Tipo de materiales del área		
Pisos:		
Paredes:		
Techo:		
Dimensión de la cámara		
Largo:		
Ancho:		
Alto:		
Aislamiento térmico		
Parte que posee aislamiento	<input type="checkbox"/> Paredes – Obs:	
	<input type="checkbox"/> Techo– Obs:	
Tipo de aislamiento		
Lámparas de iluminación		
Cantidad		
Tipo		
Potencia		
Áreas expuestas al sol		
<input type="checkbox"/> Techo:	Obs.	
<input type="checkbox"/> Paredes:	Obs.	
Temperaturas de trabajo		
Mínima	Máxima	Obs.
Humedad relativa		
Mínima	Máxima	Obs.
Personal que labora en la cámara		
Cantidad		

Anexo 3

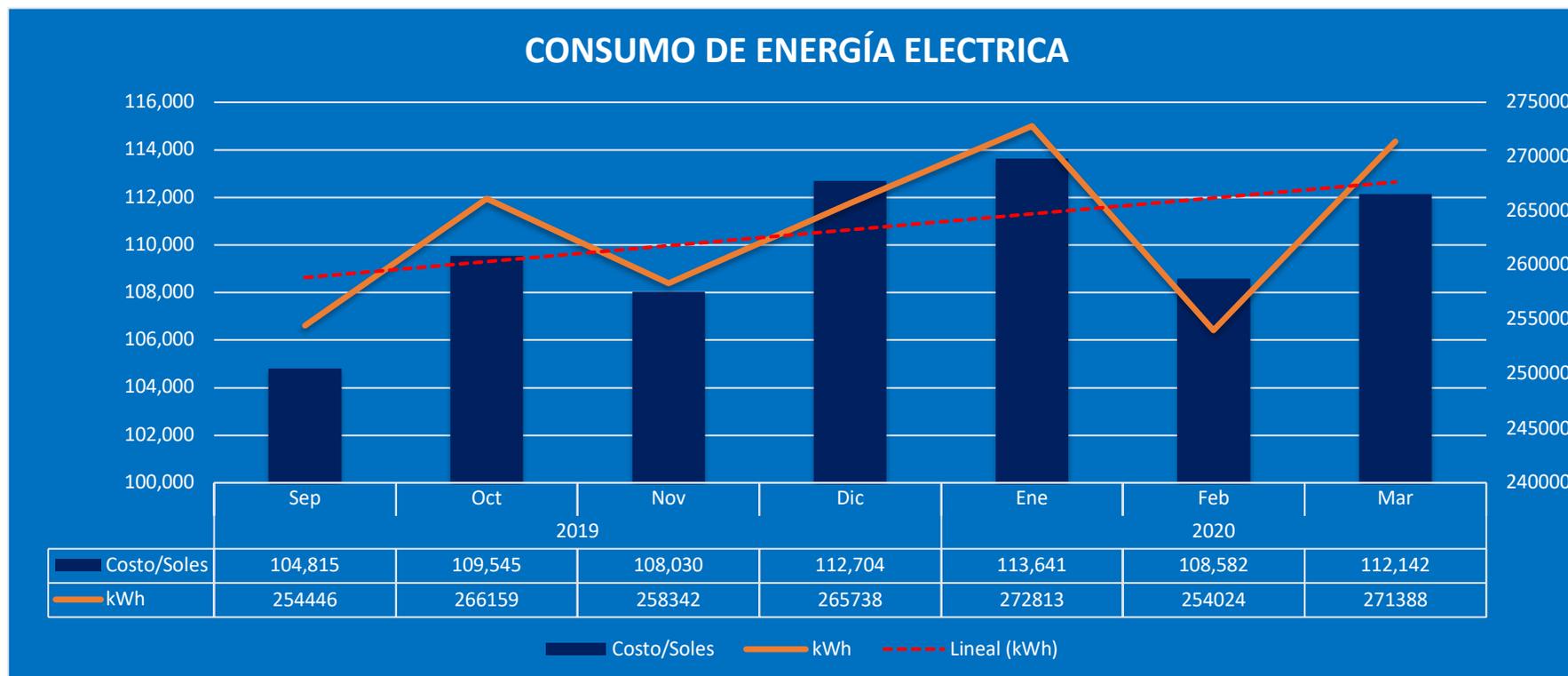


Figura 13. Registro de consumo de energía eléctrica con representación lineal

Fuente: Revisión documentaría

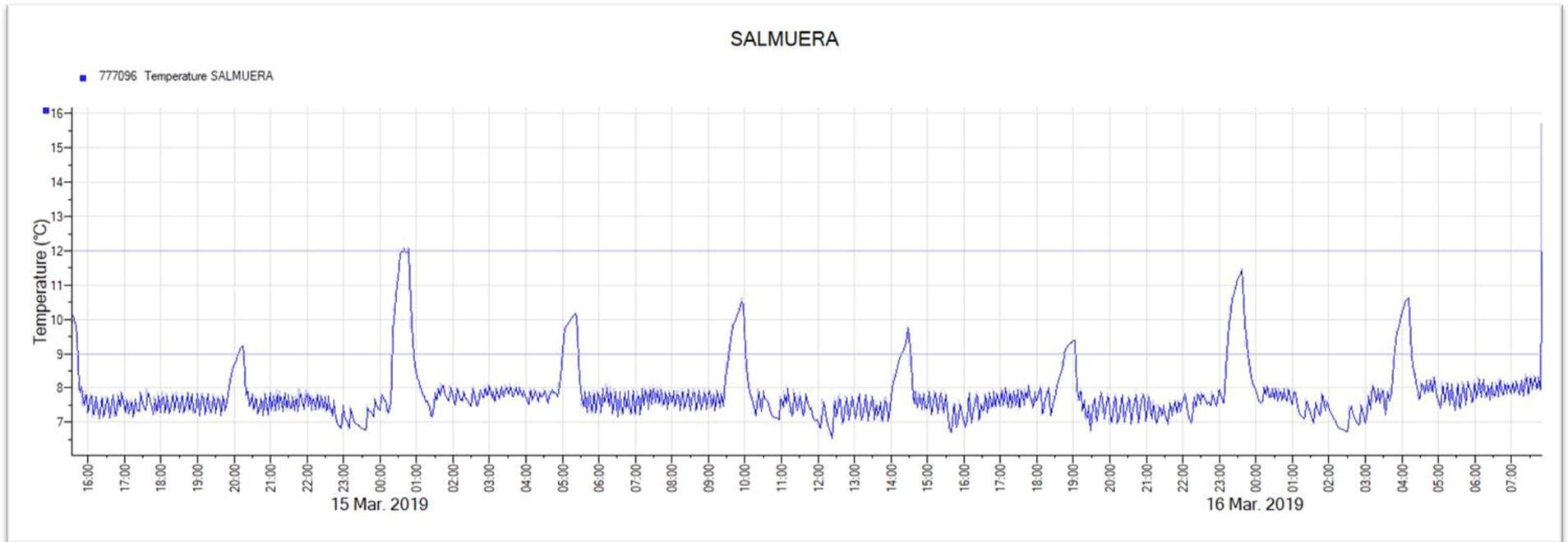


Figura 14. Data logger de la cámara Salmuera

Fuente: Area control de Calidad – Gloria 2019.

