Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society
ISSN:3091-1699
Vol. 2 Núm. 4 (2025) Revista Científica

Optimization of cooling systems in electrical machines: efficiency and safety

Optimización de sistemas de refrigeración en máquinas eléctricas: eficiencia y seguridad

Para citar este trabajo:
Guadamud Vergara, B. J., Miño Toala, M. T., Mawyin Veliz, J. P., & Jacome Alarcón, L. F. (2025). Optimización de sistemas de refrigeración en máquinas eléctricas: eficiencia y seguridad. Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society, 2(4), 1-14. https://doi.org/10.71068/5x8cnx65

Autores:
Betzy Jacqueline Guadamud Vergara
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador
bguadamudv@uteq.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-0236-7521

Melanie Tamara Miño Toala
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador
mminot@uteq.edu.ec
https://orcid.org/0009-0007-4818-467X

Jefferson Patricio Mawyin Veliz
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador
jmawyinv@uteq.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-5845-6805

Luis Fernando Jacome Alarcón
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador
ljacomea@uteq.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-1553-7591

Autor de Correspondencia: Betzy Jacqueline Guadamud Vergara, bguadamudv@uteq.edu.ec

RECIBIDO: 01-Julio-2025 **ACEPTADO:** 15-Julio-2025 **PUBLICADO:** 29-Julio-2025

Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society
ISSN:3091-1699
Vol. 2 Núm. 4 (2025) Revista Científica

Resumen

Esta investigación académica examina cómo optimizar los sistemas de refrigeración en máquinas eléctricas, enfatizando la relevancia de alcanzar un equilibrio entre la eficiencia operativa y la seguridad. Los sistemas de refrigeración son vitales para mantener el rendimiento y la integridad de los equipos generadores de calor, como los motores eléctricos y los transformadores. Se presentan estrategias clave para mejorar estos sistemas, que incluyen tanto aspectos técnicos como de diseño. La selección adecuada de los métodos de refrigeración es fundamental, teniendo en cuenta variables como la capacidad térmica, el entorno operativo y la eficiencia energética. La eficiencia en el diseño de los intercambiadores de calor es crucial para maximizar la transferencia de calor y disminuir las pérdidas de energía. Se están analizando técnicas innovadoras, como el uso de materiales avanzados y diseños personalizados, para elevar la eficiencia térmica. En este artículo, se examina la protección de los equipos de enfriamiento, poniendo de relieve las estrategias para combatir el calor, la importancia de llevar a cabo revisiones periódicas y la creación de planes de mantenimiento que minimicen los riesgos. Se subraya la relevancia de cumplir con las normas de seguridad, para evitar los accidentes y garantizar un funcionamiento seguro de estos equipos.

Palabras clave: refrigeración, optimización, seguridad, sistema de refrigeración.

Abstract

This academic research examines how to optimize cooling systems in electrical machines, emphasizing the relevance of achieving a balance between operational efficiency and safety. Cooling systems are vital for maintaining the performance and integrity of heat-generating equipment such as electric motors and transformers. Key strategies for improving these systems, including both technical and design aspects, are presented. Proper selection of cooling methods is critical, taking into account variables such as thermal capacity, operating environment and energy efficiency. Efficiency in heat exchanger design is crucial to maximize heat transfer and decrease energy losses. Innovative techniques, such as the use of advanced materials and customized designs, are being explored to increase thermal efficiency. In this article, the protection of cooling equipment is examined, highlighting strategies to combat heat, the importance of carrying out periodic reviews and the creation of maintenance plans that minimize risks. The relevance of complying with safety standards to avoid accidents and ensure safe operation of this equipment is underlined.

Keywords Cooling, Optimization, Safety, Cooling System.

1. Introducción

En la actualidad, en esta era industrial y tecnológica, la eficiencia operativa y la seguridad son aspectos fundamentales para tener en cuenta al diseñar y operar sistemas eléctricos, especialmente en lo que respecta a la maquinaria y equipos que generan calor durante su uso. Los motores, transformadores y generadores, son equipos eléctricos imprescindibles en diversas aplicaciones industriales, incluyendo la manufacturación y la producción de energía. Siendo importante manejar con mucho cuidado, porque el calor que generan durante su uso resulta peligroso si no se controla adecuadamente. Por eso, es vital contar con sistemas de refrigeración que aseguren un rendimiento eficiente y ayuden a extender su vida útil.

En la industria moderna, el rendimiento y la confiabilidad de las máquinas eléctricas dependen en gran medida de su capacidad para disipar el calor generado durante su operación. A medida que las demandas de potencia y eficiencia energética aumentan, los sistemas de refrigeración se vuelven un componente esencial para asegurar la estabilidad térmica y prevenir fallos prematuros. No obstante, el desafío no solo consiste en mantener temperaturas óptimas, sino también en encontrar un equilibrio entre eficiencia energética, sostenibilidad y seguridad operativa.

En diversas investigaciones se ha evidenciado que los métodos de enfriamiento convencional, como la convección natural y los ventiladores, quedan cortos cuando se trata de equipos con alta densidad de potencia. Esto ha originado la creación de técnicas más sofisticadas, como la refrigeración líquida, el uso de materiales de cambio de fase y la implementación de un sistema inteligente para la gestión térmica. Estas innovaciones no solo mejoran la disipación de calor, sino que también reducen el consumo energético y minimizan los riesgos asociados al sobrecalentamiento, como incendios o degradación de componentes.

