

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Prefactibilidad de instalación de almacén de frío con energía solar en  
la fábrica Hielo Rosymar S.A.C para reducir costos eléctricos**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Dayana Teresa Aguirre Neira**

**ASESOR**

**Annie Mariella Vidarte Llaja**

<https://orcid.org/0000-0002-8948-2899>

**Chiclayo, 2026**

**Prefactibilidad de instalación de almacén de frío con energía solar en la fábrica Hielo Rosymar S.A.C para reducir costos eléctricos**

PRESENTADA POR  
**Dayana Teresa Aguirre Neira**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Diana Peche Cieza  
PRESIDENTE

Abel Enrique Gonzalez Wong  
SECRETARIO

Annie Mariella Vidarte Llaja  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mi familia, pero sobre todo a mis padres Rogger Aguirre y Rafaela, por ser mi mayor inspiración. Gracias por su esfuerzo incansable, su apoyo incondicional y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del trabajo honesto y la perseverancia. Todo lo que soy y logro es reflejo de su amor y sacrificio.

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a mis padres Rogger Aguirre y Rafaela Neira, por su amor, comprensión y constante apoyo a lo largo de este camino. Su confianza en mí ha sido fundamental para seguir adelante. A mis hermanos Nicole y Diogo, quienes han sido una fuente constante de ánimo, compañía y fortaleza. También extiendo mi agradecimiento a mi Asesora Annie Vidarte, por su guía, paciencia y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo. Su dedicación ha sido clave en mi formación académica y personal.

# Prefactibilidad de instalación de almacén de frío con energía solar en la fábrica Hielo Rosymar S.A.C para reducir costos eléctricos

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>15%</b>	<b>14%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repository.usta.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>informanet1.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>alejandria.poligran.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Índice

Resumen .....	9
Abstract .....	10
Introducción.....	11
Revisión de literatura.....	15
Materiales y Métodos .....	28
Resultados y Discusión.....	33
Discusiones.....	102
Conclusiones.....	104
Recomendaciones.....	105
Referencias .....	110
Anexos.....	115

## Lista de Tablas

Tabla 1. Matriz de operacionalización .....	29
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección .....	30
Tabla 3. Costos percibidos eléctricos .....	43
Tabla 4. Costos de consumo energético 2024.....	45
Tabla 5. Costos eléctricos en el año 2023 y 2024 .....	46
Tabla 6. Costos directamente proporcionales al consumo eléctrico en soles (S/.) .....	48
Tabla 7. Tabla de Pareto .....	50
Tabla 8. Eficiencia Económica 2024.....	51
Tabla 9. Eficiencia Económica 2023 .....	52
Tabla 10. Producción 2024 .....	52
Tabla 11. Demanda insatisfecha 2020-2024.....	53
Tabla 12. Matriz de indicadores de la variable dependiente.....	54
Tabla 13. Resumen de indicadores actuales .....	54
Tabla 14. Capacidad de producción de planta .....	55
Tabla 15. Capacidad de almacenamiento actual .....	55
Tabla 16. Demanda total del 2020-2024.....	56
Tabla 17. Demanda total proyectada periodo 2025-2029.....	57
Tabla 18. Capacidad de nuevo almacén .....	57
Tabla 19. Determinación del área del almacén .....	59
Tabla 20. Capacidad por pallet.....	59
Tabla 21. Número de pallets .....	61
Tabla 22. Conductividad térmica de materiales de construcción.....	63
Tabla 23. Cálculo de U .....	65
Tabla 24. Cálculo de U restantes.....	65
Tabla 25. Cálculo de Carga Térmica por Transmisión.....	65
Tabla 26. Calor equivalente por persona de acuerdo a la temperatura del enfriador .....	69
Tabla 27. Carga térmica.....	70
Tabla 28. Composición del amoniaco R717 .....	71
Tabla 29. Identificación de Equipos y Potencias de Posa .....	72
Tabla 30. Estimación de tiempo de operación .....	73
Tabla 31. Estimación de tiempo de operación .....	75
Tabla 32. Plan de Mantenimiento .....	76

Tabla 33. Sistema de refrigeración.....	77
Tabla 34. Selección del sistema de refrigeración y su contribución al almacén.....	78
Tabla 35. Selección de los componentes principales del sistema de refrigeración proyectado para el almacén de frío en Hielo Rosymar S.A.C .....	81
Tabla 36. Matriz de comparación para el sistema de Refrigeración .....	83
Tabla 37. Balance de Energía – Almacén de Frío con Sistema Solar .....	84
Tabla 38. Capacitación para el Nuevo Almacén de Frío .....	86
Tabla 39. Cuadro Comparativo de Beneficios: Reducción de Costos Eléctricos con y sin Almacén de Frío .....	87
Tabla 40. Proceso Productivo Mejorado .....	88
Tabla 41. Nuevos indicadores .....	90
Tabla 42. Implementación del Almacén de Frío con Energía Solar .....	91
Tabla 43. Costo de herramientas y equipos .....	92
Tabla 44. Costo de mano de obra del personal de mantenimiento.....	92
Tabla 45. Estado de resultados.....	93
Tabla 46. Flujo de Caja.....	94
Tabla 47. Leyenda de la matriz Leopold .....	100
Tabla 48. Descripción de actividades a realizar .....	107
Tabla 49. Matriz de Consistencia .....	109

## Lista de figuras

Figura 1. Tipos de paneles.....	26
Figura 2. Esquema del sistema .....	27
Figura 3. Esquema de instalación solar fotovoltaica aislada .....	27
Figura 4. Ubicación de la empresa.....	33
Figura 5. Análisis FODA del mercado actual de hielo.....	34
Figura 6. Compresores modelo N6MII .....	35
Figura 7. Compresor modelo Modelo N6MII.....	35
Figura 8. Agitadores marca WEG.....	36
Figura 9. Bombas PedroRollo .....	36
Figura 10. Visualización de las dos trituradoras .....	37
Figura 11. Vista de la poza en la planta.....	37
Figura 12. Vista lateral de los pozos .....	38
Figura 13. Diagrama de flujo .....	40
Figura 14. Diagrama de Ishikawa .....	41
Figura 15. Comparativa de los costos eléctricos en el año 2023 vs. 2024 .....	47
Figura 16. Diagrama de Pareto .....	50
Figura 17. Comportamiento de la demanda total del periodo 2020-2024 .....	56
Figura 18. Distribución del almacén .....	60
Figura 19. Distribución Matriz iperc del proceso de almacén .....	97
Figura 20. Matriz de Leopold de la construcción, implementación y funcionamiento del almacén con paneles sola .....	99

## Resumen

Hielo Rosymar S.A.C., empresa lambayecana dedicada a la producción de hielo industrial, ha mostrado crecimiento en los últimos años, pero enfrenta dificultades como una alta demanda insatisfecha del 14% en 2024 y elevados costos por consumo eléctrico. Ante ello, se planteó como objetivo principal evaluar la prefactibilidad de implementar un almacén de frío con energía solar para reducir dichos costos. Para lograrlo, se definieron tres objetivos específicos: analizar el consumo y costos energéticos del proceso productivo, evaluar la viabilidad técnica y tecnológica del nuevo almacén, y determinar su viabilidad económica, financiera, social y ambiental. El análisis evidenció un gasto anual en energía de S/ 605 618,00 con un incremento del 2,19% respecto a 2023. Además, se identificó que la principal causa de pedidos no atendidos era la limitada capacidad de almacenamiento. La evaluación técnica mostró que la implementación de energía solar permitiría reducir el gasto eléctrico en un 36,25%, equivalente a S/ 219 536,53. Según el método de Guerchet, se requiere una planta de 60 m<sup>2</sup> para cubrir la demanda proyectada a cinco años, lo que también ayudaría a reducir el 100% de demanda insatisfecha. Finalmente, el análisis económico arrojó un índice beneficio/costo (B/C) de 1.48, demostrando que el proyecto es rentable, ya que por cada sol invertido se obtiene un retorno de S/ 0,48.

**Palabras clave:** Hielo, demanda no atendida, paneles solares.

### **Abstract**

Hielo Rosymar S.A.C., a Lambayeque-based company dedicated to the production of industrial ice, has shown growth in recent years, but faces challenges such as a high unmet demand of 14% by 2024 and high electricity costs. Given this, the main objective was to evaluate the pre-feasibility of implementing a solar-powered cold storage facility to reduce these costs. To achieve this, three specific objectives were defined: to analyze the energy consumption and costs of the production process; to evaluate the technical and technological feasibility of the new facility; and to determine its economic, financial, social, and environmental viability. The analysis revealed an annual energy expenditure of S/ 605 618,00, an increase of 2,19% compared to 2023. Furthermore, the main cause of unfulfilled orders was identified as limited storage capacity. The technical evaluation showed that implementing solar energy would reduce electricity costs by 36,25%, equivalent to S/ 219 536,53. According to the Guerchet method, a 60 m<sup>2</sup> plant is required to cover projected demand over five years, which would also help reduce the 100% unmet demand. Finally, the economic analysis yielded a benefit/cost (B/C) ratio of 1.48, demonstrating that the project is profitable, as for every sol invested, the project yields a return of S/ 0,48.

**Keywords:** Ice, unmet demand, solar panels.

## Introducción

El tamaño del mercado mundial de fabricantes y máquinas de hielo comerciales fue de 1 324 millones de dólares en 2022, con una proyección de alcanzar los 1 809,79 millones de dólares en 2032, lo que representa una tasa compuesta anual del 3,196%. Este crecimiento se atribuye a diversos factores, incluido un aumento en la demanda de hielo en sectores como la hostelería, la atención médica y la industria alimentaria, así como a las innovaciones tecnológicas en la fabricación de máquinas de hielo. La producción mundial de hielo ha experimentado un crecimiento en los últimos años, destacando la importancia de entender los costos asociados a establecer una fábrica de hielo. [1]. Los gastos iniciales pueden variar significativamente según el tamaño de la planta y la tecnología utilizada, oscilando típicamente entre los \$50 000 y los \$250 000 dólares para la construcción y adquisición de equipos. Además, se deben considerar los costos operativos, como el consumo de energía eléctrica y el mantenimiento de las instalaciones, que impactan directamente en la rentabilidad a largo plazo del negocio [2]. En este contexto, la energía fotovoltaica emerge como una alternativa clave para satisfacer las crecientes demandas energéticas de las industrias modernas.

El mercado mundial de la energía fotovoltaica está experimentando un periodo de análisis y ajuste, según lo sugiere el informe de Bárcena [3], que indica una posible desaceleración en el ejemplo, se proyecta que las instalaciones mundiales alcancen un promedio de 350 gigavatios (GW) cada año durante este período, con un pico de 371 GW de energía solar instalada en 2025 y 2030. En el contexto español, como señala el informe de QBE [4], se evidencia un crecimiento en la generación de electricidad renovable, con un incremento del 42% entre 2017 y 2022, alcanzando los 68GW. Además, se prevé que la generación de electricidad a partir de fuentes renovables aumentará un 6,5% en 2024 y un 4,6% en 2025.

El costo de la energía eléctrica a nivel mundial ha experimentado un aumento significativo, impactando directamente a las industrias que dependen del enfriamiento, como los almacenes de hielo. Estos sistemas, que utilizan hielo como medio de almacenamiento térmico, pueden generar ahorros en la factura energética de hasta el 40% al aprovechar tarifas eléctricas más bajas durante las horas nocturnas para producir hielo. [5] Este enfoque no solo optimiza el uso de energía, sino que también reduce la demanda máxima durante el día, cuando las tarifas son más elevadas. En términos cuantitativos, el consumo energético de una máquina de hielo puede variar entre 3 y 6 kWh por ciclo, lo que se traduce en costos mensuales que oscilan entre 15 y 25 euros, dependiendo del precio del kilovatio hora en cada región. Además, al implementar

sistemas como el ICEBAT, se puede almacenar desde 150 kWh hasta 18 MWh de energía frigorífica, lo que permite una gestión más eficiente y económica del consumo energético en estos almacenes.

En América Latina, la transición hacia un modelo energético más sostenible y diversificado es cada vez más evidente, con un aumento considerable en la participación de energías renovables en la matriz energética. Por ejemplo, en Chile, el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC) está revisando el límite de potencia conectada para facilitar el acceso de más empresas, especialmente pymes, al régimen de clientes libres, lo que podría incrementar la participación de estas empresas en un 20% en el mercado energético. Además, en Colombia, la reciente subasta de cargo por confiabilidad adjudicó 156,2 GWh/día de capacidad de respaldo para el período 2027-2028, con un aumento del 15% en comparación con la capacidad adjudicada en la subasta anterior, destacando así el compromiso del país con la generación de energía a partir de fuentes solares y la diversificación de su matriz energética [6]

En el contexto peruano, la importancia de la transición hacia un modelo energético más sostenible se vuelve crucial, considerando las preocupaciones medioambientales y el crecimiento económico. Beraún y otros [7] destaca cómo el desarrollo económico ha llevado a una mayor degradación del medio ambiente, especialmente a través de la generación de grandes cantidades de contaminantes por parte del sector de las centrales eléctricas. A su vez, el Ministerio de Energía y Minas [8] informa que la generación eléctrica nacional con recursos renovables no convencionales ha experimentado un aumento significativo, alcanzando los 386 GWh en enero de 2024, lo que representa un incremento del 44% en comparación con el mismo período del año anterior. Esto constituye el 7.1% de la producción nacional de energía eléctrica, un aumento importante desde el 5.2% registrado en enero de 2023. Este aumento en la generación eléctrica se atribuye en parte a la actividad económica de las grandes industrias del país. Mientras tanto, las centrales hidroeléctricas y las unidades térmicas, que utilizan gas natural como recurso, también han experimentado cambios en su producción, con un aumento del 17% y una disminución del 20%, respectivamente, en comparación con enero de 2023. Estos datos cuantitativos muestran un panorama en el que el impulso hacia las energías renovables está cobrando cada vez más importancia en la matriz energética peruana.

En la región Lambayeque, la empresa Hielo Rosymar S.A.C. enfrentó serias dificultades relacionadas con los altos costos eléctricos derivados de su proceso de producción de hielo, lo que impactó negativamente en su rentabilidad y competitividad en el mercado. Solo en el

año 2024, los gastos por consumo eléctrico ascendieron a S/ 605 618, originados por múltiples factores operativos y técnicos, entre los que destacan: Elevado número de pedidos no atendidos (S/ 1 155 360), Sobre exigencia de almacén (S/. 16 000), Componentes de baja calidad (S/ 14 888), Falta de capacitación y supervisión efectiva (S/ 6 450) y Cargo por reposición (S/ 132,84). Otro problema identificado en la empresa es la existencia de una demanda no atendida, registrada durante el año 2024 en un volumen de 7 308 toneladas. Esta situación se originó debido a que, si bien la planta posee una capacidad de producción de 204 toneladas diarias, dicha capacidad se ve restringida por la limitada capacidad del almacén actual, que solo permite conservar 104 toneladas por día.

Con base a las cuestiones anteriores, se plantea la siguiente pregunta de investigación al problema: ¿La instalación de un nuevo almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC reducirá costos eléctricos?

Con la finalidad de poder responder esta incógnita se estableció como objetivo general determinar la prefactibilidad de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC. De la misma forma, se estableció como objetivos específicos, analizar el consumo de energía eléctrica y los costos asociados en el proceso de producción de hielo en Hielo Rosymar SAC, evaluar la viabilidad técnica y tecnológica de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC y determinar la viabilidad económica, financiera, social y ambiental de la instalación de un almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC.

La investigación se justifica teóricamente debido a que aborda la necesidad de incorporar soluciones energéticas sostenibles en procesos industriales de alto consumo, como la producción y almacenamiento de hielo. En ese sentido, el estudio contribuye al cuerpo de conocimientos existentes sobre eficiencia energética y energías renovables aplicadas al sector industrial, específicamente mediante la evaluación de la prefactibilidad técnica de un sistema de almacenamiento de frío alimentado por energía solar.

La investigación se justifica socialmente debido a que promueve el desarrollo sostenible en contextos regionales como Lambayeque, donde la generación de empleo y la estabilidad de las micro y pequeñas empresas son fundamentales para el bienestar comunitario. La implementación de tecnologías limpias en la industria local no solo favorece la continuidad operativa de las empresas, sino que también puede generar nuevas oportunidades laborales en instalación, mantenimiento y gestión de sistemas solares, fortaleciendo el tejido socioeconómico de la zona.

La investigación se justifica económicamente debido a que el aumento sostenido de los precios de la energía eléctrica, como lo evidencian los picos históricos en el mercado spot, incrementa significativamente los costos de producción. Evaluar la instalación de un sistema de almacenamiento de frío con energía solar representa una alternativa viable para reducir dichos costos, mejorar los márgenes de rentabilidad y aumentar la competitividad de la empresa en el mercado local.

La investigación se justifica ambientalmente debido a que promueve la transición hacia fuentes de energía limpias y sostenibles, reduciendo la dependencia de la matriz energética convencional. La implementación de un sistema fotovoltaico en un almacén de frío permite disminuir el consumo eléctrico de origen fósil y, en consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a los objetivos nacionales e internacionales de mitigación del cambio climático.

## Revisión de literatura

Respecto a los antecedentes se cuenta con Kursun [9] cuyo propósito del estudio fue investigar una innovadora integración térmica solar para el almacenamiento de electricidad térmica mediante el sistema Pumped Thermal Electricity Storage (PTES), para reducir los costos adicionales de almacenamiento de calor. La metodología incluyó la presentación de un escenario de integración térmica solar que utiliza los mismos tanques de agua tanto para el almacenamiento térmico de electricidad como para el soporte térmico. Los resultados mostraron que, con el diseño propuesto, la eficiencia del ciclo de carga y descarga varió en un rango específico y la eficiencia exegética del sistema osciló entre valores específicos dependiendo de la energía solar y otros parámetros. Se encontró que el caudal de masa de la fuente de calor fue el parámetro que más afectó económicamente al sistema, y se logró una reducción en el costo nivelado de almacenamiento en comparación con otros escenarios de integración térmica. En conclusión, se demostró que el sistema propuesto tiene un alto potencial como alternativa a otros sistemas PTES térmicamente integrados con una mejora del 1.3 % al 33.2 % al proceso de almacenamiento. Esto proporciona un marco referencial clave para evaluar en la rentabilidad del almacenamiento térmico, ya que demuestra como la integración de sistemas solares reducen costos y mejorar la eficiencia energética.

Azis [10] tuvo como objetivo en el proyecto diseñar y evaluar un sistema de almacenamiento en frío híbrido solar (SHCS) con integración de almacenamiento de energía térmica (TES) para reducir la dependencia y costos de combustibles fósiles. En la metodología se desarrolló un SHCS de 4.88 m x 2.44 m x 2.44 m, utilizando 500 kg de materiales de cambio de fase de solución acuosa de etilenglicol como almacenamiento de energía térmica latente (LTES). Como resultados del análisis tecnoeconómico comparó tres modos de energía (LTES), almacenamiento electroquímico (EES) y sin almacenamiento) y tres materiales de construcción (paneles sándwich de poliuretano (PUR), poliestireno expandido (EPS) y concreto. Los resultados indicaron que el modo LTES tenía un período de recuperación 1.5 años más corto y un valor presente neto (NPV) un 130 % mayor que el modo EES. El sistema LTES mantuvo la temperatura de 3 °C durante 13 horas sin energía externa. Los paneles PUR demostraron superioridad en aislamiento térmico y modularidad frente al concreto, a pesar de su mayor costo inicial, logro un ahorro en general de hasta el 9%. En conclusión, el SHCS con paneles PUR y LTES mostró un rendimiento tecnoeconómico superior, subrayando el potencial de soluciones energéticas alternativas para aplicaciones comerciales y reducción de emisiones de carbono. Respalda la factibilidad

técnica manteniendo temperaturas estables sin un consumo eléctrico y económicamente reduciendo el periodo de recuperación financiera.

En el caso de Griesbach, [11] cuyo objetivo fue explorar la integración de energía solar en sistemas de almacenamiento de frío, específicamente en almacenes de hielo, para reducir los costos eléctricos asociados. La metodología utilizada incluyó la implementación de un sistema que combina el almacenamiento térmico solar con tecnologías de refrigeración, permitiendo aprovechar la energía solar durante las horas pico para generar hielo. Los resultados indicaron que este enfoque no solo optimiza la eficiencia energética del proceso de enfriamiento, sino que también logra una reducción significativa en los costos operativos. Se observó que la implementación de este sistema puede disminuir el costo nivelado de electricidad en comparación con métodos tradicionales, logrando ahorros que oscilan entre un 30% y un 40%. En conclusión, el estudio demuestra que la instalación de almacenes de frío alimentados por energía solar presenta un alto potencial para mejorar la sostenibilidad económica y ambiental en el sector de la refrigeración. Demuestra que la integración de energía solar en sistema de almacenamiento de frío reduce los costos eléctricos, optimizando la eficiencia energética y disminuyendo la dependencia de la red eléctrica.