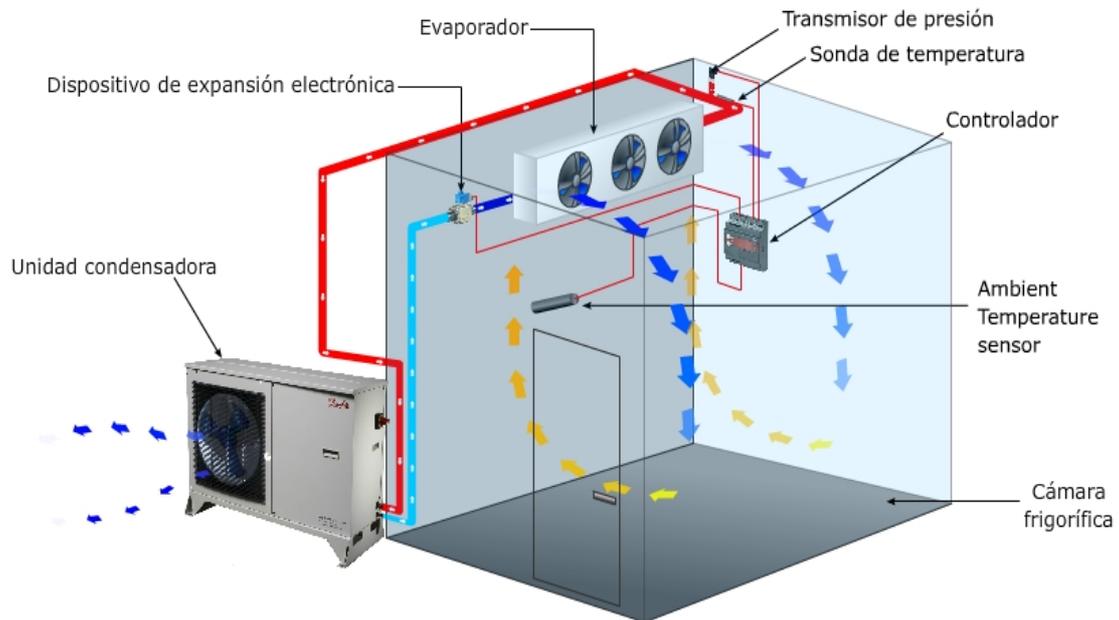


Figura 15. Componentes principales de una cámara frigorífica

Fuente: Revisión bibliográfica

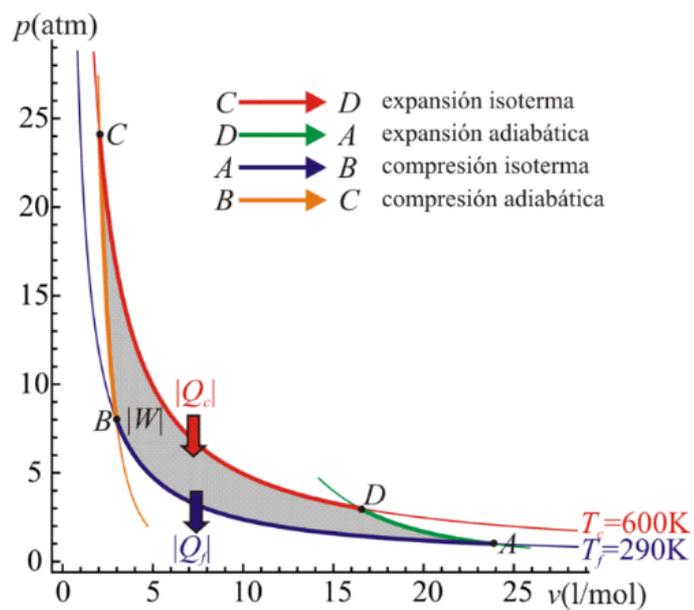


Figura 16. Ciclo de Carnot

Fuente: Revisión bibliográfica



Figura 17. Cámara de oreo

Fuente: Propia



Figura 18. Medición manométrica en unidad condensadora de la cámara de salmuera.

Fuente: Propia



Figura 19. Medición de temperatura de sub-enfriamiento en unidad condensadora de refrigeración de cámara de envasado

Fuente: Propia



Figura 20. Medición manométrica en unidad condensadora de la cámara de salmuera

Fuente: Propia



Figura 21. Medición de temperatura de recalentamiento a la salida del evaporador de la cámara de Salmuera

Fuente: Propia



Figura 22. Medición del consumo de energía eléctrica en la cámara de almacenamiento



Figura 23. Aislamiento defectuoso en tramos de tuberías

Fuente: Propia

Control externo iSpeed	Voltaje de alimentación U_R (V)	Corriente nominal I_H (A)	Corriente de arranque I_H (A)	Dimensiones An x Al x Pr mm	Bastidor	Peso kg	Descripción
Monofásico CA 220-240VCA							
iSE RCF 4.05230M/14	1AC 220-240	4	6	73 x 145 x 142	1	1	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 7.05230M/14	1AC 220-240	7	10,5	73 x 205 x 172	2	1,5	IP20 con filtro clase B RFI
Suministro 380-480 VCA, CA trifásica							
iSE RCF 5.5C2M/14	3AC 380-480	5,5	8,3	73 x 205 x 172	2	1,52	IP20 con filtro clase A RFI
iSE RCF 6.8C2M/14	3AC 380-480	6,8	10,0	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase A RFI
iSE RCF 9.0C2M/14	3AC 380-480	9	14	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase A RFI
iSE RCF 12C2M/14	3AC 380-480	12	18	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase A RFI
iSE RCF 16C2M/14	3AC 380-480	16	24	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase A RFI