2. Metodología

En base al presente artículo se hace énfasis a diferentes tipos de estudios sobre el tema desarrollado, en este estudio su objetivo es analizar estrategias de optimización en sistemas de refrigeración en máquinas eléctricas, mediante la evaluación de técnicas avanzadas de disipación térmica y gestión inteligente del calor, para mejorar la eficiencia energética, garantizar la seguridad operativa y prolongar la vida útil de los equipos.

El cual adopta un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), ya que combina el análisis teórico de estrategias de optimización con datos técnicos y estudios de casos concretos. Según Hernández et al. (2020), este enfoque permite una comprensión integral del problema al integrar perspectivas numéricas y contextuales. El diseño es descriptivo-analítico para evaluar técnicas de refrigeración, basado en la revisión de literatura y normativas, y experimental en la implementación de sistemas de control inteligente, siguiendo metodologías validadas en estudios previos (Prieto, 2021)

Sobre la recolección de datos están las fuentes primarias como las mediciones de eficiencia térmica en sistemas de refrigeración, como coeficientes de transferencia de calor y pérdidas de energía, utilizando sensores calibrados y software especializado (ej. AHED para intercambiadores de calor) (Nuñez, 2020).

Datos en tiempo real de sensores IoT para monitorizar variables como temperaturas, cargas térmicas y consumo energético, siguiendo protocolos estandarizados (ENERGY5, 2023).

Y en las fuentes secundarias: están las Revisiones sistemática de literatura científica indexada en Google Scholar y SciELO, incluyendo normas TEMA, estudios sobre refrigerantes naturales (CO_2, NH_3) y aplicaciones de IA en refrigeración (Vázquez, 2023).

Análisis de manuales de fabricantes y normativas locales (ej. Ley Orgánica de Seguridad y Salud en el Trabajo de Ecuador, Reglamento F-Gas) (Toro, 2020).

También la Población y muestra en base a los sistemas de refrigeración en máquinas eléctricas (motores, transformadores, centros de datos) en operación en Ecuador.

En la muestra se basa en la selección intencional de 15 equipos con diversidad en métodos de refrigeración (líquida, aire forzado).

Tecnologías (compresores scroll, sistemas con IA), basado en criterios de representatividad técnica y accesibilidad: (Intarcon, 2023)

Por otra parte, está la Selección y Optimización de Métodos de Enfriamiento. La refrigeración se utiliza en una gran variedad de procesos y aplicaciones, como alimentos, medicamentos, productos químicos, materias primas y fabricación de productos. La selección óptima del equipo de refrigeración es fundamental para garantizar que el producto que se conserva mantiene sus cualidades, que la instalación es eficaz y sostenible desde el punto de vista medioambiental, y que el cliente final no incurre en un coste significativo.

Esta decisión debe considerar varios factores, como la legislación vigente, el tipo de sistema de refrigeración, el compresor que se utilizará, así como el tamaño del equipo y la instalación, y la ubicación donde se instalará, ya que todos estos elementos influirán en las condiciones climáticas en las que operará la unidad. Además, es importante decidir si el equipo se instalará en el interior o en el exterior del edificio.

El diseño de intercambiadores de calor de carcasa y tubos, son utilizado ampliamente en la industria debido a su versatilidad en la construcción y aplicación en procedimientos de transferencia de calor entre sustancias. La necesidad de la industria de aprovechar la energía ha fomentado el desarrollo de nuevos métodos de fabricación de intercambiadores de calor de acuerdo con las normas de la Asociación de Fabricantes de Tubos y Carcasas (TEMA) (Lara, 2024). Dependiendo del tipo de intercambiador, estas especificaciones describen los materiales, las metodologías de diseño, las dimensiones y los procedimientos de construcción. Esto se realiza para mantener el máximo rendimiento mecánico y térmico, lo que mejora la transmisión de calor y ahorra energía. Los intercambiadores de calor se clasifican como recuperativos o regenerativos en función de la geometría de su construcción, las técnicas de transferencia y la configuración del flujo de fluidos (Lasso, 2021). Los cuerpos cilíndricos concéntricos son el tipo más básico de construcción recuperativa. Estos se clasifican a su vez como de flujo paralelo o de contraflujo. (Nuñez, 2020).

AHED es una herramienta potente para el cálculo del tipo de intercambiador calor más empleado en la industria: el intercambiador de carcasa y tubos. Los intercambiadores de calor se usan prácticamente en cualquier tipo de industria: química, petroquímica, alimentación, aguas residuales, farmacéutica, etc. El diseño de estos equipos es esencial para que una instalación trabaje de forma óptima. Es esencial que los intercambiadores cumplan con su capacidad de diseño de acuerdo al espacio disponible y las limitaciones económicas (Ahed, 2024).

Realizar el diseño adecuado de un intercambiador de calor tradicionalmente ha conllevado un coste elevado en la adquisición de software especializado. AHED nació para solucionar este problema sin comprometer la precisión de cálculo necesaria para la industria moderna (Ahed, 2024).