El propósito del proyecto de Briceño [12] fue explorar el potencial de los sistemas de almacenamiento de energía de hielo (ICES) para proporcionar calefacción y refrigeración combinadas en edificios no residenciales, aprovechando el calor residual sin asistencia solar con la finalidad de mejorar costos. El objetivo es realizar una investigación numérica detallada y una evaluación de un ICES en un edificio de investigación en Bayreuth, Alemania, utilizando datos de medición de un año del sistema que contiene 500 m<sup>3</sup> de almacenamiento. La metodología incluye la optimización del funcionamiento de la planta y el dimensionamiento del sistema, considerando los marcos regulatorios de Alemania, Francia y la UE27 para evaluar su influencia en el proceso de optimización. Los resultados indican que el sistema puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 37 % en su funcionamiento óptimo. Los costos anuales oscilan entre 213 y 287 k€ y las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 148 y 235 t/a, dependiendo de la estrategia operativa. Además, la optimización del dimensionamiento del almacenamiento mediante un método simplex descendente puede mejorar significativamente la eficiencia económica. En conclusión, el uso de ICES no solo mejora la eficiencia ecológica al reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino que también disminuye los costes relacionados con la demanda energética, mostrando su aplicabilidad en diferentes tipos de edificios y condiciones climáticas. Demuestra que la integración de energía solar en sistema de almacenamiento de frío reduce los costos eléctricos, optimizando la eficiencia energética y

disminuyendo la dependencia de la red eléctrica.

Echevarria [13] tuvo como objetivo de este proyecto desarrollar un refrigerador comercial más eficiente energéticamente, alimentado por energía solar fotovoltaica y que mejore el ahorro en costos. La metodología incluye un balance energético de un refrigerador convencional para identificar posibles mejoras, seguido de la implementación de cuatro medidas para construir un refrigerador con mejor desempeño energético y una instalación solar fotovoltaica que proporcione electricidad confiable. Los resultados indican que, mediante una gestión energética adecuada, es viable técnica y económicamente construir refrigeradores eficientes que operen con energía limpia y renovable. La investigación demuestra que es posible desarrollar refrigeradores con una clasificación energética superior, menor impacto ambiental y económicamente viables, logrando un ahorro del 58% en el consumo de electricidad respecto a un refrigerador convencional. Además, se dimensionó una instalación solar fotovoltaica adecuada y accesible en costo, que proporciona electricidad autónoma y sostenible, beneficiando especialmente a los usuarios con suministro eléctrico deficiente. Aunque el refrigerador propuesto supera en eficiencia energética al convencional, aún no alcanza los estándares más altos del etiquetado energético. Contribuye significativamente al campo del diseño y optimización de refrigeradores comerciales con enfoque en eficiencia energética y sostenibilidad. Su principal aporte radica en demostrar la viabilidad técnica y económica de integrar sistemas de energía solar fotovoltaica en refrigeración comercial, logrando una reducción del 58% en el consumo eléctrico.

El propósito del estudio de Blanchard y Little [14] fue evaluar las diversas aplicaciones productivas de la energía generada por sistemas fotovoltaicos en contextos rurales de Tanzania para el ahorro en el consumo energético. La metodología del estudio incluyó un análisis detallado de las necesidades energéticas de las comunidades locales, así como una comparación de diferentes usos de la energía, como la agricultura, la iluminación y la refrigeración. A través de un enfoque de prefactibilidad, se identificaron las opciones más viables para maximizar el impacto socioeconómico de la energía solar. Los resultados del estudio indicaron que la implementación de sistemas fotovoltaicos no solo mejoró el acceso a la energía, sino que también potenciaron la productividad agrícola y generaron nuevas oportunidades de empleo en las comunidades analizadas. En conclusión, la metodología propuesta permitió establecer un marco de referencia para la toma de decisiones en la implementación de tecnologías de energía renovable, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de las comunidades en Tanzania, asimismo optimizaría los costos en hasta un

50%. Demuestra que los sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales de Tanzania optimizan el consumo energético, reduciendo costos hasta en un 50% y mejorando la productividad agrícola. Además, impulsan el desarrollo socioeconómico al generar empleo y facilitar el acceso a energía sostenible. Su metodología establece un modelo de toma de decisiones para implementar energías renovables de manera eficiente. La investigación contribuye al desarrollo sostenible y a la autosuficiencia energética en regiones con acceso limitado a la electricidad.

El estudio de Arboleda [15] tuvo como objetivo analizar la viabilidad y eficiencia de implementar sistemas de energía renovable en edificios, con la finalidad de optimizar el consumo energético y reducir la dependencia de fuentes no renovables para ahorrar en costos. La metodología del estudio incluyó un análisis comparativo de diferentes sistemas de energía renovable, como la solar y la geotérmica, evaluando su capacidad para satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración y producción eléctrica. Se incorporaron modelos de simulación para evaluar el rendimiento de estos sistemas en diversas condiciones climáticas y arquitectónicas. Los resultados mostraron que la integración de sistemas de almacenamiento de energía térmica permitió mejorar la eficiencia energética en un 30%, al tiempo que se redujeron las emisiones de carbono asociadas al uso de energía convencional en un 25%. Además, se identificaron ahorros significativos en los costos operativos a largo plazo. En conclusión, la implementación de estos sistemas renovables no solo promueve la sostenibilidad ambiental, sino que también contribuye a la eficiencia energética en la construcción de edificios, ofreciendo una solución viable para el futuro energético. Demuestra que la integración de energía solar y geotérmica en edificios mejora la eficiencia energética en un 30% y reduce las emisiones de carbono en un 25%. Mediante modelos de simulación, se evaluó su viabilidad en distintos entornos, evidenciando ahorros significativos en costos operativos. La investigación resalta el papel de los sistemas renovables en la construcción sostenible y su potencial para optimizar el consumo energético.

El propósito del estudio de Barragán y Llanes [16] fue desarrollar un sistema de almacenamiento en frío adecuado para las condiciones climáticas de la región, donde la preservación de la calidad de los productos agroindustriales es crítica debido a las altas temperaturas y la falta de infraestructura adecuada. La metodología del estudio incluyó un análisis de la demanda de almacenamiento en frío, identificando las principales necesidades del sector agroindustrial local. Se realizó un diseño arquitectónico del almacén, considerando factores como la eficiencia energética y la sostenibilidad, y se seleccionaron tecnologías avanzadas de refrigeración que permitieran mantener una temperatura constante,

minimizando el consumo de energía. Además, se evaluaron diferentes materiales de construcción y sistemas de aislamiento térmico para optimizar la conservación de los productos. Los resultados mostraron que el diseño propuesto logró mantener la calidad de los productos almacenados durante periodos prolongados, reduciendo las pérdidas por deterioro en un 30%. Asimismo, se observó una reducción del 20% en los costos operativos en comparación con almacenes tradicionales. En conclusión, el almacén diseñado no solo proporcionó una solución eficiente para la conservación de productos en la región, sino que también se destacó por su sostenibilidad y viabilidad económica en un entorno con alto potencial agroindustrial. Optimiza el almacenamiento en frío para la agroindustria, reduciendo en un 30% las pérdidas por deterioro y en un 20% los costos operativos. Su diseño eficiente y sostenible mejora la conservación de productos en regiones de alta temperatura. Además, proporciona un modelo viable para infraestructuras energéticamente eficientes.

El proyecto de Barrón [17] se enfocó en la reducción de costos energéticos y la mejora de la sostenibilidad en los sistemas de refrigeración utilizados en la industria pesquera. La investigación partió de la premisa de que los costos energéticos representan una porción significativa de los gastos operativos en la industria, y que la optimización de estos sistemas podría generar ahorros considerables y reducir el impacto ambiental. La metodología incluyó un análisis comparativo de diversas tecnologías de refrigeración, evaluando su eficiencia energética y su impacto ambiental. Se realizaron pruebas piloto con sistemas de refrigeración de última generación, incorporando tecnologías como la refrigeración por CO<sub>2</sub> y el uso de energía solar para el suministro eléctrico. Los resultados indicaron que la implementación de estas tecnologías permitió una reducción del 25% en el consumo de energía y una disminución del 15% en las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, las mejoras implementadas contribuyeron a una mayor estabilidad operativa y una reducción en los costos de mantenimiento de los equipos. En conclusión, el estudio demostró que la adopción de tecnologías energéticamente eficientes no solo es viable para la industria pesquera, sino que también es una estrategia efectiva para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector. Demuestra que la optimización de los sistemas de refrigeración en la industria pesquera reduce el consumo energético en un 25% y las emisiones de gases en un 15%. La incorporación de tecnologías como la refrigeración por CO<sub>2</sub> y energía solar mejora la sostenibilidad y reduce costos operativos. Además, fortalece la estabilidad y eficiencia de los equipos, impulsando la competitividad del sector.

En su artículo de Rami [18]. El objetivo fue evaluar el diseño, la economía y la

contabilidad ambiental de una cámara frigorífica alimentada con energía solar para el almacenamiento de pescado en mercados tradicionales. La metodología utilizada incluyó simulaciones paramétricas con TRNSYS 16 para analizar el comportamiento térmico del sistema y el software SAM 2017.9.5 para determinar las especificaciones del sistema fotovoltaico, resultando en una unidad de refrigeración acoplada a un sistema solar de 15,3 m<sup>2</sup> con una capacidad nominal de 1,8 kW. Los resultados indicaron que el sistema propuesto logra un costo nivelado de refrigeración (LCOC) de 0,131 \$/kWh y un período de recuperación descontado (DPP) de 3.5 años, además de evitar la emisión de 437,56 toneladas de CO<sub>2</sub>. En conclusión, el estudio demuestra que la implementación de energía solar en sistemas de refrigeración para el almacenamiento de pescado puede mejorar significativamente la sostenibilidad económica y ambiental del sector. Este estudio demuestra el potencial de energías renovables para reducir costos operativos, disminuir emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorar la eficiencia del almacenamiento de pescado en mercados tradicionales, sirviendo como base para futuras investigaciones y aplicaciones en el sector de refrigeración sostenible.

La investigación de Zhao, H. [19]. El objetivo fue investigar las características operativas de un almacén refrigerado fotovoltaico con almacenamiento de hielo bajo condiciones climáticas y de carga variables. La metodología utilizada incluyó el análisis del rendimiento de un sistema de 1,5 toneladas, evaluando su estabilidad ante la fluctuación del suministro solar y el consumo energético. Los resultados indicaron que el sistema logró un tiempo promedio de enfriamiento de 26 horas con entrada continua de material, una producción de 26 kg de hielo al día por kilovatio de capacidad del panel solar y un coeficiente de rendimiento (COP) máximo de 0,34. Además, la temperatura interna de la carga se mantuvo entre 3 y 4 °C, incluso en condiciones climáticas adversas. En conclusión, el estudio demuestra que el uso de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de hielo garantiza una refrigeración estable y eficiente en zonas remotas, representando una alternativa viable para el almacenamiento de alimentos. Este estudio ofrece una solución eficaz y sostenible para la refrigeración en regiones con acceso limitado a la electricidad, destacando el potencial del almacenamiento de hielo en combinación con energía solar. Además, sienta las bases para futuras investigaciones en sistemas de refrigeración autónomos y escalables para el sector agroalimentario.

Zhang, Z. [20]. El objetivo fue evaluar el rendimiento de distintos modos de almacenamiento de hielo en un sistema de refrigeración impulsado por energía fotovoltaica. La metodología utilizada combinó análisis teórico, experimental y económico para comparar

el almacenamiento en coincidencia en serie (SM) y en coincidencia en paralelo (PM) bajo diversas condiciones de operación. Los resultados indicaron que el modo SM logró un coeficiente de rendimiento (COP) de 2,66 para el ciclo de refrigeración por compresión y de 0,28 para el sistema completo, mostrando mayor estabilidad ante las fluctuaciones de la energía solar en comparación con el modo PM. Además, el modo SM demostró ser más eficiente energéticamente y más rentable que el modo PM, con una mejor capacidad de refrigeración. La viabilidad del sistema se verificó mediante la conservación de 1500 kg de uvas verdes durante 14 días, manteniendo una temperatura de 5 °C y evitando una disminución significativa en la calidad del producto. En conclusión, el estudio demuestra que el almacenamiento en coincidencia en serie optimiza el uso de la energía fotovoltaica y mejora la estabilidad del sistema de refrigeración, representando una solución eficiente para el almacenamiento de alimentos. Este estudio proporciona una estrategia optimizada para el almacenamiento de hielo en sistemas de refrigeración fotovoltaica, ayudando a mejorar la estabilidad operativa y la eficiencia energética en la conservación de alimentos. Además, respalda el uso de energías renovables para la refrigeración en regiones con acceso limitado a la electricidad.

Según Ting L. [21]. El objetivo fue analizar el impacto del cambio climático en el rendimiento de los sistemas de almacenamiento térmico de hielo (ITSS) y su capacidad para aliviar la demanda energética. La metodología utilizada se basó en los modelos climáticos de la Fase 6 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6) y en simulaciones que compararon el desempeño de sistemas ITSS fotovoltaicos conectados a la red (GCPV- ITSS) con aire acondicionado convencional (AC) en ocho escenarios futuros. Los resultados indicaron que la carga máxima de refrigeración de los edificios aumentará un 20,6 % y el consumo energético anual total se incrementará en un 95,56 % para AC y un 87,96 % para ITSS. Sin embargo, GCPV-ITSS demostró reducir el consumo energético en un 51,88 %, mientras que los costos operativos se redujeron en un 8,11 % para ITSS y un 41,38 % para GCPV-ITSS en comparación con los sistemas de aire acondicionado. En conclusión, el estudio demuestra que los sistemas de almacenamiento térmico de hielo pueden ser una alternativa eficiente para mitigar los efectos del cambio climático en la demanda energética de refrigeración. Este estudio proporciona evidencia sobre la viabilidad del almacenamiento térmico de hielo (ITSS) como estrategia de refrigeración eficiente y sostenible ante el cambio climático. Además, destaca el potencial del uso de energía fotovoltaica para reducir el consumo energético y los costos operativos en comparación con los sistemas de aire acondicionado convencionales.

Okwach, B. [22]. El objetivo fue diseñar un sistema de almacenamiento frigorífico de pescado alimentado con energía solar fotovoltaica en las playas de Sena y Mrongo, en la isla de Mfangano, Kenia. La metodología utilizada se basó en la determinación de la masa de pescado capturado diariamente y la cantidad de hielo necesaria para su conservación, diseñando la capacidad solar fotovoltaica para generar la energía requerida con una autonomía de dos días. Los resultados indicaron que en la playa de Mrongo se necesitaron dos sistemas de refrigeración de 1 kW, alimentados por 1,5 kW de energía solar fotovoltaica, con un Periodo de Recuperación Simple (PRS) de 2,2 años y un Valor Actual Neto (VAN) de USD 6.787,10. En Sena Beach, se requirieron tres sistemas de refrigeración de 1 kW con 2,8 kW de energía solar fotovoltaica, obteniendo un PRS de 2,9 años y un VAN de USD 3.153,61. En conclusión, el estudio demuestra que la implementación de sistemas de refrigeración alimentados por energía solar es una solución viable y económicamente rentable para la conservación del pescado en comunidades sin acceso a la red eléctrica.. Este estudio demuestra la viabilidad de los sistemas de refrigeración fotovoltaicos para la conservación del pescado en regiones sin acceso a la red eléctrica. Los resultados resaltan su eficiencia económica y operativa, lo que podría servir como modelo para otras comunidades pesqueras en situaciones similares.

Shawky I. [23]. El objetivo fue evaluar la integración de un sistema de almacenamiento térmico de hielo con paneles solares para mejorar la eficiencia energética, económica y ambiental de los sistemas de aire acondicionado convencionales. La metodología utilizada incluyó un análisis transitorio en dos ciudades egipcias con climas contrastantes: Alejandría (cálido-húmedo) y Asuán (cálido-seco). Los resultados indicaron que el sistema propuesto fue más eficiente en climas cálidos-húmedos y al utilizar un sistema de agua en lugar de aire. En Alejandría, el ahorro energético máximo alcanzó 205,16 GJ (27,5 %) en agosto con el sistema de agua, mientras que en Asuán fue de 224,67 GJ (25,38 %). Para el sistema de aire, los ahorros fueron de 175,05 GJ (18,13 %) y 175,45 GJ (17,43 %) en Alejandría y Asuán, respectivamente. Además, se logró una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de hasta 467 toneladas/año en Asuán 390 toneladas/año en Alejandría con el sistema de agua, mientras que con el sistema de aire las reducciones fueron de 435 y 353 toneladas/año. En conclusión, el estudio demuestra que la incorporación de almacenamiento térmico de hielo en sistemas de aire acondicionado mejora la eficiencia energética y reduce el impacto ambiental, especialmente en climas cálidos-húmedos. Este estudio aporta evidencia de que el almacenamiento térmico de hielo alimentado con energía solar puede reducir el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, con una mayor eficiencia en climas cálidos-húmedos y

cuando se usa agua como medio de almacenamiento térmico. Los resultados pueden inspirar mejoras en el diseño de sistemas de refrigeración sostenibles para distintos entornos climáticos.

Según Peng G. [24]. En su investigación su objetivo fue desarrollar un sistema de refrigeración y almacenamiento de energía fría basado en quimisorción y desorción asistida por compresión, impulsado por energía solar, para almacenes frigoríficos en regiones rurales. La metodología incluyó el diseño de un módulo de almacenamiento de energía por quimisorción que se regenera durante el día y libera energía fría por la noche, permitiendo ajustar la temperatura según el tipo de frutas y verduras. Los resultados indicaron que el sistema supera las limitaciones de la intermitencia de la energía solar y presenta un coeficiente de rendimiento (COP) de 5,5 bajo condiciones específicas de operación, superando al sistema de compresión de vapor R404A (COP de 2,6). La capacidad de refrigeración varía entre 1,52 kW y 5,21 kW, dependiendo del número de reactores en funcionamiento. Además, el análisis económico reveló que el período de amortización es inferior a un año. En conclusión, el estudio demuestra que este sistema de refrigeración innovador es una solución eficiente y rentable para el preenfriado de frutas y verduras en regiones rurales con alta radiación solar. La capacidad de ajustar la temperatura y almacenar energía fría de manera eficiente representa una solución superior a los sistemas convencionales, permitiendo una refrigeración estable y sostenible en áreas con alta exposición solar.

© Glasswala, V. [25]. El estudio se enfocó en evaluar el potencial del almacenamiento de hielo con un intercambiador de calor de serpentín helicoidal acoplado a un sistema solar fotovoltaico para aplicaciones industriales. Se empleó el software TRNSYS 18 para modificar y validar un modelo matemático combinado de almacenamiento de hielo y modelo de suelo en un sistema enterrado de 10 m<sup>3</sup>. La precisión de la simulación se mejoró mediante la introducción de una nueva ecuación para el número de Nusselt en el modelo de almacenamiento de hielo existente. Durante la validación, se detectaron discrepancias en la fracción de hielo y la tasa de transferencia de calor durante la fase de congelamiento, atribuibles a suposiciones idealizadas del modelo y variaciones en la conductividad térmica del hielo. Posteriormente, se simuló la integración del sistema en una cervecería local, comparándolo con el almacenamiento convencional en baterías. Los resultados indicaron una reducción del 30 % en la demanda eléctrica y un periodo de amortización de 4 años, lo que demuestra el potencial del sistema para mejorar la eficiencia energética y promover la integración de energías renovables en la

refrigeración industrial. Este estudio refuerza el uso del almacenamiento de hielo como alternativa energética en aplicaciones industriales, mostrando que puede reducir la dependencia de la red, mejorar la eficiencia térmica y acelerar la adopción de energías renovables en procesos de refrigeración.

### **Bases teóricas**

El hielo es un sólido cristalino que se forma cuando el agua alcanza temperaturas por debajo de los 0 °C, mediante un proceso de fusión. Su densidad promedio es de aproximadamente 0.92 kg por litro de agua, lo que es relevante para calcular la cantidad de agua necesaria en su producción. Existen varios tipos de hielo industrial, como el hielo en bloques, que se produce en moldes sumergidos en salmuera y se usa principalmente para refrigerar productos envasados; el hielo en escamas, similar a láminas troceadas, con alta capacidad de absorción térmica y utilizado para la conservación de alimentos como pescados y lácteos; y el hielo en cubos, producido en moldes con agua purificada para consumo humano, utilizado para enfriar bebidas [14]. Para ello se debe conocer el ciclo de refrigeración el cual se basa en cambiar el estado del refrigerante de gas a líquido y viceversa, generando distintas presiones y temperaturas en el sistema [15]. Se compone de cuatro etapas como la compresión el cual eleva la presión y temperatura del vapor refrigerante, sumado a ello la condensación donde el vapor caliente se enfría y se convierte en líquido en el condensador, asimismo la expansión donde el líquido refrigerante se expande, reduciendo su presión antes de entrar al evaporador, y por último se cuenta con la evaporación donde el refrigerante absorbe calor y se vaporiza en el evaporador, enfriando el ambiente o el producto. En los sistemas de congelación con amoníaco, existen dos modelos principales: el sistema recirculado y el sistema inundado. Ambos tienen como objetivo eliminar el calor de una unidad evaporadora para bajar la temperatura y extender la vida útil de los productos [15]. Mientras que en el sistema recirculado utiliza compresores de tornillo o pistón para congelar alimentos a temperaturas de -40 a -20 °C. Controladores de temperatura y válvulas de presión garantizan la constancia de la temperatura, permitiendo almacenar productos congelados por hasta un año, asegurando la inocuidad alimentaria [15]. El sistema inundado se emplea para la producción de hielo y cámaras de frío, alcanzando temperaturas de hasta -20 °C. Utiliza amoníaco como refrigerante debido a su alta eficiencia y bajo punto de evaporación [15].