iSE RCF 5.5M/14	3AC 380-480	5,5	8,3	73 x 205 x 172	2	1,52	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 6.8M/14	3AC 380-480	6,8	10,0	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 9.0M/14	3AC 380-480	9	14	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 12M/14	3AC 380-480	12	18	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 16M/14	3AC 380-480	16	24	96 x 262 x 202	3	2,8	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 23E/14	3AC 380-480	23	30	210 x 348 x 208	C	11,9	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 30E/14	3AC 380-480	30	39	210 x 348 x 208	C	12,1	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 37E/14	3AC 380-480	37	48	210 x 348 x 208	C	12,5	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 59E/14	3AC 380-480	59	77	252 x 453 x 245	D	22	IP20 con filtro clase B RFI
iSE RCF 73E/14	3AC 380-480	73	95	252 x 453 x 245	D	23	IP20 con filtro clase B RFI
Monofásico CA 220-240VCA							
iSP RCF 10.5S230E/14	1AC 220-240	10,5	16	177 x 233 x 181	B	4,6	IP20 con filtro clase B RFI
Suministro 220-240 VCA, CA trifásica							
iSP RCF 16.5T230E/14	3AC 220-240	16,5	25	177 x 233 x 181	B	4,7	IP20 con filtro clase B RFI
iSP RCF 42T230E/14	3AC 220-240	42	55	201 x 348 x 208	C	12,5	IP20 con filtro clase B RFI
iSP RCF 54T230E/14	3AC 220-240	54	70	252 x 453 x 245	D	22	IP20 con filtro clase B RFI
iSP RCF 68T230E/14	3AC 220-240	68	88	252 x 453 x 245	D	23	IP20 con filtro clase B RFI
iSP RCF 104T230E/14	3AC 220-240	104	135	252 x 453 x 245	E	40	IP20 con filtro clase B RFI
iSP RCF 130T230E/14	3AC 220-240	130	169	257 x 689 x 312	F	56	IP20 con filtro clase B RFI
iSP RCF 192T230E/14	3AC 220-240	192	250	257 x 720 x 355	F	60	IP20 con filtro clase B RFI

Figura 24. Parámetros nominales de Variadores de frecuencia iSpeed.

Fuente: (Sporlan iSpeed)