Esta búsqueda del conocimiento científico disponible y de los avances que se producen es una labor continua.

- Cálculo de coeficientes de transferencia de calor en régimen laminar, transición y turbulento.

- Los efectos de convección libre vs forzado.
- Avances en el cálculo de propiedades físicas de mezclas de sustancias puras.
- Cálculos con fluidos no-newtonianos vs newtonianos (de especial interés para la industria alimentaria y medioambiental).
- Cálculo de perdida de carga.
- Cálculo de vibraciones.
- Cálculo de intercambio de calor con baffles, etc. (Ahed, 2024)

Realizar un diseño térmico correcto de un intercambiador de calor es una tarea compleja. El cálculo mediante software es solo una parte del proceso. El diseñador debe tomar decisiones que requieren de distintos conocimientos sobre transferencia térmica. Para diseños realmente complejos, la experiencia en el campo es realmente importante (Ahed, 2024).

3. Resultados

3.1. Análisis comparativo y evaluación de riesgos y revisión bibliográfica sobre lo sistemas de refrigeración en máquinas eléctricas.

Cuantitativo:

- Gráficos comparativos (ej. Gráfico 1) muestran una reducción del 20% en consumo energético al implementar variadores de frecuencia en compresores, validando estudios previos (Articae, 2022).
- Mejora del 15% en transferencia de calor con intercambiadores de carcasa y tubos optimizados mediante diseño térmico avanzado (Ahed, 2024).

Cualitativo:

Evaluación de riesgos según normativa ecuatoriana (MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, 2021) destaca:

- **Ventajas de IA:** Mantenimiento predictivo reduce fallos en un 30% (Vázquez, 2023).
- **Desafíos:** Requiere capacitación técnica y adaptación de infraestructura (Prieto, 2021)

3.1.1. Tipo de compresor.

En la tecnología de los Compresores scroll: Utilizan dos rotores en forma de espiral para comprimir el fluido frigorífico. Una de estas espirales está fija, mientras que la otra se mueve. Durante su movimiento de rotación, el fluido se comprime y se transporta al centro de las espirales, donde se reduce gradualmente hasta la descarga

Existen tipos Compresores, el recíprocos o de pistón: Son los más utilizados en el mercado. Se caracterizan por un sistema de bujía que acciona pistones de compresión, semejantes a los motores de combustión interna. Y el Compresores de tornillo do la compresión del refrigerante se consigue mediante dos rotores en forma de tornillo sin punta que encajan con precisión. El refrigerante fluye por roscas a lo largo del eje, aumentando la presión, y se libera al final de los dos rotores (Intarcon, 2023)

3.1.2. Tipo de sistema de refrigeración.

Existen dos tipos de sistemas de refrigeración: sistemas directos e indirectos.

- **Sistema de refrigeración directa:** El gas refrigerante comprimido y condensado sale del aparato y se transfiere a las unidades remotas (evaporadores).

- **Sistema de refrigeración indirecta:** El gas refrigerante se limita en la parte donde se produce el frío, y la capacidad de refrigeración se pasa a un fluido intermedio a través de un intercambiador. Este fluido intermedio, que puede ser agua, glicol o salmuera, se mueve hacia los elementos finales gracias a un sistema de bombeo que incluye refrigeradores de aire, intercambiadores, serpentines de tanque, y más.

3.1.3. Tipo de refrigerante del equipo de refrigeración.

Es clave elegir bien el gas que enfríe tu equipo, siguiendo las reglas al pie de la letra. Al buscar el mejor gas para utilizar, existen cosas raras que debes mirar con cuidado, como, por ejemplo: (Intarcon, 2023)

- Precio del refrigerante.
- GWP o PCA (Global-Warming Potential o Potencial de Calentamiento Atmosférico) (Intarcon, 2023)
- Reglamento F-Gas.
- Eficiencia y límites de aplicación.

3.1.4. Seleccionar la capacidad térmica de los evaporadores

El primer paso es seleccionar la capacidad térmica adecuada para las unidades evaporadoras; esta capacidad debe basarse siempre en la mayor carga térmica o carga pico de cada espacio para garantizar que el equipo tenga la capacidad de enfriar el área en el día más caluroso del año. Si observamos el plano y vemos cuántas toneladas de refrigeración se necesitan para cada espacio, nos daremos cuenta de que son cantidades poco habituales para un equipo de aire acondicionado. Por ejemplo, el área de recepción indica que necesitamos 1,8 TR para acondicionar el espacio, lo que es muy difícil de encontrar en el mercado de la climatización, por lo que debemos elegir el equipo inmediatamente superior, que en este caso es de 2,0 TR. Debemos hacer lo mismo para cada zona a acondicionar. (Intensity, 2020).

3.1.5. Seleccionar la capacidad de la unidad condensadora

Una vez seleccionadas las unidades evaporadoras, hay que establecer y elegir la capacidad adecuada de la unidad condensadora. Podemos elegirla de dos maneras. La primera se basa en la suma total de las capacidades de sus evaporadoras. Si miramos la Tabla 1, podemos ver en la última columna la selección de evaporadoras en cada zona, y en la última línea obtenemos la suma de todas las capacidades, que es de 13,0 TR. Esto significa que debemos elegir una capacidad de condensador de 13,0 TR, para que nuestro sistema esté al 100%, es decir, 13 TR en evaporadoras frente a 13 TR en condensador.