Las energías renovables se obtienen de recursos naturales casi inagotables debido a su abundante energía y capacidad de regenerarse naturalmente. Estas energías, consideradas

limpias o verdes, producen poca contaminación y no contribuyen al efecto invernadero. Promover las energías renovables y la eficiencia energética es crucial, ya que disminuye la dependencia de combustibles fósiles, genera nuevas oportunidades económicas y fomenta mercados energéticos más diversificados y ecológicos [16]. A continuación, los tipos de energía que hay son la energía solar, la cual se obtiene del sol y se utiliza principalmente de dos formas: la energía fotovoltaica, que convierte la luz solar directamente en electricidad mediante paneles solares, y la energía solar térmica, que utiliza el calor del sol para calentar agua o fluidos para calefacción o generación de electricidad. De igual forma están con la energía eólica la cual aprovecha el viento mediante aerogeneradores, que son turbinas que convierten la energía cinética del viento en electricidad, sumado a ello la energía hidráulica la cual es conocida también como hidroeléctrica, se basa en el movimiento del agua, generalmente en ríos o embalses, para generar electricidad mediante turbinas. O la energía geotérmica la cual proviene del calor almacenado en el interior de la Tierra y se utiliza tanto para generar electricidad en plantas geotérmicas como para calefacción mediante bombas de calor y la energía de biomasa que se obtiene de materia orgánica, como residuos agrícolas y forestales, y se utiliza para producir electricidad, calor o biocombustibles, aprovechando los desechos orgánicos y reduciendo su impacto ambiental. Las energías renovables, obtenidas de recursos naturales como el sol, agua, aire y materia orgánica, son limpias e inagotables, regenerándose rápidamente sin impactar negativamente el medioambiente. Son cruciales para combatir el calentamiento global, ya que no emiten gases de efecto invernadero. A diferencia de las fuentes fósiles, las renovables son diversas y tienen un gran potencial de aprovechamiento global. Además, promueven un sistema energético sostenible, siendo más económicas y competitivas a largo plazo, fortaleciendo las economías locales y generando empleo. Por tanto, el futuro de la humanidad depende de la producción de energía confiable, accesible y descarbonizada, posicionando a las energías renovables como las energías del futuro [17]

Se cuenta también con la energía solar fotovoltaica se basa en el efecto fotovoltaico, donde la radiación solar es convertida en corriente eléctrica mediante semiconductores sensibles a la luz, como las células fotovoltaicas. Este proceso permite generar una pequeña diferencia de potencial que, al conectar múltiples dispositivos en serie o serie-paralelo, da lugar a módulos fotovoltaicos con diferentes valores de voltaje, corriente y potencia. Estos sistemas pueden ser conectados a la red eléctrica (On-Grid), aprovechando la energía en momentos de baja radiación solar, o ser independientes (Off-Grid), abasteciéndose exclusivamente de la energía solar, siendo estos últimos comúnmente instalados en zonas rurales o aisladas [26].

Los componentes clave de un sistema fotovoltaico aislado incluyen placas solares, regulador de carga, baterías o acumuladores, inversor y los dispositivos de consumo. La potencia nominal de los módulos fotovoltaicos se mide en Vatios Pico (Wp), representando la máxima capacidad de generación con condiciones específicas de irradiación y temperatura [27]. En la actualidad, existen diversos tipos de celdas fotovoltaicas, siendo las más comunes las de silicio monocristalino y policristalino. Las celdas de silicio monocristalino ofrecen un rendimiento superior, aunque su costo es más elevado en comparación con las de silicio policristalino, que tienen una eficiencia ligeramente menor, pero son más económicas. Además del silicio, se utilizan otros materiales semiconductores, como el Arseniuro de Galio, conocido por su alta eficiencia energética, el Silicio Amorfo, que constituye más del 10% de la producción internacional debido a su eficiencia del 10%, el Telururo de Cadmio, con una eficiencia del 16%, y el Diseleniuro de Cobre Indio, que puede alcanzar hasta un 20% de eficiencia, aunque su uso se ve limitado por la dificultad en su fabricación y el empleo de elementos químicos polémicos como el cadmio [28].

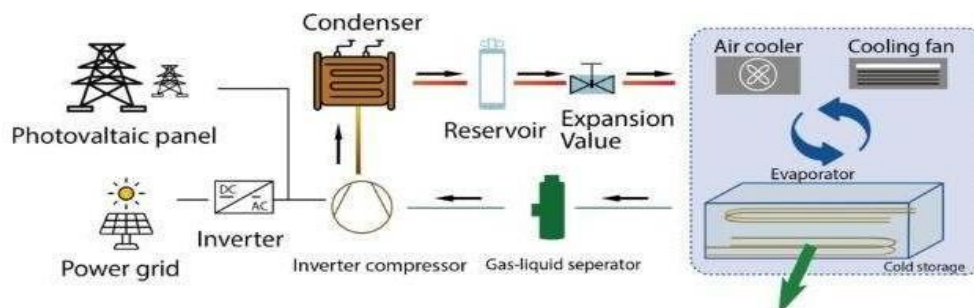


**Figura 1. Tipos de paneles**

Fuente: Tomado de [28].

Una de las funciones es el almacenamiento de hielo, que implica la producción de hielo en contenedores aislados para su uso posterior, se analizó en dos modalidades: almacenamiento en serie (SM) y en paralelo (PM). En el modo SM, el tanque de almacenamiento se conecta en serie con un enfriador de aire, permitiendo la refrigeración simultánea y el almacenamiento de energía fría. En el modo PM, el refrigerador y el tanque de almacenamiento están conectados en paralelo, almacenando primero la energía fría antes de proveer refrigeración continua. La investigación, llevada a cabo en un almacén frigorífico de 24.472 m<sup>3</sup> utilizando paneles solares de 5,4 kW y un sistema de refrigeración por compresión de vapor con R22 como refrigerante, mostró que el modo SM es más eficiente y económico que el modo PM,

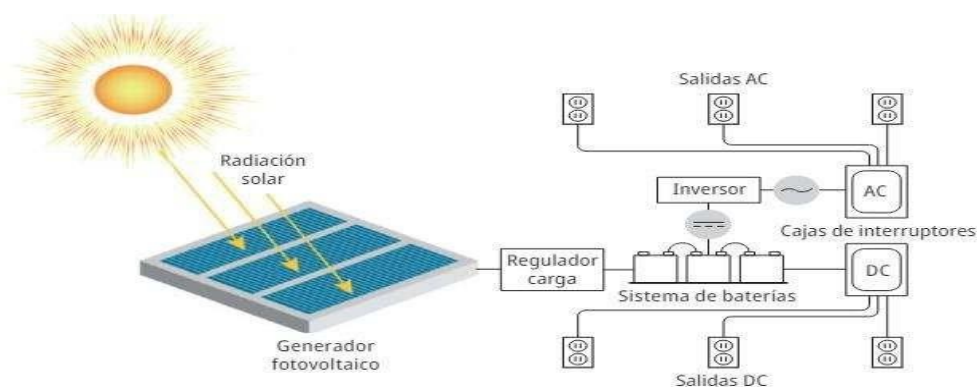
con un COP de refrigeración de 2,47 en vacío y 2,66 a plena carga, y una reducción del costo anual en un 9,96 %. Además, en pruebas de almacenamiento de uvas verdes, el sistema PV-SM mantuvo mejor la calidad de las uvas en términos de humedad y contenido de azúcar [29].



**Figura 2. Esquema del sistema**

Fuente: Tomado de “Fotovoltaica para el almacenamiento en frío” de Pv magazine

Las instalaciones autónomas de energía solar fotovoltaica están diseñadas para el autoconsumo y no están conectadas a la red eléctrica. Son comunes en sectores domésticos, telecomunicaciones y zonas rurales. Estas instalaciones utilizan paneles solares para convertir la radiación solar en electricidad DC. Un controlador de carga gestiona la tensión nominal en DC, protegiendo las baterías de sobrecargas y sobre descargas, prolongando así su vida útil. Las baterías almacenan energía para su uso durante la noche o en días nublados. Un inversor convierte la corriente continua en corriente alterna, necesaria para alimentar los aparatos eléctricos [13]. A continuación, se presenta el esquema general de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo.



**Figura 3. Esquema de instalación solar fotovoltaica aislada**

Fuente: Tomado de [13].

## **Materiales y Métodos**

### **Tipo y nivel de Investigación**

La investigación fue aplicada ya que su objetivo principal fue generar conocimiento que tenga una aplicación práctica, orientado a resolver problemas específicos o mejorar procesos en un contexto real. [30]

La investigación fue de nivel descriptivo, el cual detallo las características actuales, como los altos costos eléctricos en la fábrica de hielo, permitiendo comprender en profundidad la situación y sus posibles causas para orientar soluciones efectivas [31]. Con un enfoque cuantitativo, esencial para cuantificar los costos eléctricos y evaluar el impacto de la energía solar en su reducción.

### **Diseño de Investigación**

El diseño de la investigación fue no experimental transversal, lo que permitirá observar las condiciones en un momento específico sin manipular las variables [31]. Además, se incluyó un estudio de caso para profundizar en el análisis de la fábrica Hielo Rosymar SAC y cómo la implementación de energía solar impacto en la reducción de costos eléctricos.

### **Población, muestra y muestreo**

#### *Población*

En la presente investigación, la población estuvo conformada por todos los equipos de la empresa Hielo Rosymar SAC que cuentan con un consumo de energía eléctrica.

#### *Muestra*

En este estudio la muestra fue igual a la población, al ser esta de tipo censo, ya que se enfocará en todos los equipos de la empresa de empresa Hielo Rosymar SAC que cuentan con un consumo energía eléctrica.

## Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización

Variable	Dimensiones	Indicadores	Fórmulas	Técnicas	Instrumentos
<b>Variable independiente: Instalación de un almacén de frío con energía solar</b>	Viabilidad técnica y tecnológica	Rendimiento	$COP = \text{Energía útil} / \text{Energía consumida}$	Análisis de rendimiento energético	Medidores de energía (motores, generadores, etc.)
		Capacidad	$\text{Potencia generada} = \text{área de paneles solares} \times \text{Eficiencia de los paneles} \times \text{Radiación solar promedio}$ $\eta_{\text{solar}} = \frac{\text{Energía eléctrica generada por los paneles}}{\text{energía solar incidente sobre los paneles}} \times 100$	Estudio de diseño y capacidad de almacenamiento	Diagramas de flujo, planos de Instalación
		Eficiencia	$\eta_{\text{solar}} = \frac{\text{Energía eléctrica generada por los paneles}}{\text{energía solar incidente sobre los paneles}} \times 100$	Estudio comparativo entre la energía generada y utilizada	Software de monitoreo y gestión de energía solar
	Viabilidad económica	Costos de instalación	$C_{\text{inst}} = C_{\text{equipos}} + C_{\text{mano de obra}} + C_{\text{materiales}}$	Estimación de costos de instalación a través de modelos de costos detallados	Fichas de registro de costos
		Retorno de inversión (ROI)	$ROI = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Costo inversión}} \times 100\%$	Análisis de flujo de caja	Software financiero y contable
	Viabilidad Financiera	Tasa interna de retorno (TIR)	$\sum \frac{FC_t}{(1+r)^t} - C_0 = 0$	Análisis de flujo de caja	Reportes financieros y estudios contables
		Valor actual neto (VAN)	$VAN = \sum \frac{FC_t}{(1+r)^t} - C_0$	Monitoreo de consumos y análisis financiero	Software de análisis financiero
<b>Variable dependiente: Reducción de costos eléctricos</b>	Eficiencia energética	Costos reducidos	$\Delta C = C_{\text{sin mejora}} - C_{\text{con mejora}}$	Análisis de costos de consumo eléctricos	Medidores de consumo eléctrico
	Ahorro económico	Ahorro económico	$A = C_{\text{anterior}} - C_{\text{actual}}$	Análisis de Beneficio/Costo	Reportes de facturación eléctrica

Fuente: Elaboración propia.

## Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

**Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección**

Objetivo	Técnica	Instrumentos
Evaluar el consumo de energía eléctrica y los costos asociados en el proceso de producción de hielo en Hielo Rosymar SAC	Análisis de costos de consumo eléctricos	Medidores de energía, software de monitoreo de consumo eléctrico, reportes financieros
Evaluar la viabilidad técnica y tecnológica de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC	Análisis de viabilidad técnica	Listas de verificación de requerimientos técnicos y de seguridad.
	Monitoreo de consumos y análisis de eficiencia energética	Listas de verificación de requerimientos técnicos y de seguridad.
Determinar la viabilidad económica, financiera, social y ambiental de la instalación de un almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC.	Estimación de costos de instalación a través de modelos de costos detallados	Fichas de registro de costos
	Análisis del impacto ambiental	Matriz Leopold
	Análisis del impacto social	Matriz Iperc
	Análisis de flujo de caja	Reportes financieros y reportes de costos y beneficios
	Análisis de Beneficio/Costo	

Fuente: Elaboración propia

Para desarrollar el diseño del almacén con la instalación de paneles solares, primero se recopiló datos detallados sobre el consumo actual de energía eléctrica y los costos asociados. Esto incluyó el análisis exhaustivo de facturas y registros de consumo, así como la observación directa de los procesos de producción para identificar los puntos críticos de mayor consumo energético. Estos datos sirvieron de base para calcular con precisión los beneficios esperados de la implementación del sistema solar.

En la fase de diseño técnico y tecnológico, se evaluó la infraestructura disponible para determinar la viabilidad de la instalación de paneles solares. Se llevó a cabo un análisis detallado de los espacios físicos adecuados para la colocación óptima de paneles solares y otros componentes necesarios. Además, se estudiaron las características técnicas de distintos tipos de paneles solares disponibles en el mercado, evaluando cuáles ofrecen la mejor ganancia energética a lo largo de todo el año. Este análisis consideró no solo la eficiencia de conversión energética de los paneles, sino también sus costos de inversión inicial y operativos.

Finalmente, para evaluar la viabilidad económica, se recopiló información detallada sobre el consumo eléctrico actual y los costos asociados, incluyendo análisis de facturas y observación directa de procesos críticos. Se estimaron los costos de instalación mediante modelos y se calcularon indicadores financieros como el VAN y la TIR para asegurar la rentabilidad a largo plazo, considerando además los ahorros potenciales por energía solar. La viabilidad social se analizó mediante un estudio del impacto en los empleados y otros actores involucrados, utilizando la Matriz Leopold para identificar y valorar los beneficios sociales frente a los costos, garantizando un aporte positivo al bienestar comunitario. Por último, la viabilidad ambiental se evaluó con un análisis exhaustivo apoyado en la Matriz Iperc para detectar riesgos y beneficios ecológicos. También se integraron aspectos financieros ambientales para asegurar una toma de decisiones responsable y sostenible en el proyecto.

### **Plan de procesamiento y análisis de datos**

Para evaluar el consumo de energía eléctrica y los costos asociados en el proceso de producción de hielo en Hielo Rosymar SAC, se realizó mediante análisis documental y observación directa. Los datos son organizados en una base de datos estructurada y procesados usando software estadístico. Se calcularon estadísticas descriptivas, como medias y desviaciones estándar, para identificar patrones de consumo energético y evaluar los costos actuales.

En la evaluación de la viabilidad técnica y tecnológica de la instalación de un almacén de frío con energía solar, se realizaron cálculos para obtener los datos requeridos del armado del almacén. Esto permitió optimizar el diseño del sistema para maximizar la eficiencia energética y asegurar su integración con la infraestructura existente.

En la viabilidad económica, se desarrolló un análisis financiero respecto a la instalación de un almacén de hielo con paneles solares. Luego se desarrolló la viabilidad social y ambiental mediante un análisis de lo detallado.

En términos de eficiencia energética, se analizó el consumo reducido y la eficiencia energética alcanzada con la implementación del sistema solar. Los datos de consumo energético son comparados antes y después de la instalación del almacén de frío para medir la eficiencia lograda.

Finalmente, para evaluar el ahorro económico, se compararán los costos eléctricos actuales con los proyectados después de la instalación del sistema solar. Se calcularán los ahorros económicos y se evaluará el impacto en los costos operativos de la empresa.

Los resultados de estos análisis son presentados en tablas y gráficos claros, facilitando la interpretación y la toma de decisiones. Un informe final sintetizó los hallazgos, destacando las conclusiones clave y ofreciendo recomendaciones para la implementación del proyecto. Este enfoque garantiza una evaluación completa y precisa de la prefactibilidad de la instalación de un almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC.

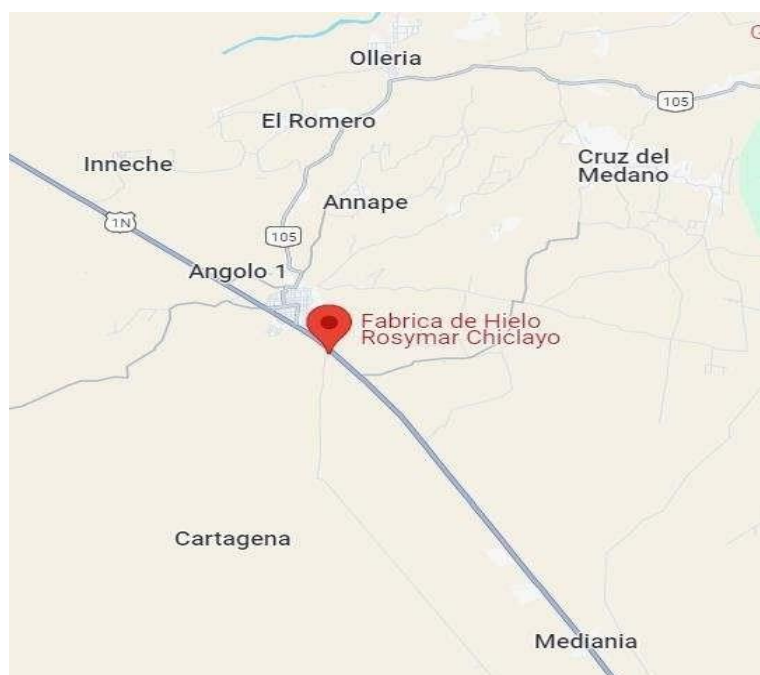
## Resultados y Discusión

**Objetivo 1: Evaluar el consumo de energía eléctrica y los costos asociados en el proceso de producción de hielo en Hielo Rosymar SAC.**

### Descripción de la empresa:

Hielo Rosymar SAC es una empresa peruana dedicada a la producción y venta de hielo, que se ha consolidado en el mercado por ofrecer productos de calidad para diversas aplicaciones. La empresa fue fundada con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de hielo en el Perú. Desde su inicio, la empresa ha buscado posicionarse como un proveedor confiable en el sector. La empresa se especializa en la producción de diferentes tipos de hielo, incluyendo:

- Hielo Raspado y bloques: Usado principalmente en la industria pesquera y para conservación de alimentos.



**Figura 4. Ubicación de la empresa**

La empresa tiene su sede en Lambayeque, lo que le permite una logística efectiva para la distribución de hielo en la capital y sus alrededores. Esto es crucial, especialmente durante la temporada alta de calor, cuando la demanda de hielo aumenta significativamente.

**Visión:** Hielo Rosymar SAC busca ser reconocida como una de las principales empresas proveedoras de hielo en el Perú, enfocándose en la satisfacción del cliente y la mejora continua de sus procesos.

### Situación del mercado de hielo:

La demanda de hielo en Perú tiende a aumentar durante los meses más cálidos, especialmente entre diciembre y abril. Esto se debe a la necesidad de enfriar bebidas y alimentos. Las empresas suelen mantener un stock permanente durante esta temporada para satisfacer la demanda. La calidad del hielo es un factor crítico en el mercado, ya que debe ser apto para el consumo humano. Los proveedores deben cumplir con normativas de salud y seguridad, y muchos de ellos cuentan con certificaciones de entidades como DIGESA, garantizando que el hielo esté libre de impurezas y sea seguro para el consumo.

Los canales de distribución incluyen:

- Ventas Directas: A través de empresas que ofrecen entrega a domicilio.
- Plataformas de E-commerce: Como MercadoLibre, que permiten a los consumidores y negocios comprar hielo en línea.
- Distribuidores Locales: Que abastecen a restaurantes, bares y eventos.