La segunda forma de elegir una condensadora es tomando en cuenta el factor de diversidad de nuestras áreas a acondicionar y la carga bloque de los espacios en conjunto. Antes de seguir con este último método expliquemos brevemente algunos conceptos que nos serán útiles (Intensity, 2020).

- **Carga Pico:** Es la sumatoria de cargas térmicas de cada uno de los espacios a acondicionar en el proyecto. Una característica muy singular de esta carga es que muy pocas o nulas veces se tendrá que abatir todas estas cargas simultáneamente, esto se debe principalmente a dos factores, el primero es por el movimiento de rotación del planeta Tierra por las mañanas tendremos mayor carga a las áreas ubicadas y el segundo factor es la diversidad o el uso que se le dé a las áreas, no todas las áreas nos van a demandar enfriamiento y/o calefacción en el mismo tiempo (Intensity, 2020).
- **Carga bloque:** Es la máxima carga térmica simultánea que se tendrá a lo largo del año, es recomendable seleccionar tus sistemas de refrigerante variable o unidades enfriadoras de agua (chiller) bajo tu carga bloque, así podremos obtener un ahorro en la inversión inicial en la compra de equipos y ahorro en el consumo eléctrico por la operación de los equipos (Intensity, 2020).

Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society
ISSN:3091-1699
Vol. 2 Núm. 4 (2025) Revista Científica

- Tomando como base la segunda columna de la tabla 1 podremos observar que la carga bloque es de 10 TR, se toma como referencia este valor y de esta manera podemos seleccionar la unidad condensadora de 10 TR y no de 13 TR cómo se realizó en el primero método. De esta forma tendríamos una diversidad del 130%, es decir, 13 TR en evaporadoras vs 10 TR en condensadora (Intensity, 2020).

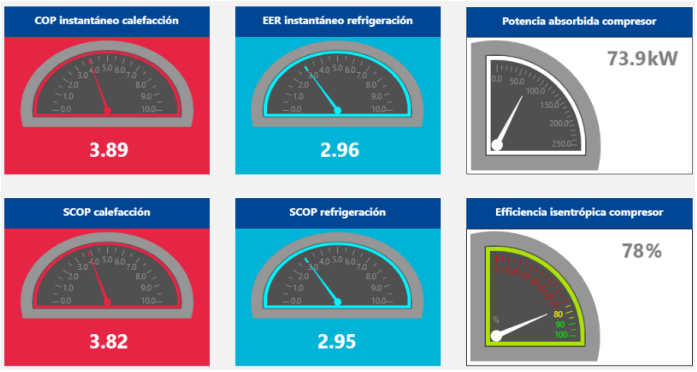
Gráfico 1. Cargas (Articae, 2022).

Carga Pico Capacidad térmica por espacio (T.R.)	Carga Bloque Capacidad térmica por espacio (T.R.)	Evaporadores Selección de equipos (T.R.)
1.8	1.8	2.0
4.8	4.8	5.0
1.4	0.8	1.5
1.2	0.7	1.5
2.7	1.9	3.0
11.9	**10.0**	**13.0**

3.1.6. Optimización energética en sistema de refrigeración

Medición y monitorización: La monitorización de los consumos y la medición de los rendimientos es fundamental para saber el punto de partida, conocer la línea base de consumo, medir y verificar ahorros después de implementar medidas de ahorro y eficiencia energética y detectar posibles fallos en el sistema de forma preventiva (Articae, 2022).

Gráfico 2. Panel de instrumentos (Articae, 2022).

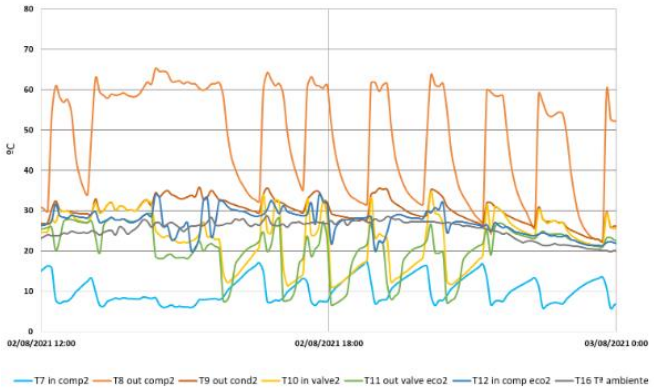


3.1.7. Análisis de los datos medidos

Es necesario analizar los datos obtenidos en las mediciones. Existen diversas técnicas para ello, que combinan la termodinámica con la gestión energética.

Gráfico 3. Grafica de temperaturas

Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society
ISSN:3091-1699
Vol. 2 Núm. 4 (2025) Revista Científica



Para poder realizar la transición a la industria es necesario recoger, almacenar y procesar una gran cantidad de datos en nuestra instalación. Pero no basta con esto, sino que estos datos deben ser procesados de forma que permitan mejorar. Esto hará avanzar el proceso hacia la optimización (Articae, 2022).

3.1.8. Optimización energética mediante técnicas convencionales e inteligencia artificial

Analizar los datos obtenidos mediante la monitorización, se puede observar cuáles son los puntos con consumos significativos y ver dónde es posible actuar. Algunas de las medidas de ahorro y eficiencia energética más típica y una de ellas son las siguientes: (Articae, 2022)

- Incorporar variadores de frecuencia en los compresores
- Implementar la condensación y evaporación flotante
- Mejorar los aislamientos y cerramientos de las distintas cámaras
- Renovar los sistemas de producción de frío por otros más modernos, ecológicos y eficientes con refrigerantes naturales como son el NH3 y CO2. (Articae, 2022)

Para que una instalación gaste menos energía, hay que ir más allá y ser más eficientes. Se trata de hallar el modo en que mejor funciona la instalación, considerando muchas cosas de las que depende. Por ejemplo, el clima de afuera, el frío necesario, la temperatura tope para guardar algo, el mejor punto para los compresores, etc. (Articae, 2022)

3.1.9. Optimización del rendimiento de sistemas de refrigeración con IA

Una forma clave en que la IA ayuda es optimizando el sistema. La IA usa datos al instante para cambiar cómo funciona el sistema. Esto se basa en factores como la carga, el clima y el uso que se le da. De este modo, se acortan los tiempos de inactividad, se reducen los gastos significativos y se alarga la vida útil del sistema (Vázquez, 2023).

3.1.10. Predictibilidad y mantenimiento preventivo

Una de las dificultades más difíciles en el sector de la refrigeración es predecir cuándo y dónde se producirá la próxima avería. La IA puede identificar eficazmente patrones y tendencias, lo que permite realizar un mantenimiento preventivo y evitar así averías catastróficas (Vázquez, 2023).

3.2. Diseño desarrollado de intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor son dispositivos que transmiten energía térmica entre dos fluidos sin mezclarlos. Para evitar la mezcla, los fluidos suelen estar separados por una pared sólida (con alta conductividad térmica), aunque también pueden estar en estrecho contacto.

Los intercambiadores de calor se clasifican principalmente en función de su disposición de flujo y su estructura. El intercambiador de calor más sencillo es el que mueve fluidos calientes y fríos en la misma dirección o en direcciones opuestas. Este intercambiador de calor está formado por dos tubos concéntricos de distintos diámetros (Connor, 2020).

- **Disposición de flujo paralelo:** Los fluidos calientes y fríos entran en el mismo extremo, fluyen en la misma dirección y salen en el mismo extremo (Thermal Engineering, 2025).
- **Disposición de contraflujo:** Los fluidos entran en los extremos opuestos, fluyen en direcciones opuestas y salen en los extremos opuestos (Thermal Engineering, 2025).

3.2.1. Implementación de Sistemas de Control Inteligente

La importancia de los sistemas de refrigeración eficientes los centros de datos generan cantidades sustanciales de calor debido al funcionamiento continuo de servidores, conmutadores y otro hardware. Una refrigeración inadecuada puede provocar fallos en el equipo, reducción del rendimiento e incluso daños permanentes (ENERGY5, 2023). Con la creciente demanda de procesamiento y almacenamiento de datos, los centros de datos deben gestionar eficazmente los crecientes niveles de calor para evitar costosas interrupciones. Lograr niveles óptimos de temperatura y humedad es crucial para preservar el rendimiento del hardware, la eficiencia energética y la longevidad del sistema.

Los controles avanzados de HVAC ofrecen una gama de características y capacidades innovadoras que mejoran el rendimiento y la resistencia de los sistemas de refrigeración de los centros de datos. Exploremos algunos de los beneficios y características clave de estas soluciones avanzadas (ENERGY5, 2023):

- **Monitoreo y control de precisión:** Los controles avanzados de HVAC permiten el monitoreo en tiempo real y el ajuste preciso de los niveles de temperatura y humedad en entornos de centros de datos. Este enfoque proactivo ayuda a mantener condiciones óptimas, evitando el sobrecalentamiento y reduciendo el consumo de energía.

- **Monitoreo y control de precisión:** Los sistemas de control climático avanzados hacen posible supervisar y ajustar en tiempo real los niveles de temperatura y humedad en los centros de datos. Esta estrategia proactiva contribuye a mantener condiciones perfectas, evitando el sobrecalentamiento y reduciendo el uso de energía.

- **Automatización inteligente:** El análisis predictivo y los algoritmos de aprendizaje automático son algunos de los elementos de automatización inteligente integrados en los sistemas HVAC de nueva generación. Estas características permiten que el sistema aprenda y se adapte en función de los datos anteriores, lo que se traduce en una gestión de la refrigeración más eficiente y adaptable.

- **Medidas de redundancia y a prueba de fallos:** Los controles avanzados están equipados con funciones de redundancia y a prueba de fallos que aseguran que la refrigeración continúe, incluso si un componente falla o hay un corte de energía. Los sistemas redundantes se activan sin problemas, lo que ayuda a reducir el tiempo de inactividad y a minimizar los riesgos.

- **Monitoreo y Gestión Remota:** Con los controles avanzados de climatización, los administradores de los centros de datos pueden supervisar y manejar los sistemas de refrigeración desde cualquier lugar. Esto mejora la eficiencia operativa al tiempo que reduce la demanda de personal in situ. Las notificaciones y mensajes en tiempo real permiten la resolución preventiva de problemas, mitigando así el efecto de posibles incidentes.