El hielo por mayor ofrece precios más competitivos en comparación con la compra al por menor. Esto es atractivo para negocios que requieren

grandes cantidades de hielo, ya que les permite reducir costos y evitar el inconveniente de múltiples compras.



Figura 5. Análisis FODA del mercado actual de hielo

## Instalaciones, equipos empleados, planta actual

Para el proceso productivo de la planta de almacenamiento de hielo, se emplean los siguientes equipos del proceso:



**Figura 6. Compresores modelo N6MII**

Para el proceso productivo se emplean dos compresores del Modelo N6MII MYCOM que sirven para tomar el refrigerante en estado gaseoso y comprimirlo aumentando su presión y temperatura. Este es el primer paso en el ciclo de refrigeración.



**Figura 7. Compresor modelo Modelo N6MII**

Ambos modelos compresores trabajan con un motor de la marca WEG de 175 HP que consumen 214 amperios cuando se encuentran funcionando al 100%. Sumado a ello se cuenta con 12 ventiladores compuestos por un motor de 2HP de la marca WEG que cada uno consume 3.27 amperios.



**Figura 8. Agitadores marca WEG**

Además, se emplean 8 agitadores cada uno con un motor de 5HP de la marca WEG con un consumo de 7 amperios. Adicional a los agitadores, se emplean 2 molinos o conocidos también como picadores de hielo, de los cuales cada uno trabaja con un motor de 40 HP de la marca WEG que cuenta con un consumo de 50 amperios.



**Figura 9. Bombas PedroRollo**

Por último, como parte de los instrumentos empleados, se utilizan 5 bombas de la marca pedro rollo de 2HP con un consumo de 9 amperios. Y sumado a ello, 1 bomba sumergible de 2HP tipo lapicero de la marca Pedrorollo consume 10 amperios

Una vez analizados los equipos indicados, se procede a brindar una vista respecto a la planta y a los espacios utilizados por la maquinaria actual. Al ingresar a la planta se logra visualizar tres grandes espacios, el primero son las oficinas donde se encuentra el personal, la según un espacio al aire libre y la tercera la planta donde se encuentran las dos trituradoras, que es la imagen visualizada en la figura 10.



**Figura 10. Visualización de las dos trituradoras**

Por el margen izquierdo se encuentran los espacios logísticos, y posterior a ello se cuenta con la entrada donde está ubicada la maquinaria encargada del proceso de producción.



**Figura 11. Vista de la poza en la planta**

Al ingresar se logra visualizar desde el interior los dos trituradores, las maquinas allanadoras y las pozas, y en la parte interior de encuentran los equipos empleados en el proceso productivo.



**Figura 12. Vista lateral de los pozos**

Analizar las instalaciones de una planta actual es fundamental para llevar a cabo un análisis de prefactibilidad, ya que proporciona una visión clara del estado operativo y estructural de la instalación. Este análisis permite evaluar las condiciones en las que se encuentra la planta, identificando posibles problemas que podrían afectar la viabilidad del proyecto.

Además, es crucial para determinar los recursos disponibles, ya que ayuda a identificar qué infraestructura y equipamientos ya están en funcionamiento. Esto puede resultar en una reducción significativa de costos y tiempos de implementación si se decide avanzar con el proyecto.

### **Descripción de proceso de producción de Hielo Rosymar SAC**

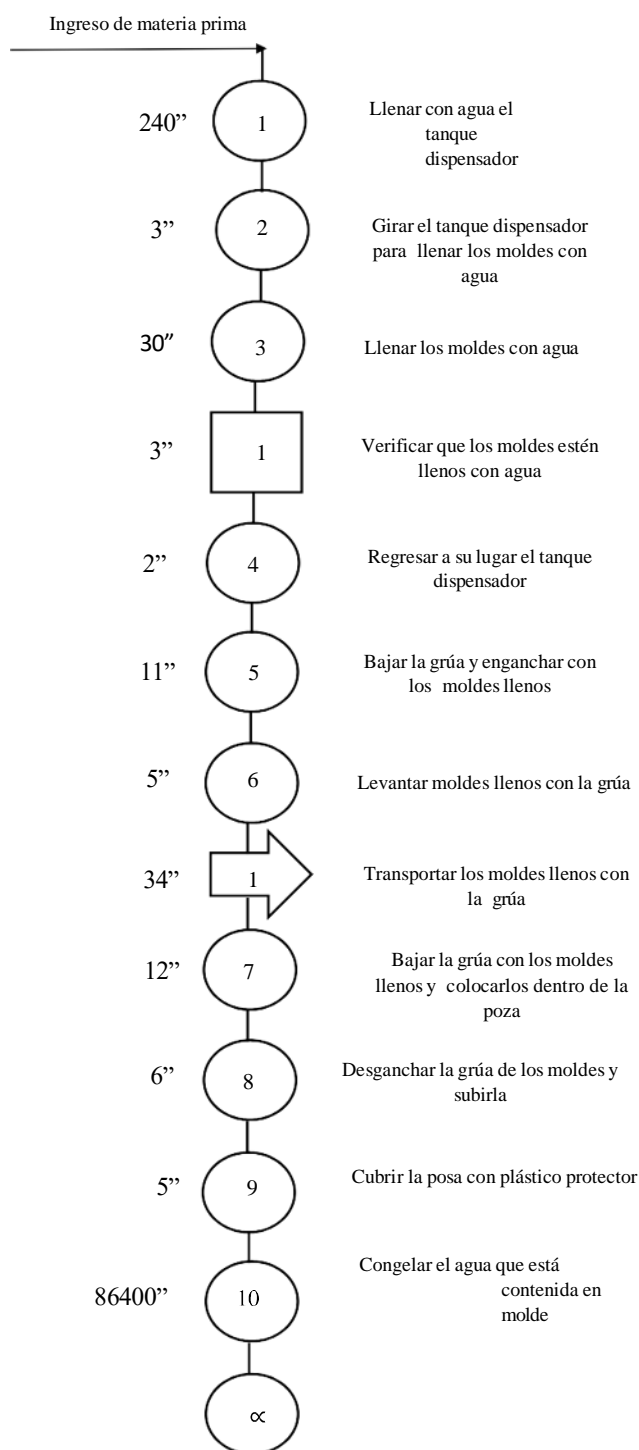
En el proceso de producción de hielo, los compresores operan de manera continua, funcionando las 24 horas del día. Esto asegura que la producción de hielo se mantenga constante. La bomba de agua también trabaja en sincronía con los compresores, garantizando un suministro adecuado de agua para la producción.

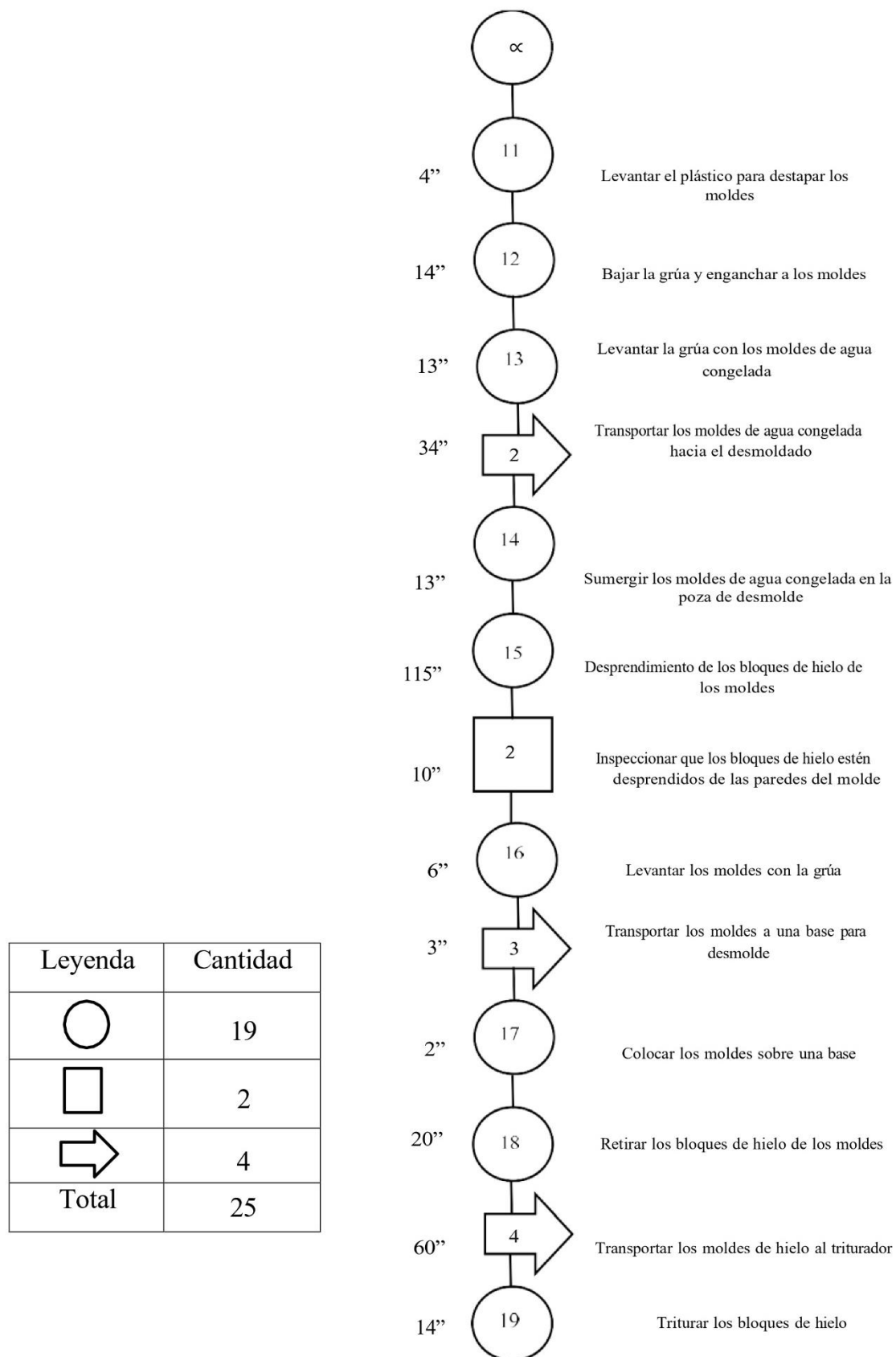
El molino, que es esencial para el proceso, tiene una capacidad de producción de 10 toneladas de hielo por hora. Sin embargo, en ocasiones, la producción puede verse afectada, y el molino puede no estar en funcionamiento constante. Por ejemplo, durante el mes, puede operar solo 20 días, dependiendo de la demanda.

Actualmente, se supervisa el proceso dos veces por semana, dedicando entre tres y cuatro horas en cada visita. Esto es fundamental para asegurar que el hielo no se descongele, especialmente en períodos de baja producción. En este momento, contamos con suficiente hielo para aproximadamente un mes, pero la producción ha disminuido notablemente.

Cuando la demanda es alta, ambos sistemas (compresores y molino) se activan al 100%

para maximizar la producción. En períodos de baja demanda, se alternan los días de operación, utilizando un compresor un día y el otro al siguiente, para optimizar recursos y mantener la eficiencia del proceso. Al ser una fábrica de hielo, no se incluye el traslado de materia prima en el presente diagrama, ya que es realizado en el proceso. A continuación, se presenta el presente diagrama de análisis de proceso:



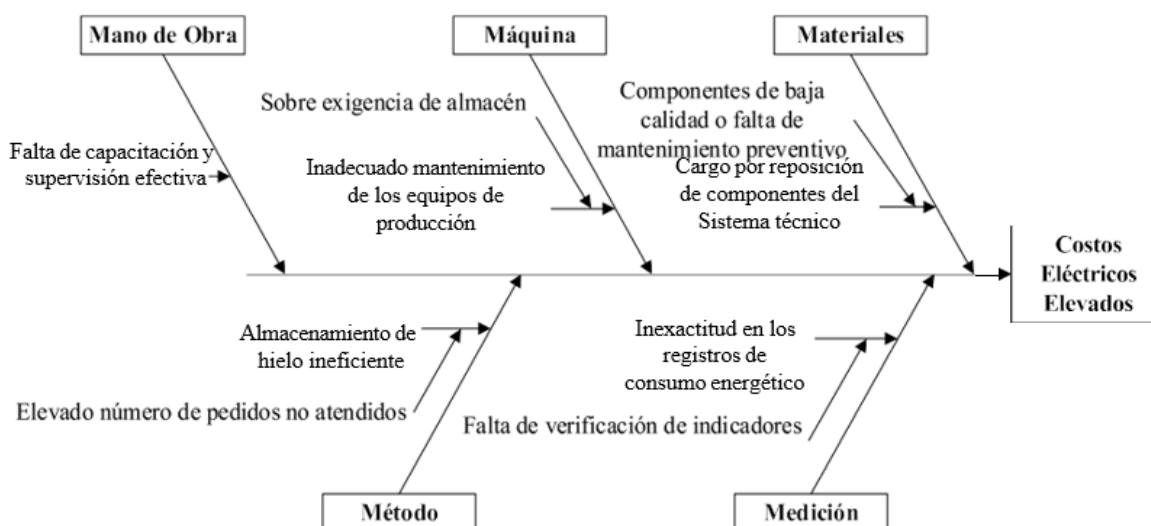


**Figura 13. Diagrama de flujo**

Fuente: Elaboración propia

### Análisis de causas

El diagrama de Ishikawa sobre los costos de electricidad en un almacén de hielo identifica diversas causas que contribuyen a este problema, organizadas según las 6M: Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Método, Medición y Medio ambiente. En el ámbito de la mano de obra, se destacan la capacitación insuficiente y los errores humanos en la operación. En cuanto a la maquinaria, se señalan compresores ineficientes, mantenimiento inadecuado y el consumo elevado de energía debido a fugas, así como el funcionamiento continuo de la poza. Los materiales se relacionan con la calidad del agua y el rendimiento de los insumos. En el método, se mencionan procesos ineficientes y la falta de protocolos de mantenimiento. La medición resalta la importancia del monitoreo adecuado del consumo eléctrico y la precisión en la facturación. Finalmente, el medio ambiente considera factores como condiciones extremas y fugas de energía en la instalación, todos elementos críticos que deben abordarse para optimizar los costos eléctricos en la operación del almacén.



**Figura 14. Diagrama de Ishikawa**

Fuente: Elaboración propia

### **Matriz de causas raíz**

Para el problema central evaluado en el diagrama de Ishikawa se cuentan con las causas centrales como: La falta de capacitación y supervisión efectiva, la carencia de recursos de un programa de mantenimiento, componentes de baja calidad, la falta de estandarización en el proceso de almacén, sobrecargas eléctricas y la falta de un sistema de monitoreo. Ello fue detallado en la matriz de los porque donde del problema inicial se determinaron las causas principales de cada uno de los problemas recopilados. Para ello se cuentan con los siguientes motivos de costos:

**Costo directo:** El costo directo se refiere a aquellos gastos que se pueden atribuir de manera específica y directa a la producción de un bien o servicio. Estos costos son fácilmente identificables y medibles, lo que permite a las empresas calcular con precisión el costo de producción.

**Costo eléctrico:** El costo eléctrico se refiere a los gastos asociados con el consumo de energía eléctrica en una empresa.

Es decir, para los costos eléctricos se están considerando todos los costos respecto al sobre uso de energía eléctrica, mientras que los costos directos están independientemente separados de la producción como tal y aquí se incluyen los cargos fijos y los impuestos.

**Tabla 3. Costos percibidos eléctricos**

<b>Términos</b>	<b>Descripción</b>
Cargo fijo	Es un monto que se paga independientemente del consumo, por tener el servicio disponible
Alumbrado Público	Es un cargo por el servicio de iluminación en las vías públicas
Cargo por Reposición	Se refiere a los costos asociados con la reposición de componentes del sistema eléctrico
Cargo por Mantenimiento	Es un cargo por el mantenimiento de la infraestructura eléctrica
Pot. Uso Redes Distrib. HP	Costo por el uso de la red de distribución durante las horas de mayor demanda
Exc. Pot Uso Redes Dist FP	Costo por el uso de la red de distribución fuera de las horas punta
Peaje Transmisión Secundaria	Tarifa por el uso de las redes de transmisión secundarias
Ajuste Tarifario	Ajustes en la tarifa que pueden deberse a variaciones en los costos de generación o cambios regulatorios
Peaje Conexión Sistema Principal	Tarifa por la conexión al sistema eléctrico principal
Cargo mensual de Comercialización	Cargo por los servicios de comercialización de la energía
Energía Reactiva Inductiva	Costo por el consumo de energía reactiva, que puede ser indicativo de una carga ineficiente en la red
Generación – Potencia en Hp	Costo por la potencia de generación contratada en horas punta
Gener – Energía Activa Hp	Costo por la energía activa consumida en horas punta
Gener – Energía Activa Fp	Costo por la energía activa consumida fuera de horas punta
Ley Elec.Rural N° 28749	Contribución para financiar la electrificación rural
FISE – Ley 29852	Fondo de Inclusión Social Energético, subsidio para usuarios de bajos recursos
Ajuste FISE	Ajuste relacionado con el FISE

Fuente: Elaboración propia

En este caso, se estarán considerando los costos eléctricos, que son los que están directamente relacionados a los altos consumos eléctricos, debido al sobre uso o cargos adicionales por usar la energía eléctrica en exceso, por lo cual se contarán con los siguientes costos:

### **Consumo energético**

La presentación de costos eléctricos para un almacén de frío es un aspecto crucial en la planificación y operación de este tipo de instalaciones. La energía eléctrica es uno de los principales gastos en un almacén de frío, ya que se requiere un suministro constante y eficiente para mantener las temperaturas adecuadas y garantizar la conservación de los productos. En este contexto, es fundamental analizar y detallar los costos asociados a la energía, considerando factores como el consumo energético de los equipos de refrigeración, las tarifas eléctricas, y las posibles alternativas de energía renovable, como la solar. Este análisis no solo permitirá identificar oportunidades para reducir costos, sino que también contribuirá a la sostenibilidad del almacén, optimizando su operación y mejorando su rentabilidad a largo plazo. A continuación, se detalla el consumo energético actual durante el año 2024, para ello se cuenta con el siguiente detalle:

Tabla 4. Costos de consumo energético 2024

Términos	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
<b>Cargo Fijo</b>	S/ 14,11	S/ 14,10	S/ 13,97	S/ 13,96	S/ 13,96	S/ 13,96	S/ 13,95	S/ 13,95	S/ 12,51	S/ 11,87	S/ 11,86	S/ 11,75	S/ 159,95
<b>Alumbrado Público</b>	S/1414,35	S/ 1990,54	S/ 1982,75	S/ 1291,63	S/ 1242,30	S/ 2065,94	S/ 2041,87	S/ 1988,42	S/ 1782,90	S/ 1008,70	S/ 1020,60	S/ 1350,00	S/ 19180,00
<b>Cargo por Reposición</b>	S/ 11,86	S/ 11,82	S/ 11,94	S/ 11,97	S/ 11,97	S/ 11,84	S/ 11,81	S/ 11,81	S/ 7,85	S/ 9,96	S/ 9,96	S/ 10,05	S/ 132,84
<b>Cargo por Mantenimiento</b>	S/ 16,58	S/ 16,56	S/ 16,38	S/ 16,37	S/ 16,37	S/ 16,32	S/ 16,31	S/ 16,31	S/ 12,94	S/ 13,87	S/ 13,87	S/ 13,77	S/ 185,65
<b>Pot.Usos Redes Distrib.HP</b>	S/ 7017,90	S/ 7168,91	S/ 7186,27	S/ 7182,13	S/ 7186,27	S/ 7165,57	S/ 7161,44	S/ 7036,50	S/ 5844,49	S/ 5882,65	S/ 5844,12	S/ 5320,73	S/ 79996,98
<b>Peaje Transmisión Secundaria</b>	S/ 3033,48	S/ 4905,91	S/ 5143,00	S/ 3059,87	S/ 2584,41	S/ 2116,25	S/ 2984,81	S/ 3885,84	S/ 3038,23	S/ 1138,48	S/ 1445,18	S/ 3644,08	S/ 36979,54
<b>Peaje Conexión Sistema Principal</b>	S/ 6335,46	S/ 12947,21	S/ 12356,21	S/ 13483,92	S/ 229,47	S/ 9360,74	S/ 13921,99	S/ 14875,37	S/ 10304,21	S/ 6336,66	S/ 416,16	S/ 12066,59	S/ 112633,99
<b>Cargo mensual de Comercialización</b>	S/ 586,43	S/ 622,42	S/ 608,12	S/ 570,93	S/ 581,78	S/ 577,11	S/ 597,46	S/ 592,47	S/ 482,52	S/ 451,77	S/ 481,72	S/ 490,04	S/ 6642,77
<b>Energía Reactiva Inductiva</b>	S/ 377,03	S/ 640,68	S/ 633,49	S/ 46,48	S/ 154,07	S/ 164,91	S/ 593,62	S/ 736,22	S/ 260,82	S/ 250,20	S/ 154,94	S/ 361,26	S/ 4373,72
<b>Generación-Potencia en Hp</b>	S/ 4135,79	S/ 8452,76	S/ 8098,63	S/ 8843,34	S/ 150,49	S/ 5559,33	S/ 8268,25	S/ 8834,45	S/ 6510,53	S/ 3620,81	S/ 237,72	S/ 6694,87	S/ 69406,97
<b>Gener-Energía Activa Hp</b>	S/ 2959,46	S/ 5960,36	S/ 6174,23	S/ 3509,82	S/ 2923,17	S/ 4647,85	S/ 4355,18	S/ 5595,33	S/ 3006,26	S/ 1483,13	S/ 434,91	S/ 4793,51	S/ 45843,21
<b>Gener-Energía Activa Fp</b>	S/ 14730,26	S/ 24301,73	S/ 25190,59	S/ 14738,12	S/ 12705,44	S/ 15945,40	S/ 18244,10	S/ 22941,27	S/ 13946,45	S/ 6845,11	S/ 10323,63	S/ 20120,49	S/ 200032,59
<b>Interés Compensatorio</b>	S/ 164,90	S/ 89,56	S/ 167,50	S/ 229,97	S/ 196,47	S/ 112,71	S/ 100,91	S/ 169,41	S/ 192,08	S/ 69,94	S/ 106,50	S/ 110,61	S/ 1710,56
<b>Ley Elec.Rural N° 28749</b>	S/ 932,25	S/ 1568,60	S/ 1638,41	S/ 971,24	S/ 820,32	S/ 1080,26	S/ 1163,12	S/ 1514,23	S/ 1086,23	S/ 523,11	S/ 664,03	S/ 1562,57	S/ 13524,37
<b>FISE – Ley 29852</b>	S/ 865,58	S/ 1432,45	S/ 1640,47	S/ 1307,49	S/ 673,94	S/ 1234,74	S/ 1521,99	S/ 1749,16	S/ 1170,50	S/ 825,55	S/ 639,72	S/ 1753,29	S/ 14814,88
<b>Total</b>	S/42595,42	S/ 70 123,61	S/ 70 861,98	S/ 55277,23	S/ 29490,42	S/ 50072,93	S/ 60996,81	S/ 69960,74	S/ 47658,52	S/ 28471,81	S/ 21804,92	S/ 58303,61	S/ 605618,00

Fuente: Elaboración propia.