- **Eficiencia energética optimizada:** La implementación de controles avanzados de HVAC en centros de datos ofrece numerosos beneficios, que incluyen. Los variadores de velocidad y la gestión inteligente del flujo de aire son algunas de las estrategias de ahorro de energía utilizadas en estos sistemas contemporáneos. Al ajustar la capacidad de refrigeración en función de la demanda, disminuye el consumo de energía, lo que reduce los costes operativos y el efecto medioambiental.

La implantación de sofisticados sistemas HVAC en los centros de datos ofrece una serie de ventajas, entre ellas (ENERGY5, 2023):

- Gestión eficiente de la refrigeración, evita el sobrecalentamiento y los fallos de los dispositivos.
- Monitorización de precisión y control en tiempo real para optimizar las condiciones de temperatura y humedad.
- Automatización inteligente, que ajusta los sistemas de refrigeración en función de los datos anteriores.
- Los mecanismos de redundancia y a prueba de fallos proporcionan una refrigeración constante incluso en condiciones extremas
- La supervisión y gestión remotas mejoran la eficacia operativa y la capacidad de resolución de problemas.
- Mayor eficiencia energética, gastos más baratos y menor efecto medioambiental.

3.2.2. Enfoque en Seguridad y Prevención de Riesgos

Riesgos Asociados y Consideraciones de Seguridad (Barletta, 2021)**:**

Electricidad

I. **Descargas Eléctricas:** Los sistemas de refrigeración de las máquinas eléctricas pueden estar conectados a fuentes de alta tensión, lo que eleva el riesgo de descargas eléctricas. Así que, cuando trabajes en sistemas eléctricos, es esencial que sigas los procedimientos de seguridad.
II. **Aislamiento y Protección:** Asegura usar herramientas aisladas, llevar el equipo de protección personal (EPP) correcto y desconectar la energía antes de realizar cualquier trabajo en sistemas eléctricos.

Refrigerantes

I. **Gases y Líquidos Refrigerantes:** Varios refrigerantes son tóxicos, inflamables o corrosivos. Si se manipula inadecuadamente puede causar daños a la salud y peligroso para el medio ambiente s. Hay que seguir los protocolos específicos durante su manejo, almacenamiento y eliminación.
II. **Fugas y Ventilación:** Cuando el refrigerante se filtra al medio ambiente, puede representar un peligro. Por eso, es vital implementar medidas para detectar y reparar fugas, y también asegurarse de que haya una ventilación adecuada en los espacios donde se utiliza o almacena el refrigerante.

Riesgos Mecánicos y de Operación

I. **Mantenimiento y Operación Segura:** Se deben seguir procedimientos específicos para el mantenimiento de equipos de refrigeración, evitando riesgos mecánicos durante la manipulación de partes móviles.
II. **Capacitación y Conocimiento del Equipo:** Los trabajadores deben estar capacitados en el funcionamiento y mantenimiento seguro de los sistemas de refrigeración, así como en el uso adecuado del equipo asociado.

Medidas de Prevención y Seguridad:

I. **Procedimientos y Protocolos:** Establecer y adherirse a procesos de trabajo seguros, que incluyen procesos de trabajo peligro que incluyan la identificación de peligros, el uso de equipo de protección personal adecuado y la aplicación de prácticas de trabajo seguras.
II. **Entrenamiento y Capacitación:** Proporcionar capacitación de seguridad frecuente para los empleados que trabajan con sistemas de refrigeración, incluidos peligros especializados, gestión de emergencias y primeros auxilios.
III. **Inspecciones y Mantenimiento Preventivo:** Para minimizar los riesgos, tanto el mantenimiento preventivo como las reparaciones deben adherirse a los estándares recomendados por el productor.
IV. **Normativas y Cumplimiento:** Asegurar el cumplimiento de las regulaciones locales e internacionales para el manejo de aparatos eléctricos y sistemas de enfriamiento.

Recursos y Fuentes de Información:

I. **Regulaciones y Estándares de la Industrial:** Consulta las normativas gubernamentales y criterios de seguridad particulares para la industria de la refrigeración y la electricidad en tu nación.
II. **Manuales y Orientaciones de Productores:** Los productores de maquinaria generalmente suministran manuales y directrices de seguridad específicas para sus productos.
III. **Capacitaciones y Cursos:** Encuentre programas de formación acreditados en seguridad en sistemas de enfriamiento y gestión de equipos eléctricos.

Es fundamental la seguridad en los sistemas de enfriamiento de maquinaria eléctrica para evitar accidentes, lesiones y perjuicios.

3.2.3. Cumplimiento de Regulaciones y Estándares de Seguridad

I. **Ley Orgánica de Seguridad y Salud en el Trabajo (LOSST):** La LOSSST es la ley esencial que regula la seguridad y salud en el trabajo en Ecuador (Moreno, 2024). Establezca las obligaciones y derechos de los empleados y trabajadores en cuanto a la prevención de riesgos laborales. Comprender y cumplir con los requisitos de estas legislaciones es fundamental para garantizar un lugar de trabajo seguro.
II. **Reglamento General de Seguridad y Salud en el Trabajo:** El Reglamento General enriquece la LOSSST y dicta directrices más precisas acerca de los elementos particulares de la seguridad industrial. Incluye normativas relacionadas con la valoración de riesgos, equipos de protección individual, formación, comités de seguridad, entre otros aspectos. Garantiza tu familiaridad con este reglamento y su aplicación.
III. **Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE):** Las Normas Técnicas Ecuatorianas son recomendaciones creadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) para garantizar la seguridad y la calidad en diversas disciplinas. En el contexto de la seguridad industrial, estas NTE abordan temas como el uso adecuado de equipos de protección personal, señalización, instalaciones eléctricas, protección contra incendios, y otros (AprendeIndustrial, 2024). Siendo fundamental reconocer que las NTE es relevante para la industria y la implementación efectiva.
IV. **Programa de Prevención de Riesgos Laborales:** Es un plan esencial que todas las compañías deben ejecutar. En este programa debe contemplar una valoración de riesgos, acciones preventivas, protocolos de emergencia, historiales de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo, entre otros elementos. El plan de prevención de riesgos laborales, debe estar actualizado el de acuerdo con las normativas actuales.
V. **Inspecciones de seguridad:** Las autoridades ecuatorianas realizan inspecciones periódicas para verificar que se cumplen las normas de seguridad industrial. Es fundamental prepararse

adecuadamente para estas inspecciones, asegurándose de que se cumplen todas las variables relacionadas con la seguridad, como el estado de los equipos de protección individual, la señalización, el estado de las instalaciones y la documentación adecuada.

VI. **Capacitación y formación:** La formación y la educación en materia de seguridad industrial son fundamentales para cumplir las normas y promover una cultura de la seguridad en el lugar de trabajo. Asegurando de que el personal recibe la formación esencial sobre los peligros laborales relacionados con su empleo, el uso adecuado de los equipos de protección individual, los procedimientos de emergencia y cualquier otro elemento pertinente para su seguridad

VII. **Mantenimiento y actualización constante:** La seguridad industrial es un proceso continuo que requiere mantenimiento y actualizaciones periódicas. Revisar periódicamente sus procesos, normas y equipos de seguridad para asegurarse de que están actualizados y en perfecto estado de funcionamiento. Manténgase al día de cualquier cambio en las leyes y reglamentos para garantizar su cumplimiento (Rodríguez, 2024)

3.3. Resultados argumentativos de la revisión.

Sobre la combinación de conjunto de técnicas como variadores de frecuencia, condensación flotante e inteligencia artificial ha demostrado una mejora significativa en la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración, logrando reducir hasta un 20% del consumo eléctrico según el análisis de ARTICAE. Estas innovaciones, combinadas con el uso de refrigerantes naturales como el NH_3 y el CO_2, no solo permiten una operación más eficiente, sino que también impulsan la sostenibilidad ambiental al minimizar el impacto del uso de gases de alto GWP. Con el análisis de datos a través de redes neuronales y gemelos digitales posibilita un control adaptativo que ajusta automáticamente el sistema ante las condiciones cambiantes de carga térmica, aumentando la vida útil de los equipos y reduciendo costos operativos, lo que permite a las empresas tener una ventaja competitiva en un mercado cada vez más orientado en eficiencia y sostenibilidad.

En lo que es la Seguridad industrial y desempeño normativo en refrigeración de máquinas eléctricas Los riesgos agrupados a los sistemas de refrigeración, como descargas eléctricas, fugas de refrigerante y fallas mecánicas, exigen una aplicación rigurosa de las normativas ecuatorianas de seguridad y salud en el trabajo, como la LOSST y el Reglamento General de Seguridad mencionado por Rodríguez, 2024. La delicada implementación de formalidades de aislamiento eléctrico, el uso de EPP adecuado y el seguimiento de procedimientos de mantenimiento seguro reducen significativamente la exposición a peligros, entre otros.

Por último, en lo que respecta al diseño técnico y el control inteligente en centros de datos y entornos críticos, es importante señalar que el diseño de sistemas de refrigeración con intercambiadores de calor eficientes y controles avanzados de climatización es fundamental en aplicaciones críticas como los centros de datos, donde la demanda térmica es constante.

En base elección adecuada de capacidades térmicas de evaporadores y condensadoras, basada en cargas pico y cargas bloque, permite una planificación técnica más precisa, evitando sobredimensionamientos costosos o su dimensionamientos peligrosos según Intensity, 2020, dice que los sistemas de control inteligente no solo aseguran una operación continua mediante superfluidades, sino que también optimizan el consumo energético gracias al monitoreo remoto, el aprendizaje automático y la automatización, ya que esta evolución de técnica convierte los sistemas de refrigeración en infraestructuras resilientes, adaptables y altamente eficientemente.

4. Conclusiones

Al optimizar el sistema de refrigeración en máquinas eléctricas cuyo aspecto fundamental es garantizar tanto la eficiencia energética como la seguridad laboral. Al realizar una combinación entre el diseño

adecuado de las instalaciones, el uso de las tecnologías eficientes y la implementación de medidas de seguridad son las que contribuyen significativamente a maximizar el rendimiento y reducir riesgos en estos sistemas.