La empresa Hielo Rosymar SAC enfrenta altos costos eléctricos anuales, sumando S/ 605 618,00 con los mayores gastos en generación de energía activa (S/ 200 032.59) y peaje de conexión al sistema principal (S/ 112 633.99). Los meses más costosos son febrero, marzo, julio y agosto, posiblemente por mayor demanda energética. En contraste, septiembre, octubre y noviembre registran costos más bajos. La fuerte dependencia de la red eléctrica y los elevados pagos por potencia y transmisión afectan la rentabilidad, por lo que el uso de energía solar podría reducir significativamente estos costos y mejorar la eficiencia operativa.

**Tabla 5. Costos eléctricos en el año 2023 y 2024**

<b>Meses</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
Ene	S/ 33 392,78	S/ 42 595,42
Feb	S/ 59 054,17	S/ 70 123,61
Mar	S/ 60 801,28	S/ 70 861,98
Abril	S/ 62 035,89	S/ 55 277,23
Mayo	S/ 59 511,39	S/ 29 490,42
Jun	S/ 38 856,61	S/ 50 072,93
Jul	S/ 36 261,29	S/ 60 996,81
Agos	S/ 46 755,32	S/ 69 960,74
Sep	S/ 55 981,22	S/ 47 658,52
Oct	S/ 48 325,00	S/ 28 471,81
Nov	S/ 41 961,01	S/ 21 804,92
Dic	S/ 49 700,58	S/ 58 303,61
<b>Total</b>	<b>S/ 592 636,54</b>	<b>S/ 605 618,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

En 2024, los ingresos totales fueron de S/ 605 618.00, superando ligeramente los S/ 592 636,54 de 2023, con un incremento de S/ 12 981,46, es decir, el 2.19%. Los primeros tres meses de 2024 mostraron ingresos más altos que en 2023, pero a partir de abril, los ingresos de 2024 fueron menores, especialmente en mayo y noviembre. Sin embargo, diciembre de 2024 superó los ingresos de diciembre de 2023. En resumen, 2024 tuvo un leve aumento en comparación con 2023, con fluctuaciones mensuales notables.



**Figura 15. Comparativa de los costos eléctricos en el año 2023 vs. 2024**

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra la evolución de los ingresos mensuales en 2023 y 2024, evidenciando un incremento general del 2.19% en 2024 (S/ 605 618,00) respecto a 2023 (S/ 592 636,54). Durante el primer trimestre, los ingresos en 2024 son notablemente superiores, alcanzando picos en febrero y marzo con valores de S/ 70 123,61 y S/ 70 861,98, respectivamente. Sin embargo, en el segundo trimestre se observa una caída significativa en abril y mayo, siendo este último el mes con la mayor reducción (50.4%) en comparación con el año anterior, lo que podría atribuirse a factores estacionales o cambios en la demanda. A partir de junio, los ingresos en 2024 comienzan a recuperarse y superan nuevamente a los de 2023, destacando julio y agosto con los valores más altos del año. En los últimos meses, septiembre y octubre reflejan una disminución en 2024 frente a 2023, pero en noviembre y diciembre los ingresos se estabilizan, cerrando con un ligero crecimiento anual.

**Tabla 6. Costos directamente proporcionales al consumo eléctrico en soles (S/.)**

Términos	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Pot.Uso Redes Distrib.HP	7 017.90	7 168.91	7 186.27	7 182.13	7 186.27	7 165.57	7 161.44	7 036.50	5 882.65	5844.12	7 100.00	5 947.31	<b>81 879.07</b>
Peaje Transmisión Secundaria	3033.48	4 905.91	5 143.00	3 059.87	2 584.41	2 116.25	2 984.81	3 885.84	1138.48	1 445.18	3 055.20	2 573.30	<b>35 925.73</b>
Peaje Conexión Sistema Principal	6335.46	12947.21	12356.21	13483.92	229.47	9360.74	13921.99	14875.37	6336.66	416.16	6000.58	5369.27	<b>101633.04</b>
Cargo mensual de Comercialización	586.43	622.42	608.12	570.93	581.78	577.11	597.46	592.47	451.77	461.62	586.43	24.01	<b>6260.55</b>
Energía Reactiva Inductiva	377.03	640.68	633.49	46.48	154.07	164.91	593.62	736.22	120.25	154.94	377.03	319.52	<b>4318.24</b>
Generación- Potencia en Hp	4135.79	8452.76	8098.63	8843.34	150.49	5559.33	8268.25	8834.45	3620.81	237.72	4135.79	3504.93	<b>63842.29</b>
Gener-Energía Activa Hp	2959.46	5960.36	6174.23	3509.82	2923.17	4647.85	4355.18	5595.33	1483.13	434.91	2959.46	12485.11	<b>53488.01</b>
Gener-Energía Activa Fp	14730.26	24301.75	25190.,59	14738.12	12705.44	15945.40	18244.10	22941.27	6845.11	10323.63	14730.26	2508.39	<b>183204.30</b>
Interés Compensatorio	164.90	89.56	167.50	229.97	196.47	112.71	100.91	169.41	69.94	10650	164.90	139.75	<b>1712.52</b>
Ley Elec.Rural N° 28749	932.25	1568.60	1638.41	971.24	820.32	1080.26	1163.12	1514.23	523.11	639.72	932.25	932.25	<b>12 715.76</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra los costos directamente proporcionales al consumo eléctrico para distintos conceptos a lo largo del año. Se incluyen cargos como peajes de transmisión y conexión, cargos mensuales de comercialización, generación de potencia en HP, consumo de energía activa, interés compensatorio y una contribución a la Ley de Electrificación Rural. Los costos varían mensualmente, con algunos rubros como la conexión al sistema principal y la generación de potencia en HP representando los valores más altos. En total, los gastos más significativos corresponden al consumo de energía activa (tanto en horario punta como fuera de punta). La variabilidad de los costos sugiere que el consumo eléctrico fluctúa según la época del año, con algunos meses mostrando incrementos notables en ciertos rubros.

### **Priorización de causas**

A continuación, se realizó el diagrama de Pareto con la finalidad de determinar las causas raíz más importantes respecto a la problemática inicial. Para ello se seleccionarán aquellas causas que abarquen el 80% de las problemáticas.

Respecto a los costos que se

A continuación, se detalla las causas raíz que son desarrolladas en la tesis.

**1. Elevado número de pedidos no atendidos – S/ 1 155 360:** Este problema genera que la empresa presente un alto número de pedidos no atendido por una mala planificación, causando sobre costos eléctricos al tratar de producir la cantidad total de la demanda.

**2. Sobre exigencia de almacén – S/ 16 000** Este problema viene relacionado con la baja eficiencia económica, puesto que la capacidad de producción es de 204tn y la capacidad de almacenamiento es de 104tn, es decir hay una sobre exigencia de 100tn a fin de cumplir con la capacidad de producción. Teniendo en consideración que cada tonelada contiene 20 bloques y cada bloque cuesta 8 soles

**3. Componentes de baja calidad – S/ 14 888:** Se utilizo componentes de baja calidad lo que llevo a fallos frecuentes y reparaciones costosas. Además, afecta la durabilidad de los productos, incrementando los costos de producción y disminuyendo la satisfacción del cliente.

**4. Falta de capacitación y supervisión efectiva – S/ 6 450:** La falta de capacitación tiene errores operativos y a un uso ineficiente de los recursos. Esto resulto en costos adicionales por accidentes, desperdicio de productos y una menor calidad en la producción.

**5. Cargo por reposición – S/ 132,84:** Es el gasto genera al no cancelar el pago de medidores en ciertas áreas de la empresa, mismo que se acumula mensual generando gastos a la empresa

Tabla 7. Tabla de Pareto

Causa raíz	Descripción	Costos Totales	Frecuencia	Frecuencia acumulada
CR1	Elevado número de pedidos no atendidos	S/ 1,155,360.00	96.37%	96.37%
CR2	Sobre exigencia de almacén	S/ 22,000.00	1.84%	98.21%
CR3	Componentes de baja calidad	S/ 14,888.00	1.24%	99.45%
CR4	Falta de capacitación y supervisión efectiva	S/ 6,450.00	0.54%	99.99%
CR5	Cargo por reposición	S/ 132.84	0.01%	100.00%
<b>Total</b>		<b>S/ 1,198,830.84</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

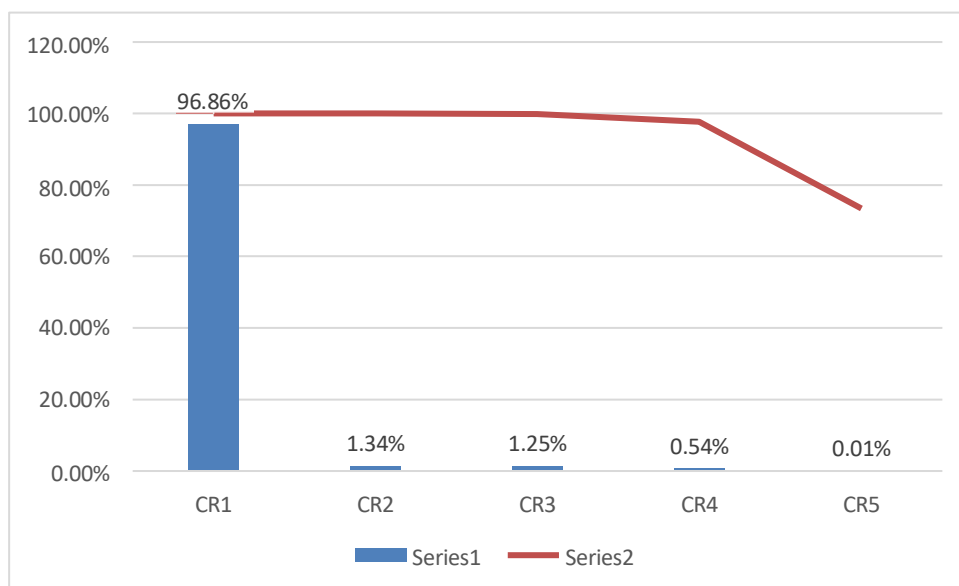


Figura 16. Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia.

Según lo detallado en el diagrama de Pareto, Este diagrama de Pareto sugiere que las categorías **CR1** y **CR2** son las más críticas en términos de costos, ya que juntas representan la mayor parte del impacto financiero. Las acciones correctivas o de mejora deben centrarse principalmente en estas causas para obtener la mayor reducción de costos o eficiencia en el proceso.

### **Indicadores actuales**

Actualmente para el año 2024, respecto al valor de la eficiencia económica se cuenta con las ventas, los gastos totales los cuales son divididos para generar la eficiencia económica total. En este caso por los datos proporcionado del consumo energético visualizado previamente y los datos proporcionados por la empresa respecto a los activos, con ello se obtiene la siguiente eficiencia económica por mes:

**Tabla 8. Eficiencia Económica 2024**

<b>Mes</b>	<b>Ventas</b>	<b>Gastos Totales</b>	<b>Eficiencia Económica</b>
Enero	S/ 377 600	S/ 107 827,02	3,50
Febrero	S/ 384 000	S/ 135 012,06	2,84
Marzo	S/ 318 400	S/ 135 750,43	2,35
Abril	S/ 336 000	S/ 120 165,68	2,80
Mayo	S/ 392 000	S/ 94 398,37	4,15
Junio	S/ 377 280	S/ 114 985,22	3,28
Julio	S/ 354 720	S/ 128 787,58	2,75
Agosto	S/ 348 800	S/ 137 791,68	2,53
Setiembre	S/ 236 800	S/ 120 000,90	1,97
Octubre	S/ 300 800	S/ 108 185,00	2,78
Noviembre	S/ 296 000	S/ 95 002,00	3,12
Diciembre	S/ 368 000	S/ 104 057,00	3,54
<b>Total</b>	<b>S/ 4 090 400</b>	<b>S/ 1 401 962,94</b>	<b>2,92</b>

Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia económica promedio actual se encuentra en 2,92 en el 2024, sin embargo, en el año 2023 se obtuvo el siguiente indicador de Eficiencia Económica:

**Tabla 9. Eficiencia Económica 2023**

<b>Año</b>	<b>Valor de Producción</b>	<b>Gastos totales</b>	<b>Eficiencia Económica</b>
2023	S/ 3,608,320.00	S/ 794,974.84	4.54

Fuente: Elaboración propia.

Por ello actualmente se cuenta con una menor en eficiencia económica comparación al año 2023 de un 4.54, lo que indica que además de contar con costos energéticos altos también se ha perdido eficiencia económica.

**Tabla 10. Producción 2024**

<b>Mes</b>	<b>Unidades Producidas (tn)</b>	<b>Ventas por mes</b>
Ene	2 360	S/ 377 600,00
Feb	2 400	S/ 384 000,00
Mar	1 990	S/ 318 400,00
Abr	2 100	S/ 336 000,00
May	2 450	S/ 392 000,00
Jun	2 358	S/ 377 280,00
Jul	2 217	S/ 354 720,00
Ago	2180	S/ 348 800,00
Set	1 480	S/ 236 800,00
Oct	1 880	S/ 300 800,00
Nov	1 850	S/ 296 000,00
Dic	2 300	S/ 368 000,00
<b>Total general</b>	<b>25 565</b>	<b>S/ 4 090 400,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo el total de 25 565 toneladas producidas durante el año 2024, que, según lo visualizado, durante el mes de enero, febrero y septiembre se obtuvo una producción constante mayor dos mil unidades, sin embargo, las ventas se estuvieron debido a que cada bloque de 50kg se vende a S/8,00.

En ninguno de los meses del 2024 se pudo llegar a su capacidad máxima que es 2600 toneladas al mes.

### **Demanda insatisfecha**

Otro de los problemas presentados en la empresa es la elevada cantidad de demanda insatisfecha que ha presentado en los últimos años, a continuación, se presenta el detalle de la demanda insatisfecho en los últimos años y el valor que este representa para la empresa el hecho no poder cumplirla.

**Tabla 11. Demanda insatisfecha 2020-2024**

<b>Año</b>	<b>Demanda total (tn)</b>	<b>Demanda Atendida (tn)</b>	<b>Demanda no Atendida (tn)</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor (S/)</b>
2020	20895	19050	1845	9%	295 200
2021	22504	21637	867	4%	138 720
2022	25850	23400	2450	9%	392 000
2023	29773	22552	7221	24%	1 155 360
2024	32873	25565	7308	22%	1 169 280

Fuente: Elaboración propia.

La demanda insatisfecha, entendida como las toneladas de hielo demandadas por el cliente que no pudieron ser producida, y por ende vendidas debido a la falta de capacidad operativa o almacenamiento, alcanzó un total de 7 308 toneladas en el año 2024. Este excedente se concentró especialmente en los meses de enero hasta marzo siendo marzo el mes con mayor volumen no comercializado (1952t). Esta situación evidencia un desajuste entre la producción efectiva y la capacidad de venta o distribución, lo que representa una pérdida de ingresos potenciales y la necesidad de optimizar la gestión de inventarios y canales comerciales.

### **Matriz de indicadores**

La matriz siguiente tiene como objetivo medir el impacto cuantitativo de la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la fábrica Hielo Rosymar S.A.C., sobre la variable dependiente: reducción de costos eléctricos. Los valores actuales se basan en los registros del año 2024, y los valores propuestos se estiman a partir de una reducción del 30% en los costos eléctricos, sustentada por antecedentes técnicos revisados en la literatura que muestran ahorros similares en proyectos con energía solar.

**Tabla 12. Matriz de indicadores de la variable dependiente**

<b>Indicadores</b>	<b>Valor Actual (S/.)</b>	<b>Valor Propuesto (S/.)</b>	<b>metodología de mejora</b>
Costos eléctricos anuales	S/ 605 618,00	S/ 423 932,60	Uso de paneles solares
Ahorro económico anual	S/ 181 685,40		

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 12 muestra los indicadores clave relacionados con la reducción de costos eléctricos. El valor actual del costo anual de energía (S/ 605 618,00) fue tomado de los registros de consumo eléctrico del año 2024 de la empresa. Se estimó un ahorro del 30% gracias a la implementación de un sistema de energía solar, sustentado en estudios técnicos incluidos en la tesis. Este porcentaje permitió calcular un nuevo valor propuesto de S/ 423 932,60 y un ahorro económico anual de S/ 181 685,40 lo que representa una disminución del 30% respecto al valor actual.

Se evaluó el consumo de energía eléctrica y los costos asociados en el proceso de producción de hielo en Hielo Rosymar SAC, esto se logró mediante un análisis exhaustivo del consumo energético y sus costos durante 2024.

A continuación, se presenta el resumen de indicadores actuales de la empresa:

**Tabla 13. Resumen de indicadores actuales**

<b>Indicadores</b>	<b>Valor Actual</b>
Costos eléctricos anuales	S/ 605 618,00
Promedio de producción mensual	2 130. 4 tn
Eficiencia económica promedio	2.96
% Promedio de demanda no atendida	14%

Fuente: Elaboración propia.

**Objetivo 2: Evaluar la viabilidad técnica y tecnológica de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC**

Con el fin de evaluar la viabilidad técnica de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC, primero fue necesario conocer la capacidad de producción de la planta de hielo y su capacidad almacenamiento, dichos datos se exponen en las tablas 14 y 15.

**Tabla 14. Capacidad de producción de planta**

<b>Capacidad producción de planta</b>	<b>Unidades</b>
204	tn/día
5 100	tn/mes
61 200	tn/año

Fuente: Elaboración propia a partir de datos brindados por Hielo Rosymar SAC

De acuerdo con el gerente general de la empresa Hielo Rosymar SAC la fábrica tiene una capacidad de producción de 61 200 toneladas por año.

**Tabla 15. Capacidad de almacenamiento actual**

<b>Capacidad producción de planta</b>	<b>Unidades</b>
104	tn/día
2 600	tn/mes
31 200	tn/año

Fuente: Elaboración propia a partir de datos brindados por Hielo Rosymar SAC

El gerente general de la empresa Hielo Rosymar SAC también señaló que la fábrica tiene una capacidad de almacenamiento de 31 200 toneladas por año.

Como se puede observar en las tablas 14 y 15, la empresa actualmente tiene una limitación marcada en la producción de hielo debido a su corta capacidad de almacenamiento.

Como base para la estimación de la capacidad de almacenamiento necesaria del nuevo almacén, primero fue necesario conocer la demanda total, demanda atendida y demanda no atendida de los últimos 5 años (periodo 2020 – 2024). Dicho análisis se expone en la Tabla 16.

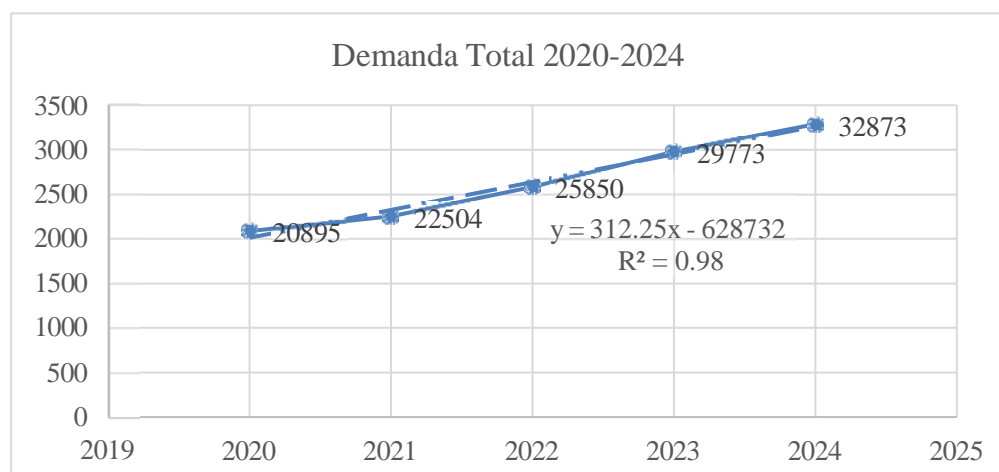
**Tabla 16. Demanda total del 2020-2024**

Año	Demanda total (tn)	Demanda Atendida (tn)	Demanda no Atendida (tn)	Porcentaje
2020	20 895	19 050	1 845	9%
2021	22 504	21 637	867	4%
2022	25 850	23 400	2 450	9%
2023	29 773	22 552	7 221	24%
2024	32 873	26 565	7 308	22%

Fuente: Elaboración Propia

Como se observó en la Tabla 16, la demanda atendida —o producción real— durante el periodo 2020–2024 fue significativamente inferior a la capacidad máxima de producción de la planta, estimada en 61 200 toneladas por año. Esta diferencia se explicó, en gran medida, por la limitada capacidad de almacenamiento, que alcanzó únicamente las 31 200 toneladas anuales. Cabe señalar que, incluso con esa capacidad de almacenamiento, la planta no logró alcanzar dicho nivel de producción, debido a diversos factores operativos, tales como inconvenientes relacionados con la disponibilidad de mano de obra y problemas técnicos derivados de la falta de mantenimiento en los equipos de refrigeración y producción.

Con la demanda total del periodo 2020 – 2024 se pudo realizar una proyección a 5 años en el futuro para conocer cuál será la demanda no atendida por la falta de almacenamiento. Para ello, primero se analizó el comportamiento y tendencia de la misma la cual se expone en la figura 17.

**Figura 17. Comportamiento de la demanda total del periodo 2020-2024**

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de los datos históricos de la variable demanda evidenció una tendencia lineal ascendente, por lo que se evaluó la pertinencia del método de regresión lineal, el cual fue corroborado como apropiado tras obtenerse un coeficiente de correlación de 0,98. Este valor reflejó un alto grado de asociación entre las variables evaluadas, lo que confirmó la idoneidad del modelo para realizar proyecciones. A partir de estos resultados, se calculó la demanda total proyectada para el periodo 2025–2029, la cual se presenta en la Tabla 17.

**Tabla 17. Demanda total proyectada periodo 2025-2029**

<b>Año</b>	<b>Demanda total (tn)</b>
2025	35 742
2026	38 865
2027	41 987
2028	45 110
2029	48 232

Fuente: Elaboración Propia

Con base en la demanda total proyectada de hielo para los próximos cinco años, y considerando que la empresa contaba con una capacidad de almacenamiento de 31 200 toneladas anuales, se calcularon las capacidades requeridas para el nuevo almacén de frío. Dicho análisis se presenta en la Tabla 18.

**Tabla 18. Capacidad de nuevo almacén**

<b>Año</b>	<b>Demanda total (tn)</b>	<b>Capacidad de almacenamiento (tn)</b>	<b>Capacidad de nuevo almacén (tn)</b>
2025	35 742	31 200	4 542
2026	38 865	31 200	7 665
2027	41 987	31 200	10 797
2028	45 110	31 200	13 910
2029	48 232	31 200	17 032

Fuente: Elaboración Propia

Tal como se observa en la tabla 18, el almacén debería tener una capacidad de 17 032 toneladas al año si se desea cubrir la demanda futura.

Una vez determinada la capacidad requerida para el nuevo almacén, se procedió a calcular el área que este debía ocupar, con el fin de definir posteriormente los materiales necesarios y el proceso de implementación correspondiente.

### **Método de Guerchet**

Mediante el método de cálculo de superficie<sup>182</sup> paneles propuesto por Guerchet, se

determinaron los requerimientos de espacio a partir de la suma de tres superficies parciales, lo que permitió obtener una estimación aproximada del área total necesaria.

#### a) Área Estática (Ss)

Es la superficie donde se colocan los objetos que no tienen movimiento como máquinas, equipos y muebles,

$$Ss = Largo * Ancho$$

#### b) Área de Gravitación (Sg)

Es el espacio que necesita el operario para el desempeño de su trabajo (para atender su máquina). No interviene en almacenes.

$$Sg = Ss * N \text{ (número de lados de operación de la máquina)}$$

Donde:

N=número de lados de operación de la máquina

#### c) Área de Evolución

Es el espacio que necesita para la circulación, movimiento de materiales y servicios.

$$Se = (Ss + Sg) * K$$

Donde:

K = constante del proceso productivo (está entre 0,05 y 3)

$$K = APO / 2 (AME)$$

Donde:

APO = altura promedio de los operarios.

AME = altura media de maquinaria o muebles.

#### d) Área total

Es la suma de las áreas estáticas, de gravitación y de evolución

$$St = Ss + Sg + Se$$

### Determinación de la superficie del almacén

El cálculo del área proyectada para la implementación del nuevo almacén de frío se detalló en la Tabla 19.

**Tabla 19. Determinación del área del almacén**

<b>ÁREA ESTÁTICA (SS) – METROS</b>				
<b>EQUIPO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>SS</b>	
Pato de Carga	1,22	0,67	0,82	
Palets de almacenamiento	1,30	0,80	1,04	
Caja de sistema	1,40	0,85	1,19	
Almacén de rollos	1.00	0.35	0.35	
<b>ÁREA DE GRAVITACIÓN (SG) – METROS</b>				
<b>EQUIPO</b>	<b>SS</b>	<b>N</b>	<b>SG</b>	
Pato de Carga	0,82	1,00	0,82	
Palets de almacenamiento	1,04	47,00	48,88	
Caja de sistema	1.19	1.00	1.19	
Almacén de rollos	0.35	10.00	3.50	
<b>ÁREA DE EVOLUCIÓN (SE) – METROS</b>				
<b>EQUIPO</b>	<b>SS</b>	<b>SG</b>	<b>K</b>	<b>SE</b>
Pato de Carga	0,82	0,82	1,00	1,63
Palets de almacenamiento	1,04	49,92	0,00	0,00
Caja de sistema	1.19	1.19	0.00	0.00
Almacén de rollos	0.35	3.50	0.00	0.00
<b>ÁREA TOTAL (ST) – METROS</b>				
<b>EQUIPO</b>	<b>SS</b>	<b>SG</b>	<b>SE</b>	<b>ST</b>
Pato de Carga	0,82	0,82	1,63	3.27
Palets de almacenamiento	1,04	49,92	0,00	50.96
Caja de sistema	1.19	1.19		2.38
Almacén de rollos	0.35	3.50		3.85
<b>TOTAL</b>				<b>59,42</b>

Fuente: Elaboración Propia

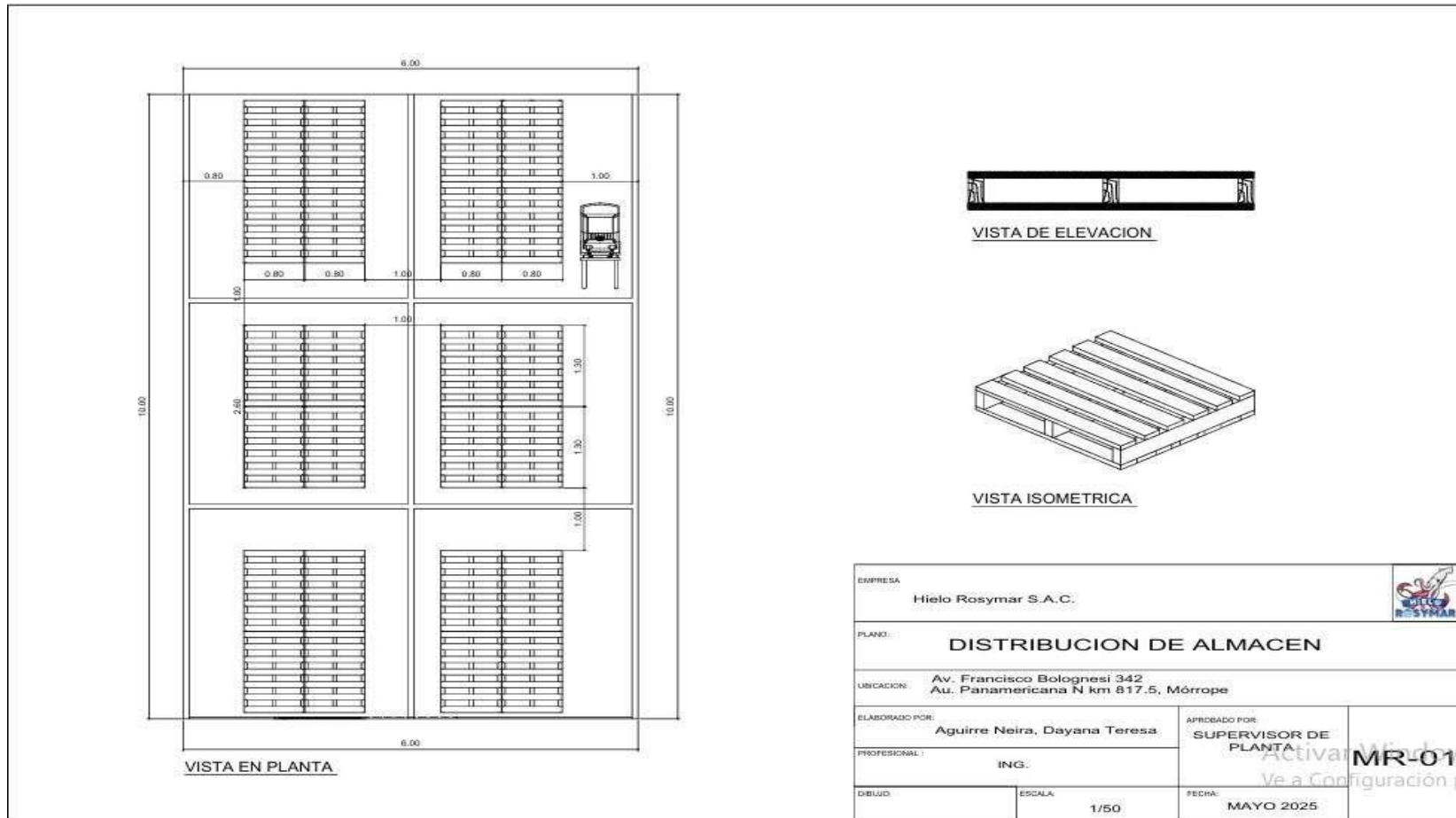
Mediante la aplicación del método de Guerchet, se determinó que el área requerida para el nuevo almacén debía ser de 59,42 m<sup>2</sup>, sin embargo, para una mejor simetría y organización el almacén será de 60 m<sup>2</sup>.

Este cálculo consideró que en cada pallet se podrían almacenar dos filas de cuatro bloques de hielo, separadas por una lámina de polietileno. En conjunto, cada pallet tendría una capacidad de almacenamiento de 800 kilogramos de hielo. Dicho análisis se expone en la tabla 20.

**Tabla 20. Capacidad por pallet**

<b>Pallets</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
4 filas * 4 bloques	16	Bloques
16 bloques * 50kg/bloque	800	kg

Fuente: Elaboración Propia



EMPRESA <b>Hielo Rosymar S.A.C.</b>			
PLANO: <b>DISTRIBUCION DE ALMACEN</b>			
UBICACION: Av. Francisco Bolognesi 342 Au. Panamericana N km 817.5, Mórrope			
ELABORADO POR: Aguirre Neira, Dayana Teresa		APROBADO POR: SUPERVISOR DE PLANTA	
PROFESIONAL: ING.		MR-01	
DIBUJO:	ESCALA: 1/50	FECHA: MAYO 2025	

**Figura 18. Distribución del almacén**

Fuente: Elaboración Propia

### Capacidad del nuevo almacén

Considerando **cuatro despachos diarios** y **47 pallets por despacho**, se estimó una capacidad operativa de aproximadamente **75,2 toneladas diarias**, lo que equivale a **1 880 toneladas mensuales** (25 días hábiles) y **22 560 toneladas anuales** (300 días laborales). Esta capacidad resulta suficiente para cubrir la demanda proyectada para los próximos cinco años (ver Tabla 18). El detalle se expone en la Tabla 21.

**Tabla 21. Número de pallets**

<b>Concepto</b>	<b>Nuevo Almacén 2029</b>	<b>Unidades</b>
Capacidad Anual	17 032	tn
Capacidad Mensual	1 419	tn
Capacidad Diaria	56,77	tn
Capacidad Diaria	56 700	kg
Nº pallets por día (total)	71	und
Nº pallets por despacho	36	und
Nº despachos diarios	2	und

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se detallará los materiales, implementos y consideraciones que se debe tener la construcción e implementación del almacén, tendiendo como dato que para una mejor simetría y organización el almacén será de  $60 m^2$ .

### Requerimientos de ley

El diseño e implementación del sistema de refrigeración debe cumplir con la normativa vigente emitida por las entidades competentes. A continuación, se detallan los principales requerimientos:

- **Normativa de Construcción y Seguridad:** El almacén de hielo debe ajustarse al *Reglamento Nacional de Edificaciones*, garantizando una estructura sismorresistente, segura y adecuada para el almacenamiento de productos. Asimismo, deben observarse las disposiciones técnicas sobre instalaciones eléctricas y sistemas de refrigeración.
- **Regulación Ambiental:** Si el proyecto excede los umbrales definidos por la legislación ambiental peruana, será obligatorio presentar un *Estudio de Impacto*

*Ambiental (EIA)*. Este debe considerar el uso de refrigerantes, la instalación de paneles solares y las medidas para mitigar impactos negativos, en cumplimiento con la *Ley General del Ambiente* (Ley N° 28611).

- **Normas Técnicas de Energía Renovable:** La instalación de paneles solares debe acogerse a los lineamientos del Ministerio de Energía y Minas y de Osinergmin, incluyendo la certificación de los equipos, la conexión adecuada a la red eléctrica y el cumplimiento de estándares de eficiencia energética.

### **Requerimientos técnicos de la instalación frigorífica [32]**

Para asegurar el desempeño óptimo del sistema de refrigeración, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Debe garantizarse un suministro eléctrico constante para la operación continua de los equipos que integran la cámara frigorífica.
- El sistema debe operar de forma intermitente durante 22 horas diarias, a fin de mantener una **temperatura interna entre 0°C y -1°C. Esto nos da un  $\Delta T = 35$**
- El sistema fotovoltaico debe contar con una autonomía mínima de un (1) día.

### **Cálculo de la carga térmica**

El diseño parte de una temperatura exterior promedio de 35 °C y una temperatura interna del ambiente refrigerado de -22 °C:

$$\Delta T = 35^{\circ}C - (-22^{\circ}C) = 57^{\circ}C$$

Para el cálculo de la carga térmica se siguieron los pasos establecidos por el método clásico simplificado de ASHRAE. El procedimiento incluyó: la selección del aislante, el cálculo del flujo de calor a través de paredes, techo y piso, la carga por renovación de aire, la carga térmica generada por el producto, la iluminación, el calor liberado por los motores eléctricos y la presencia de personas dentro de la cámara. Finalmente, se determinó la capacidad de refrigeración requerida para el sistema.

### Flujo de calor a través de las paredes, techo y pisos ( $Q_r$ ) [15]

El flujo de calor corresponde a la cantidad de energía térmica que se transfiere por conducción a través de las paredes del recinto refrigerado, desde el exterior hacia el interior. El cálculo de este flujo de calor, también denominado carga de fuga, se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Q_r = U A \Delta T$$

U : Coeficientes de transmisión de calor por capa

A: Área de cada capa

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura

La cámara frigorífica tendrá la siguiente estructura: las paredes estarán hechas de ladrillo macizo, mortero de cemento y un material aislante; el suelo se construirá con hormigón masivo, aislante y grava; y, por último, el techo estará compuesto de hormigón masivo y un material aislante. Los datos de conductividad térmica para los materiales antes mencionados se exponen en la tabla 22.

**Tabla 22. Conductividad térmica de materiales de construcción**

Material	Espesor (m)	Conductividad térmica, $\lambda$ (W/m·K)
Ladrillo macizo	0,25	0,87
Mortero de cemento	0,03	1,40
Hormigón en masa	0,15	1,63
Grava	0,25	1,21
Aislante	0,06	0,023

Fuente: Elaboración Propia

### Determinación de la resistencia térmica de los materiales [15]

Para calcular correctamente la carga térmica por transmisión del recinto, se requiere conocer la resistencia térmica de cada capa de los cerramientos (paredes, piso y techo). Esta resistencia depende del espesor real del material y de su conductividad térmica  $\lambda$ .

La resistencia térmica  $R$  se define como:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

$R$ : resistencia térmica ( $m^2 \cdot K/W$ )

$e$ : espesor del material (m)

$\lambda$ : conductividad térmica ( $W/m \cdot K$ )

En este proyecto, se ha optado por mantener una base constructiva tradicional (muros de albañilería), complementada con una capa interna de **aislante térmico**. Se ha adoptado una **espuma rígida de poliuretano (PUR)** con **espesor de 6 cm (0.06 m)**, por su alta capacidad aislante y bajo valor de  $\lambda$ . Su ficha técnica se puede encontrar en <https://m.construction-mat.net/64emperat-panel/pur-sandwich-panel/polyurethane-sandwich-panel-for-cold-room.html?utm> más información en los anexos del trabajo.