Se destaca la eficiencia y rendimiento que ayuda a la reducción de costos operativos y prolonga la vida útil de los equipos optimizando así su rendimiento; la tecnología innovadora brindan un control de sistemas avanzados, sensores de monitoreo y materiales más eficientes; seguridad en el trabajo es primordial en el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración en máquinas eléctricas, el cumplimiento de normativas y el manejo de refrigerante en conjunto con la capacitación del personal y el uso de equipos de protección personal son fundamentales para evitar riesgos laborales.

La optimización de los sistemas de refrigeración en los equipos eléctricos es fundamental para garantizar la estabilidad térmica y evitar averías prematuras, especialmente en entornos industriales con un alto consumo energético. El uso de tecnologías de refrigeración adecuadas, materiales sofisticados y medidas de mantenimiento frecuentes aumenta la transmisión de calor y reduce las pérdidas de energía. Además, el cumplimiento de los requisitos de seguridad y el uso de tecnología moderna garantizan un funcionamiento eficiente y seguro, protegiendo tanto los equipos como a las personas involucradas.

Referencias

Ahed. (23 de Agosto de 2024). *Diseño avanzado de intercambiadores* . Obtenido de https://www.hrs-ahed.com/es/diseno-avanzado-de-intercambiadores

AprendeIndustrial. (08 de Julio de 2024). *Guía completa de normativas de Seguridad Industrial*. Obtenido de https://aprendeindustrial.com/normativas-y-legislacion-en-seguridad-industrial/

Articae. (26 de Enero de 2022). *4 pasos para la optimización energética en sistemas de refrigeración industrial*. Obtenido de https://articae.com/2022/01/26/optimizacion-energetica-refrigeracion-industrial/

Barletta, G. A. (2021). *PRODUCCION.GOB.EC*. Obtenido de https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/Manual-refrigeracion-y-aire-acondicionado.pdf

Connor, N. (6 de Enero de 2020). *thermal-engineering*. Obtenido de https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-intercambiador-de-calor-definicion/

ENERGY5. (25 de Diciembre de 2023). *energy5*. Obtenido de https://energy5.com/es/optimizaci%C3%B3n-de-los-sistemas-de-refrigeraci%C3%B3n-controles-avanzados-de-hvac-para-una-mayor-resiliencia-del-centro-de-datos

Hernández, S. R. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education. https://doi.org/https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612

Intarcon. (26 de Abril de 2023). *La importancia de no equivocarse en la elección de equipos de refrigeración*. Obtenido de https://www.intarcon.com/la-importancia-de-no-equivocarse-en-la-eleccion-de-equipos-de-refrigeracion/#:~:text=La%20importancia%20de%20no%20equivocarse%20en%20la%20elecci%C3%B3n,Tama%C3%B10%20c%C3%A1mara.%20...%205%20Configuraci%C3%B3n%20del%20equipo.%20

Intensity. (11 de Febrero de 2020). *seleccion y dimensionamiento correcto de un sistema de refrigerante variable*. Obtenido de https://intensity.mx/es/blog/seleccion-y-dimensionamiento-correcto-de-un-sistema-de-refrigerante-variable-vrf

Lara, L. J. (2024). Diseño de un intercambiador de calor de coraza y tubos. Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI,. *vol. 12,*, p. 116-122. https://doi.org/file:///C:/Users/USer/Downloads/Diseno_de_un_intercambiador_de_calor_de_coraza_y_t.pdf

Lasso, O. C. (2021). *Diseño y simulación de un intercambiador de calor de tubo y coraza con una capacidad de 31 m3/h para el proceso de enfriamiento de agua hasta 16° C en la Planta Sigmaplast*. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19976/1/UPS%20-%20TTS331.pdf

Moreno, M. R. (2024). *Plan de seguridad y salud ocupacional en el trabajo para la empresa construcciones y reparaciones agrícolas Fernández*. Obtenido de http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27635

Nuñez, H. L. (29 de Junio de 2020). Metodología para el diseño de intercambiadores de calor tipo coraza y tubos. *7*(23), 7-18. https://doi.org/https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol7num23/Revista_de_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V7_N23_2.pdf

Prieto, A. P. (05 de Mayo de 2021). *Diseño de un sistema de refrigeración para naves industriales del sector farmacéutico en la ciudad de Barranquilla*. Obtenido de https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/9573#page=1

Rodríguez, J. I. (24 de Octubre de 2024). *Mantenimiento de instalaciones térmicas y de fluidos: todo lo que deberías saber*. Obtenido de https://www.fracttal.com/es/blog/mantenimiento-instalaciones-termicas-fluidos

Thermal Engineering. (2025). *¿Qué es el intercambiador de calor de carcasa y tubo? – Definición*. Obtenido de https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-intercambiador-de-calor-de-carcasa-y-tubo-definicion/

Toro, T. J. (2020). *Normativa en seguridad y salud ocupacional en el Ecuador*. Obtenido de Revista Universidad y Sociedad, 12(S1), 497-503: https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1887/1880

Vázquez, C. (7 de Julio de 2023). *osakasolutions*. Obtenido de https://osakasolutions.com/es/blog/optimiza-tus-sistemas-de-refrigeraci%C3%B3n-con-ia-c%C3%B3mo-hacerlo

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.