El cálculo de la resistencia térmica de cada capa permite luego obtener la **resistencia térmica total** y con ello el **coeficiente global de transmisión de calor**:

$$U = \frac{1}{R_{Tot} + R_{in} + R_{ext}}$$

Donde:

$$R_{in} = 0.12 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Los valores de resistencias superficiales interior y exterior se tomaron de la norma UNE-EN ISO 6946:2017, la cual especifica  $R_{in}$  para superficies internas en contacto con aire en reposo, y  $R_{se}$  para superficies exteriores expuestas al ambiente. Con base en la fórmula y los datos proporcionados, se realizó el cálculo cuyos resultados se presentan

**Tabla 23. Cálculo de U**

Material	$\lambda$ (W/m·K)	Espesor (m)	Resistencia térmica $R=e/\lambda$ (m <sup>2</sup> ·K/W)
Ladrillo macizo	0,87	0,25	0,287
Mortero de cemento	1,4	0,03	0,021
Hormigón en masa	1,63	0,15	0,092
Grava compactada	1,21	0,25	0,207
Aislante (PUR)	0,023	0,06	2500
<b>TOTAL</b>			<b>3,11</b>

Fuente: Elaboración Propia

Con esto el resultado para el coeficiente térmico es:

$$U = \frac{D}{3,11 + 0,12 + 0,04} = 0,305 \frac{W}{m^2 K}$$

De la misma forma calculamos para el techo y el piso la Resistencias para luego calcular U

- Techo (descendente):  $R_{si} = 0,1$ ;  $R_{se} = 0,04$
- Piso (hacia interior):  $R_{si} = 0,17$ ,  $R_{se} = 0$

**Tabla 24. Cálculo de U restantes**

Cerramiento	Rtot (m <sup>2</sup> K/W)	U (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	Norma temperatura
Paredes	3,277	0,305	≤ 0,30
Techo	3,565	0,28	≤ 0,30
Piso	3,375	0,30	≤ 0,35

Fuente: Elaboración Propia

\*Requisitos típicos UNE-EN ISO 13789 / ASHRAE para cámaras de 0 °C

**Tabla 25. Cálculo de Carga Térmica por Transmisión**

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	$\Delta T$ (°C)	$Q=U \cdot A \cdot \Delta T$
Paredes laterales	70,4*	0,305	57	1 224,8
Techo	60	0,280	57	958
Piso	60	0,300	15	270
<b>Total, flujo transmisión</b>	—	—	—	<b>2 453,6 W</b>

Fuente: Elaboración Propia

\*El área lateral es:  $(6 + 10) \times 2,2 = 70,4 \text{ m}^2$

### **Carga por cambio de aire ( $Q_{ca}$ ) [33]**

La carga térmica en un recinto frigorífico debe evaluarse considerando la renovación de aire, ya que esta constituye una variable de impacto técnico significativo. La ecuación de ganancia de calor por infiltración, causada por la entrada directa de aire exterior, sirve como base para aplicar la corrección correspondiente que compense dicha carga en la capacidad de refrigeración del sistema y se expone a continuación.

$$Q_{CA} = \rho V * c_p \Delta T$$

Donde:

V: Caudal de aire infiltrado

C<sub>p</sub>: Calor específico del aire

ρ: Densidad del aire refrigerado

Para estimar la carga por infiltración se consideró una puerta de acceso de 1,2 m×2,1 m, viento de fuga 0,3 m/s, densidad del aire 1,18 kg/m<sup>3</sup> (exterior cálido y seco), c<sub>p</sub>=1,012 kJ/kg·K y ΔT=57 °C.

$$A_{puerta} = 2,52 \text{ m}^2$$

$$V = v \times A = 0,8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El caudal instantáneo es 0,8 m<sup>3</sup>/s, lo que genera un pico de 54,5 kW durante el tiempo de apertura.

$$Q_{inst} = 54,5 \text{ kW } 10 \text{ min}$$

$$E_{diaria} = Q_{ins} \left( \frac{10 \text{ min}}{60 \text{ min}} \right) = 9,08 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Suponiendo un total de **10 min diarios de apertura**, la energía infiltrada es 10,2 kWh/día, equivalente a 0,43 kW de carga térmica constante en el balance del recinto.

$$Q_{ca} = \frac{9,08}{24 \text{ h}} = 0,378 \text{ kW}$$

### **Carga debido al producto ( $Q_{producto}$ ) [33]**

La carga térmica debida al producto corresponde al calor que debe ser extraído para reducir su temperatura hasta alcanzar el nivel requerido de almacenamiento. Una vez que el producto ha alcanzado dicha temperatura, deja de representar una fuente de calor, por lo que su contribución ya no forma parte de la carga térmica total que debe afrontar el sistema de refrigeración. La carga debido al producto se determina con la siguiente ecuación.

$$Q_{producto} = \frac{m_{producto} c_p \Delta T}{T_e}$$

$M_{producto}$ : masa del producto

$C_p$ : Calor específico

$\Delta T$ = Diferencia de temperatura

$T_e$ : Tiempo necesario para que el producto llegue a temperatura de conservación.

Para el cálculo de la carga térmica asociada al producto, se estableció un tiempo de 22 horas como periodo necesario para que alcance la temperatura de conservación. Bajo esta condición, la carga térmica del producto se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{producto} = \frac{(50)(2090)(0.0958)}{22}$$

$$Q_{producto} = 455.05 \text{ W}$$

### **Carga por iluminación [33]**

La iluminación tiene su influencia en los controles sanitarios o limpiezas, que son los momentos en los que se le hace un mayor uso, para la iluminación se debe tener una intensidad de 200 lux por  $m^2$ , en cualquier lugar donde se proceda a actividades de almacenamiento.

Para áreas de almacenamiento se ha adoptado una iluminancia de 200 lux, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones – Título J (DS 011-2006-VIVIENDA) y la Norma Técnica Peruana NTP ISO/CIE 8995-1:2013 “Iluminación de los lugares de trabajo interiores”

En primer lugar, se determinó los lúmenes necesarios utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Lúmenes necesarios} = \text{Area} \times \text{Lumenes por } m^2$$

$$\text{Lúmenes necesarios} = 60 \text{ m}^2 \times 200 \text{ lúmenes/m}^2$$

$$\text{Lúmenes necesarios} = 12\,000 \text{ lúmenes}$$

En segundo lugar, fue necesario encontrar el número de focos a utilizar para lo cual se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Número de focos} = \text{Lúmenes necesarios} / \text{Lúmenes por foco}$$

$$\text{Número de focos} = 12\,000 \text{ lúmenes} / (800 \text{ lúmenes por foco})$$

$$\text{Número de focos} = 15 \text{ unidades}$$

En tercer lugar, se procedió a calcular la carga por iluminación utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Iluminación} = N \text{ Pot (W)}$$

$$Q_{\text{iluminación}} = 15 * 8W$$

$$Q_{\text{iluminación}} = 120 W$$

### **Calor liberado por motores eléctricos (Q<sub>m</sub>) [33]**

Esta carga corresponde al calor generado por el funcionamiento de motores y equipos dentro del recinto refrigerado. El caso más común es el calor producido por los motores de los ventiladores del evaporador; sin embargo, también debe considerarse cualquier otro equipo que opere en el interior de la cámara.

De acuerdo con la literatura especializada, se estima de forma aproximada que el equivalente calorífico del trabajo de los ventiladores representa entre el 5 % y 8 % de la suma de las siguientes cargas: por producto, por renovación de aire, por transmisión térmica a través de paredes, techo y suelo, y por iluminación. La ecuación se expone a continuación.

$$M = 0,08 X (\text{Producto} + ca + r + \text{iluminación})$$

$$Q_M = 0,08 x (4,55,05 W + 378 W + 2453,6 W + 120 W)$$

$$Q_M = 272,484 W$$

### **Cargas por personas [33]**

Para las labores de limpieza, inspección y manipulación del producto, se dispondrá de tres personas, quienes permanecerán un máximo de una hora diaria dentro de la cámara frigorífica. Debido a esta presencia, es necesario calcular la carga térmica

generada por el calor corporal, para lo cual se tomará como referencia la Tabla 10-15 de Pita.

**Tabla 26. Calor equivalente por persona de acuerdo a la temperatura del enfriador**

Temperatura de la cámara (°C)	q
	Potencia liberada por persona (W)
5	240
4	246
0	270
-22	325

Fuente: Elaboración Propia

$$Q_{personas} = q * n$$

q: Potencia liberada por personas

n: número de personas.

$$Q_{personas} = 325 W \times 3$$

$$Q_{personas} = 975 W$$

### Capacidad de refrigeración requerida (Cap ref) [33]

La capacidad de refrigeración corresponde a la sumatoria de todas las cargas térmicas previamente calculadas y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad de refrigeración requerida} = Q_r + Q_{ca} + Q_{producto} + Q_{iluminación} + Q_M + Q_{personas}$$

Se adopta un factor de seguridad del 10% sobre la carga térmica total calculada, siguiendo las recomendaciones de Dossat (2001) y ASHRAE (2022, Cap. 24), quienes establecen un rango del 10-20% para almacenes de refrigeración. El valor del 10% se selecciona considerando que: (a) el almacén operará con una frecuencia de apertura moderada (máximo 3-4 veces por turno), (b) el aislamiento de poliuretano PUR de 100 mm proporciona un coeficiente de transferencia (U) conservador, (c) los datos climáticos de Chiclayo presentan baja variabilidad térmica anual (promedio 22-28°C), reduciendo la incertidumbre en la carga por transmisión. Sin embargo, se reconoce que un factor del 15% sería más prudente si la frecuencia de uso del almacén aumenta conforme crezca la demanda en los años 4 y 5 del horizonte de evaluación.

**Tabla 27. Carga térmica**

<b>Carga Térmica</b>	<b>Valor (W)</b>	<b>Valor (kW)</b>
Carga por Transmisión (Qr)	2 453,6	2,454
Carga por Cambio de Aire (Qca)	378	0,378
Carga por Producto (Qproducto)	455,05	0,46
Carga por Iluminación (Qiluminación)	120	0,12
Carga por Motores Eléctricos (QM)	272,488	0,272
Carga por Personas (Qpersonas)	975	0,975
<b>Total, sin Factor de Seguridad</b>	<b>4 654.138</b>	<b>4,654</b>
<b>Total, con Factor de Seguridad (10%)</b>	<b>5 119,5518*</b>	<b>5,119</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Selección de refrigerante [34]

Para una refrigeración exitosa, se deben tener en cuenta ciertas condiciones para la elección de un refrigerante, como son:

- El refrigerante debe tener una buena relación con el ciclo de refrigeración, esto para que el proceso exista un ahorro de energía, debe ser de bajo costo de manufactura, cortos tiempos de vida atmosférica, baja inflamabilidad y toxicidad.
- El refrigerante debe ser amigable con el ambiente, no debe contribuir con la destrucción de la capa de ozono ni contribuir al efecto invernadero.

Existen una cantidad de refrigerante los cuales cuentan con diversas características adecuadas para los diferentes trabajos que deben cumplir, dependiendo a los productos es elegido el adecuado, teniendo en cuenta sus niveles de toxicidad y como el uso de estos afecta al ambiente, es así como se deben buscar refrigerantes que cumplan con unas características de refrigeración y que su nivel de toxicidad sea lo más bajos posible.

El refrigerante a utilizar en este sistema de refrigeración será el amoníaco o R-717, refrigerante natural el más usado en los frigoríficos de alimentos.

### Características del amoníaco [34]

- Es una sustancia no contaminante.
- Su rendimiento termodinámico es entre un 3-10% superior a otros refrigerantes, esto beneficia a la reducción de consumo energético.
- Su costo es menor que el de otros refrigerantes y la cantidad a utilizar es menor para una misma aplicación.

- Su potencial de destrucción del ozono es de cero igual a su incidencia directa en el efecto invernadero.
- Es un fluido poco inflamable debido a su afinidad con la humedad atmosférica.

**Tabla 28. Composición del amoníaco R717**

Formula Química	Peso Molecular	Composición
NH <sub>3</sub>	17.03 g/mol	N: 82.25% H: 17.75%

Fuente: Elaboración Propia con información de [34]

El compresor será de amoníaco, además tendrá condiciones de diseño de  $T_{evap} = -25^{\circ}C$  y  $T_{cod} = 40^{\circ}C$

El COP del proyecto será de 2,75 (corregido por fouling y desviaciones), entonces:

$$P_{eje} = \frac{Q_{diseño}}{COP} = \frac{5\,119}{2,75} = 1,9\,kW = 2,54\,HP$$

Seleccionaremos la serie Mycom HS-N3LII de modelos cuya ficha técnica se encuentra en anexos.

$$Capacidad = 5kW$$

$$Potencia\ del\ eje = 1,9\,kW$$

Se propone instalar **dos compresores HS-N3LII de 3 HP** en configuración 1 + 1. Uno cubre la demanda nominal; el segundo garantiza respaldo y ajuste estacional de capacidad.

Al analizar la carga térmica base de 4.65 kW, se puede observar cómo varía la selección del equipo al aplicar distintos factores de seguridad. Sin ningún margen, se requeriría un compresor nominal de 5 kW, lo cual deja al sistema sin holgura ante variaciones reales de operación. Al incorporar un 10% de seguridad, la carga asciende a 5.12 kW, lo que lleva a seleccionar un equipo de aproximadamente 5.5 kW, proporcionando un margen moderado y adecuado. Si se incrementa el factor al 15%, la carga llega a 5.35 kW, pero aún se mantiene dentro del mismo rango de equipo de 5.5 kW, ofreciendo un enfoque más conservador sin cambiar la capacidad del compresor. En cambio, al aplicar un 20%, la carga alcanza 5.58 kW, lo que obliga a pasar a un equipo de 6 kW, generando un posible sobredimensionamiento. En consecuencia, tanto el 10% como el 15% conducen a la misma selección de equipo, lo que valida la elección del 10% como una solución eficiente que asegura un margen adecuado sin sobredimensionar el sistema.

### Capacidad instalada en kW de Posa

Es la máxima potencia que el almacén podría lograr en un determinado periodo, suponiendo condiciones óptimas de operación y la plena disponibilidad de todos sus recursos.

**Tabla 29. Identificación de Equipos y Potencias de Posa**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Total Potencia (kW)</b>	<b>Observación</b>
Compresores MYCOM HS-N3LII	2	3	4,4	1 + 1, redundancia y modulación
Ventiladores	12	2	17,9	Operación continua
Agitadores	8	5	29,84	Operación variable
Molinos / picadores	2	40	59,68	Uso intermitente
Bombas Pedrollo	5	2	7,46	Operación constante
Bomba sumergible	1	2	1,49	—
<i>SUB TOTAL</i>	—	—	<b>120,87 kW</b>	Potencia nominal instalada
Compresores HS-N3LII de 3 HP	2	3	4.4	1 + 1, redundancia y modulación
Ventiladores del evaporador	3	0.5 HP	1.1	Ventiladores axiales integrados
Condensador (ventilado)	1	—	1.0	Estimación conservadora
Iluminación interior LED	12	10 W	0.12	Luminarias IP65
Controlador digital	1	15 W	0.015	Termostato / Sonda
Tablero de fuerza + control	1	—	0.15	Incluye automatización básica
Alarma de NH <sub>3</sub>	1	20 W	0.02	Sensor + señal visual / acústica
<i>SUB TOTAL</i>	—	—	<b>6,805 kW</b>	Potencia estimada instalada
<b>TOTAL</b>				<b>127,675 kW</b>

Fuente: Elaboración Propia

Entonces la potencia instalada será:

$$P_{inst} = 120,87 + 6,805 = 127.675 \text{ kW}$$

### Estimación de tiempo de operación y factor de utilización

Los detalles de la estimación de tiempo de operación del nuevo almacén se exponen a continuación en la tabla 30.

**Tabla 30. Estimación de tiempo de operación**

Parámetro	Estimación	Justificación
Horas de operación diarias	8 h/día	Considerando producción parcial, descansos de mantenimiento, rotación de turnos
Días de operación al año	300 días	La planta no presenta paradas prolongadas
Factor de utilización promedio	60%	Para reflejar que no todos los equipos funcionan simultáneamente a full carga

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo expuesto, se consideró un factor de utilización del 60%, lo que refleja que no todos los equipos funcionan simultáneamente a full carga.

La Tabla 32 muestra una potencia nominal total de **127,675 kW**. Ese valor corresponde a la **suma de las placas de motor** (name-plate) de todos los equipos (compresores, ventiladores, agitadores, etc.). Sin embargo, **nunca operan todos al 100 % de carga ni las 24 h**. Para estimar la demanda eléctrica real se aplica el factor de utilización (FU=0,6) y un  $t = 20 \text{ h}$

$$P_{prom} = P_{nom} \times FU = 76,61 \text{ kW}$$

$$E_{diaria} = P_{prom} \times t = 76,61 \times 20 \text{ h} = 1532,1 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Vamos a dimensionara para una potencia de planta de  $P_{paneles} = 100 \text{ kW}$  para quedar con holgura con respecto a 76,61 kW.

### Eficiencia global del sistema y número de paneles:

Con una **irradiación media anual** en Chiclayo de **5,5 kWh/m<sup>2</sup>día** (PVGIS 006-2020) se definen  $H_{eq}=5,5$  **h-sol-equivalente** por día. Para alcanzar la potencia pico de **100 kWp** se seleccionan **182 módulos monocristalinos TOP Con de 550 Wp** (área unitaria 2,56 m<sup>2</sup>, eficiencia STC 21,5 %)

$$N_{paneles} = \frac{100kW}{0,55 \frac{kW}{panel}} = 182 \text{ paneles}$$

El área total que ocuparán estos paneles será:

$$A_{tot} = 182 \times 2,56 = 457 \text{ m}^2$$

Esta área la tenemos disponible en el techo, ver **Anexo 8**

La producción diaria del campo fotovoltaico se obtiene aplicando el *Performance Ratio* global. **IEA-PVPS, IEC 61724-1**, y manuales de PVsyst: PR típico realista para climas cálidos sin limpieza constante: **0,75–0,80**. Tomaremos:  $PR = 0,83$  considerando que Chiclayo presenta baja humedad relativa y alta irradiancia directa (5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día), condiciones que favorecen un rendimiento ligeramente superior al rango típico de 0.75-0.80 reportado para climas cálidos sin limpieza constante:

$$E_{día} = P_{paneles} H_{eq} PR$$

$$E_{día} = 456,5 \frac{kWh}{día}$$

$$E_{año} = 456,5 kWh \times 365 \text{ dias}$$

$$E_{año} = 166\ 622,5 \frac{kWh}{año}$$

Así se demuestra que la capacidad instalada de 100 kW/pico genera 166 622,5 kWh al año

### Consumo energético diario y anual

El consumo energético diario y anual del nuevo almacén de frío se expone a continuación en la tabla 31.

**Tabla 31. Estimación de tiempo de operación**

<b>Potencia instalada (kW)</b>	<b>Factor de utilización</b>	<b>Horas de operación por día</b>	<b>Consumo energético diario (kWh)</b>	<b>Días de Operación al año</b>	<b>Consumo energético anual (kWh)</b>
127,675	0,6	20 h	1532,1	300	1532,1 × 300 = 459 630

Fuente: Elaboración Propia

Se tomó en cuenta 300 día de operación al año

Esto genera un ahorro significativo

$$Ahorro = \frac{166\,622,5}{459\,630} = 36,25\%$$

**Esto se va a reflejar en el precio del consumo directo de la energía activa total del cliente.**

Cabe destacar que se consideró 20 horas de operación diaria para el cálculo del consumo energético anual.

#### **Plan de mantenimiento preventivo**

La elaboración del plan de mantenimiento anual para la planta de Hielo Rosymar S.A.C. permite establecer una estrategia técnica integral orientada a preservar la operatividad, eficiencia y vida útil de los equipos tanto del proceso productivo tradicional como del nuevo sistema de almacenamiento con energía solar. El enfoque preventivo y predictivo aplicado a los compresores, ventiladores, agitadores, bombas y sistemas solares garantiza una reducción en los tiempos de parada no programada, disminuye el riesgo de fallas críticas y mejora la eficiencia energética general. Asimismo, se han considerado actividades de parati correctivo en luminarias y sistemas no críticos, lo cual permite optimizar los recursos financieros y técnicos. El costo total estimado asciende a S/ 11 800,00 anuales, monto razonable en relación con el impacto operativo que representa la continuidad del servicio y la prevención de pérdidas por averías. Este plan no solo responde a una necesidad técnica, sino que también fortalece la sostenibilidad del proyecto al integrar prácticas de mantenimiento para tecnologías limpias como los paneles solares y sus componentes asociados. Los detalles se exponen en la tabla 32.

**Tabla 32. Plan de Mantenimiento**

<b>Equipo/ Sistema</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tipo de mantenimi ento</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Actividades Clave</b>	<b>Costo estimado anual</b>
Paneles solares fotovoltaicos (300W)	182	Preventivo	Trimestral	Limpieza de paneles, revisión de conexiones, prueba de rendimiento	S/ 5 000,00
Inversores	1 sistema	Predictivo	Trimestral	Diagnóstico de estado de carga, actualización de firmware, verificación térmica	S/ 2 800,00
Luminarias LED	12	Correctivo	Anual (Cuando Falle)	Cambio por desgaste o fallo eléctrico	S/ 720,00
Sistema de monitoreo solar	1 sistema	Preventivo	Trimestral	Calibración de sensores, revisión de software y red	S/ 1 220,00
Sistema de refrigeración	2 sistema	Preventivo	Trimestral		S/ 2 500,00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 12 220,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

### **Sistema de refrigeración**

A continuación, en la tabla 33 se presenta los materiales para la implementación del sistema de refrigeración, basada en criterios de eficiencia energética, compatibilidad con refrigerantes industriales y sostenibilidad.

**Tabla 33. Sistema de refrigeración**

<b>Componente</b>	<b>Alternativa 1 (Óptima)</b>	<b>Alternativa 2 (Intermedia)</b>	<b>Alternativa 3 (Económica)</b>
Motor eléctrico	Motor trifásico WEG IE3, bobinado de cobre, carcasa de hierro fundido	Motor Siemens IE2, bobinado de aluminio, carcasa de hierro Bitzer	Motor Hyundai IE1, carcasa de aluminio
Compresor refrigerante	Compresor de tornillo MYCOM, acero fundido, compatible con NH <sub>3</sub>	semihermético, acero tratado, compatible con R404A	Compresor scroll Copeland, uso ligero, solo R134a
Condensador	Tubos de cobre + carcasa de acero inoxidable	Acero galvanizado + serpentín de cobre	Condensador de aluminio con recubrimiento básico
Evaporador	Aluminio reforzado	Acero galvanizado	Cobre sin aletas
Tuberías	Acero al carbono Schedule 80, con recubrimiento anticorrosivo	PVC de alta presión	Tubos de cobre desnudo
Aislamiento térmico	Paneles de poliuretano expandido (PUR) de alta densidad (10 cm)	Poliestireno expandido (EPS) de 8 cm	Lana de vidrio con recubrimiento plástico
Válvula de expansión	Danfoss TE2 de acero inoxidable	Válvula Emerson tipo TXV	Válvula mecánica de expansión fija
Tanque de hielo	Acero inoxidable grado alimenticio 304/316	Acero galvanizado	Tanque de plástico reforzado
Intercambiador de calor	Placas de acero inoxidable tipo Alfa Laval	Carcasa y tubo de cobre con carcasa de acero	Intercambiador tubular simple de aluminio
Sistema de monitoreo y control	PLC + SCADA (Siemens o Allen-Bradley) + sensores integrados	PLC básico + sensores independientes	Termostatos analógicos + control manual

Fuente: Elaboración propia

### **Selección del sistema de refrigeración y su contribución al almacén**

La Alternativa 1 se considera la más adecuada para una fábrica de hielo con operación continua como Hielo Rosymar S.A.C., ya que ofrece una combinación óptima de eficiencia energética, durabilidad de materiales y automatización del sistema, factores clave para reducir costos eléctricos y garantizar una operación estable a largo plazo. Por su parte, la Alternativa 2 representa un equilibrio entre calidad y costo, siendo funcional para proyectos de escala media que requieren eficiencia moderada con una inversión intermedia, aunque con menor nivel de automatización y resistencia en comparación con la alternativa óptima. En contraste, la Alternativa 3, si bien es la opción más económica, presenta importantes limitaciones en términos de eficiencia, control y vida útil, por lo que solo es recomendable para sistemas pequeños o temporales, resultando poco viable para el entorno industrial exigente de una planta productiva como Hielo Rosymar S.A.C. Dicho análisis se expone en la tabla 37.

**Tabla 34. Selección del sistema de refrigeración y su contribución al almacén**

Componente	Alternativa 1 (Óptima)	Alternativa 2 (Intermedia)	Alternativa 3 (Económica)
Inversores string	2 × 50 kW trifásicos, eficiencia $\geq 98$ %, con MPPT. Ejemplo: Huawei, Fronius, SMA.	2 × 50 kW trifásicos, eficiencia $\geq 98$ %, con MPPT. Verifield.	Energía Solar Híbrido Fuera de la Red de 10k
Estructura metálica	Aluminio anodizado o acero galvanizado, anclajes químicos al techo de 1000 m <sup>2</sup>	Contrucción de estructura con tuvo cuadro de 2 “de 1000 m <sup>2</sup>	Instalación de soporte en cobertura
Cableado DC + AC	Cable solar 6 mm <sup>2</sup> + conectores MC4, caja combinadora con fusibles.	Cable solar 6 mm <sup>2</sup> + conectores MC4, caja combinadora con fusibles.	Cable solar 6 mm <sup>2</sup> + conectores MC4, caja combinadora con fusibles.
Paneles solares	PS tipo Sandwich otal: 100,1 kWp. Tipo monocristalino TOPCon o PERC, eficiencia $\geq 21$ %. Área $\approx 457$ m <sup>2</sup> .	Kit Solar aislado Básico 640W 24V VICTRON	Panel Solar 610W Monocristalino N-Type Tensite
Iluminación	Panel LED 48W con difusor de polipropileno.	Panel LED 48W 6000K Blanco 145299	Panel LED 48W 6000K Blanco 145297
Aislamiento térmico	Poliuretano	Poliestireno expandido (EPS) de 8 cm	Lana de vidrio con recubrimiento plástico
Compresor frigorífico	Mycom HS-N3LII, tornillo, para NH <sub>3</sub> , 5,5 kW frigoríficos. Recomendado: 2 unidades (1 + 1 respaldo)	Unidad compresora con motor de pistón de 3 a 50 HP, refrigerado por aire, tipo abierto	Compresor de refrigerador 5p Unidad condensadora de refrigeración exterior para almacenamiento en cámara frigorífica Ocu Odcu marca BINGSHAN/Panasonic
Evaporador	Capacidad $\approx 5,5$ kW, compatible con NH <sub>3</sub> , con ventiladores axiales (2 a 3 ventiladores de 0,5 HP).	Evaporador mipal mi 013e 220v/1f/60hz – blanco c/deshielo eléctrico	Evaporador mipal mi 013e 220v/1f/60hz – blanco c/deshielo eléctrico
Condensador	Tipo casco-tubo o evaporativo, 5–6 kW, según configuración	Tipo casco-tubo o evaporativo, 5–6 kW, según configuración	Tipo casco-tubo o evaporativo, 5–6 kW, según configuración
Sistema de monitoreo y control	Logger con comunicación RS485/WiFi, compatible con App/web.	PLC básico + sensores independientes	Termostatos analógicos + control manual

Fuente: Elaboración propia

## **Selección técnica de los componentes principales del sistema de refrigeración**

La Tabla presenta la selección técnica de los componentes principales del sistema de refrigeración proyectada para el almacén de frío en Hielo Rosymar S.A.C., incluyendo su potencia estimada y comparación con antecedentes relevantes. Se evidencia que las elecciones realizadas priorizan un equilibrio entre eficiencia energética, viabilidad económica y adaptabilidad al entorno climático de Chiclayo. El motor eléctrico Siemens IE2 (130.5 kW), junto con el compresor MYCOM con  $\text{NH}_3$  (100 kW), representan los principales consumidores de energía, pero al mismo tiempo garantizan un alto rendimiento y compatibilidad con bajas temperaturas, fundamentales en procesos industriales de congelación. Estos elementos fueron seleccionados considerando experiencias previas, como las de Briceño (2019) y Barrón (2022), que validan la eficiencia del uso de  $\text{NH}_3$  y equipos industriales robustos. Por su parte, componentes como el condensador de cobre y acero inoxidable y el evaporador de acero galvanizado, ofrecen durabilidad y eficiencia térmica a un costo razonable, siendo coherentes con lo propuesto en estudios como Shawky (2022). La elección del aislamiento térmico con poliuretano (PUR) es clave para la eficiencia energética del sistema, ya que minimiza la transferencia de calor, tal como señalan Azis (2021) y Barragán y Llanes (2021).

La válvula de expansión tipo TXV, junto con un sistema de control PLC básico, permite automatizar el sistema sin incurrir en altos costos, siendo ideal para una planta mediana como Hielo Rosymar S.A.C. Este enfoque ha sido respaldado por autores como Echevarria (2020), quienes destacan la importancia del control eficiente del flujo y la operación automatizada.

En conjunto, el sistema diseñado no solo responde técnicamente a los requerimientos del proceso, sino que también es viable económica y ambientalmente. La suma de componentes con eficiencia energética, bajos requerimientos de mantenimiento y potencial de integración con energía solar, permite proyectar una reducción considerable de los costos eléctricos. Esto refuerza la prefactibilidad del proyecto y lo alinea con las tendencias actuales en sostenibilidad industrial observadas en los estudios revisados.

La configuración seleccionada para el sistema de refrigeración no solo optimiza individualmente cada componente, sino que conforma un almacén de frío eficiente y funcional en su conjunto, alineado con los estándares de sostenibilidad industrial. La integración de tecnologías eficientes, como el compresor con  $\text{NH}_3$ , el aislamiento PUR y el intercambiador de calor solar, permite reducir significativamente la carga térmica, optimizar el uso energético y mantener temperaturas constantes de hasta  $-24^\circ\text{C}$ . Comparado con antecedentes como los de Griesbach, Azis y Zhang, el sistema completo ofrece ventajas operativas y económicas al combinar rendimiento térmico, automatización básica y compatibilidad con energía solar. Esto confirma la prefactibilidad del proyecto al demostrar que el almacén diseñado no solo es viable, sino también escalable, sostenible y adaptado a las condiciones locales de Hielo Rosymar S.A.C.

**Tabla 35. Selección de los componentes principales del sistema de refrigeración proyectado para el almacén de frío en Hielo Rosymar S.A.C**

Componente	A1 – Precio	A1 – Ren d.	A1 – Calidad	A1 – Llegada	A2 – Precio	A2 – Ren d.	A2 – Calidad	A2 – Llegada	A3 – Precio	A3 – Ren d.	A3 – Calidad	A3 – Llegada
Inversores string	S/ 1 421	>15 años	2 × 50 kW trifásicos, eficiencia ≥98 %, con MPPT. Ejemplo: Huawei, Fronius, SMA.	3-4 sem	S/ 2 300	10-12 sem	2 × 50 kW trifásicos, eficiencia ≥98 %, con MPPT. Verifield.	2-3 sem	S/ 2 700	6-8 años	Energía Solar Híbrido Fuera de la Red de 10k	1-2 sem
Estructura metálica	S/ 12 500	>20 años	Aluminio anodizado o acero galvanizado, anclajes químicos al techo de 1000 m <sup>2</sup>	3-5 sem	S/ 14 000	15-18 sem	Contrucción de estructura con tuvo cuadro de 2 “ de 1000 m <sup>2</sup>	3-4 sem	S/ 8 000	8-10 años	Instalación de soporte en cobertura	2-3 sem
Cableado DC + AC	S/ 1 700	>15 años	Cable solar 6 mm <sup>2</sup> + conectores MC4, caja combinadora con fusibles.	3-4 sem	S/ 2 000	10-12 años	Cable solar 6 mm <sup>2</sup> + conectores MC4, caja combinadora con fusibles.	2-3 sem	S/ 2 500	6-8 años	Cable solar 6 mm <sup>2</sup> + conectores MC4, caja combinadora con fusibles	1-2 sem
Paneles solares	S/ 1 143	12-15 años	PS tipo Sandwich total: 100,1 kWp. Tipo monocristalino no TOP Con o PERC, eficiencia ≥21 %. Área ≈ 457 m <sup>2</sup> .	3 sem	S/ 2 451	10 años	Kit Solar aislado Básico 640W 24V VICTRON	2-3 sem	S/ 2 856	5-6 años	Panel Solar 610W Monocrystalline N-Type Tensite	1-2 sem
Iluminación	S/ 60	>20 años	Panel LED 48W con difusor de polipropileno	2-3 sem	S/ 80	10-12 años	Panel LED 48W 6000K Blanco 145299	1-2 sem	S/ 89	8 años	Panel LED 48W 6000K Blanco 145297	1 sem

Aislamiento térmico + Material de temperatura (m2)	S/ 140	>15 años	Paneles de poliuretano expandido (PUR) de alta densidad (10 am)	2-3 sem	S/ 200	12 años	Poliestireno expandido (EPS) de 8 cm	2 sem	S/ 270	9 años	Lana de vidrio con recubrimiento plástico	1 sem
Compresor frigorífico	S/ 1 890	10 años	Mycom HS-N3LII, tornillo, para NH <sub>3</sub> , 5,5 kW frigoríficos. Recomendado: 2 unidades (1 + 1 respaldo)	2 sem	S/ 29 000	8-10 años	Unidad compresora con motor de pistón de 3 a 50 HP, refrigerado por aire, tipo abierto	1-2 sem	S/ 3 699	6 años	Compresor de refrigerador 5p Unidad condensadora de refrigeración exterior para almacenamiento en cámara frigorífica Ocu Odcu marca BINGSHAN/Panasonic	1 sem
Evaporador	S/ 4 580	15 años	Capacidad ≈5,5 kW, compatible con NH <sub>3</sub> , con ventiladores axiales (2 a 3 ventiladores de 0,5 HP).	4 sem	S/ 5 629	10 años	Evaporador mipal mi 013e 220v/1f/60 hz – blanco c/deshielo eléctrico	2-3 sem	S/ 6 280	8 años	Evaporador Mipal mi 013e 220v/1f/60Hz - blanco c/deshielo eléctrico	1-2 sem
Condensador	S/ 3 300	>20 años	Tipo casco- tubo o evaporativo, 5–6 kW, según configuración	4 sem	S/ 4 400	15 años	Tipo casco- tubo o evaporativo, 5–6 kW, según configuración	3 sem	S/ 5 300	8 años	Tipo casco-tubo o evaporativo, 5–6 kW, según configuración	2 sem
Sistema de monitoreo y control	S/ 900	15 años	Logger con comunicación RS485/WiFi, compatible con App/web.	3-4 sem	S/ 1 500	12 años	PLC básico + sensores independientes	2 sem	S/ 1 250	6-8 años	Termostatos analógicos + control manual	1 sem

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 36. Matriz de comparación para el sistema de Refrigeración**

<b>Componente</b>	<b>Alternativa 1 (Óptima)</b>	<b>Alternativa 2 (Intermedia)</b>	<b>Alternativa 3 (Económica)</b>
Inversores string	4	5	3
Estructura metálica	5	3	2
Cableado DC + AC	5	4	3
Paneles solares	4	5	2
Iluminación	5	3	2
Aislamiento térmico	5	4	2
Compresor frigorífico	4	5	3
Evaporador	4	3	5
Condensador	5	4	2
Sistema de monitoreo y control	4	5	2
<b>TOTAL PONDERADO</b>	<b>4,65</b>	<b>4,45</b>	<b>2,85</b>

Fuente: Elaboración propia.

Ponderación (escala 1 a 5):

**5:** Excelente desempeño o selección óptima

**4:** Muy buena opción, cumple con los criterios principales de operación

**3:** Aceptable o funcional, pero con limitaciones

**2:** Bajo rendimiento o limitada aplicabilidad

**1:** Inadecuado para la operación industrial

Tabla 36 se observa los resultados mediante una matriz de comparación ponderada, donde la alternativa óptima obtuvo el mayor puntaje (4,65), demostrando ser la opción más equilibrada en términos de desempeño, sostenibilidad y costo-beneficio para la empresa.

**Tabla 37. Balance de Energía – Almacén de Frío con Sistema Solar**

Concepto	Valor	Detalle
Potencia instalada total	127,675 kW	Suma de equipos eléctricos principales
Horas de operación diaria	20 h/día	Producción parcial con mantenimiento
Factor de utilización promedio	60%	No todos los equipos operan al 100% simultáneamente
Consumo energético diario	1532,1 kWh/año	$127,675 \times 0.6 \times 20 \text{ h}$
Consumo energético anual	559 216, 5kWh/año	$1532,1 \times 365$
Energía eléctrica anual (con solar)	166 622,5 kWh/ año	$100 \text{ W} \times 5,5 \text{ kWh/m}^2\text{día} \times 0,83 \times 365 \text{ días}$
Costo eléctrico anual actual	S/ 605 618,00	Según tarifas promedio
Costo unitario de energía	S/ 0,1645/ kWh	Recibo
Sistema solar instalado	182 paneles	Total 5.1 kWp
Área total ocupada por paneles	457 m <sup>2</sup>	Aprox
Producción diaria del sistema solar	456,5 kWh/día	Sistema de 100 kWp
Generación solar anual	166 622,5 kWh/ año	$456,5 \times 365$
Consumo energético Anual	459 630	$1532,1 \times 300 \text{ días}$
% de demanda cubierta por energía solar	36,25%	Aporte solar al total anual
Ahorro económico anual estimado	27,409.40125	$166 622,5 \text{ kWh} \times 0,164$

Fuente: Elaboración propia

El sistema fotovoltaico instalado en Hielo Rosymar S.A.C. está diseñado para cubrir adecuadamente la demanda energética del nuevo almacén de frío, garantizando el funcionamiento continuo de los equipos de refrigeración y el mantenimiento de temperaturas óptimas para la conservación del hielo. El sistema, compuesto por paneles solares con una capacidad instalada de 100 kW, genera anualmente aproximadamente 166 622,5 kWh, lo que permite alimentar los compresores, ventiladores y demás componentes del ciclo de refrigeración sin depender totalmente de la red eléctrica. Esta producción energética asegura una temperatura interna constante entre -20 °C y -30 °C, ideal para la conservación del hielo e condiciones óptimas. Además, el diseño del sistema considera variaciones estacionales de radiación solar y está acompañado por un estudio térmico que valida su capacidad para mantener la eficiencia del proceso de producción. Por tanto, la energía generada por los paneles solares es suficiente no solo para reducir costos eléctricos, sino también para garantizar la estabilidad térmica que requiere el hielo producido.

Así mismo actualmente la transición hacia fuentes de energía más sostenibles, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es un objetivo clave. Entonces a través del reemplazo de la energía convencional por una fuente renovable y limpia, no solo se busca una reducción de costos, si no también disminuir la huella de carbono de la empresa.

Ahora considerando los siguientes datos tenemos:

- Consumo energético anual sin sistema solar: 559 216,5 kWh
- Generación solar anual: 166 622,5 kWh
- Consumo energético anual restante (cubierto por red eléctrica): 459 630 kWh
- Factor de emisión promedio en Perú: 0,00045 t CO<sub>2</sub>/kWh (Fuente: SEIN)

Ahora con los siguientes datos, procedemos a los siguientes cálculos:

- Emisiones antes: 559 216,5 kWh x 0,00045 t CO<sub>2</sub>/kWh = 251, 65 toneladas de CO<sub>2</sub>
- Emisiones después: 459 630 kWh x 0,00045 t CO<sub>2</sub>/kWh = 206, 83 toneladas de CO<sub>2</sub>

Con el resultado, obtenemos la reducción de emisiones:

$$251, 65 \text{ toneladas de CO}_2 - 206, 83 \text{ toneladas de CO}_2 = 44, 82 \text{ toneladas de CO}_2$$

$$\text{Reducción porcentual} = \left( \frac{44,82}{251,65} \right) \times 100 = 17,8\%$$

Implementar el sistema de energía solar permite a Hielo Rosymar S.A.C. evitar la emisión de aproximadamente 44.82 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que representa una reducción del 17.8% respecto al escenario anterior donde toda la energía provenía de la red eléctrica. Por otro lado, se consideraron ciertas capacitaciones para el nuevo almacén.

**Tabla 38. Capacitación para el Nuevo Almacén de Frío**

Área de capacitación	Curso/Programa	Proveedor	Modalidad	Duración	Costo (S/)
Manejo de Paneles Solares	Curso de Paneles Solares Presencial	Electrotec	Presencial	14 horas (2 días)	S/ 400,00
	Curso de Implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicos	Panel Solar Perú	Presencial	6 semanas (sábados)	S/ 600,00
	Curso de Instalaciones Solares Fotovoltaicas	Tecsup	Presencial	28 horas académicas	S/ 780,00
Operación de Cámaras Frigoríficas	Curso de Refrigeración Industrial	Tecsup	Presencial	45 horas académicas	S/ 1 610,00
Inversores	Experto en Inversores Solares	Panel Solar Perú	Presencial	5 días	S/ 1 610,00
Sistema de monitoreo	Energía Renovables y Gestión Energética	Tecsup	Semipresencial	138 horas académicas	S/ 3 004,00
Sistema de refrigeración	Curso de refrigeración	Tecsup	Presencial	135 horas académicas	S/ 4 220,00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 12 214,00</b>

Fuente: Elaboración propia

Se planteó un plan de capacitación para el manejo de paneles solares, operación de cámaras frigoríficas y uso de herramientas de extracción de hielo, con cursos y costos actualizados en Perú. Además, se consideró la compra de equipos esenciales, optimizando así la operación del nuevo almacén de frío y fortaleciendo la eficiencia y competitividad de Hielo Rosymar S.A.C. S/ 12 214,00.

**Tabla 39. Cuadro Comparativo de Beneficios: Reducción de Costos Eléctricos con y sin Almacén de Frío**

Aspecto	Sin Almacén con Paneles Solares	Con Almacén con Paneles Solares
Consumo eléctrico anual	S/ 605 618,00 (año 2024)	Reducción de 36,25%: S/ 386,081.48
Equipos de mayor consumo	Compresores (214 <sup>a</sup> ), ventiladores, agitadores, molinos (50 <sup>a</sup> c/u)	Misma maquinaria, pero optimizada con generación solar
Tarifas eléctricas	Altas, especialmente en horas punta	Reducción de dependencia en horas punta con energía solar
Problemas identificados	- Alto consumo - Falta de control y monitoreo - Sin estrategias de eficiencia	- Incorporación de monitoreo - Energía renovable y estable - Disminución de consumo de red
Ahorro proyectado	-	Hasta 40% en costos eléctricos según eficiencia solar y control energético

Fuente: Elaboración propia

El cuadro comparativo evidencia que la implementación de un almacén de frío con paneles solares en Hielo Rosymar S.A.C permitiría una reducción significativa en los costos eléctricos, estimada en hasta un 40% anual. Actualmente, la empresa presenta un alto consumo energético debido al uso intensivo de equipos de refrigeración sin control eficiente, lo que genera gastos superiores a S/ 600 mil anuales. Con la instalación del sistema solar, se reduce la dependencia de la red eléctrica, especialmente en horas punta, optimizando el uso energético, disminuyendo la huella de carbono y mejorando la sostenibilidad operativa y económica del negocio.

#### **Operatividad de Hielo Rosymar S.A.C. con el nuevo almacén de frío solar**

Con la instalación del nuevo almacén de frío alimentado por energía solar, se proyecta una transformación sustancial en la infraestructura energética de Hielo Rosymar S.A.C. Actualmente, la planta opera con equipos de alto consumo, como dos compresores MYCOM modelo N6MII de 175 HP, doce ventiladores WEG de 2 HP, ocho agitadores WEG de 5 HP, dos picadores de hielo de 40 HP y seis bombas Pedrollo de 2 HP, los cuales funcionan casi de manera continua, especialmente entre diciembre y abril.

Con la incorporación del sistema fotovoltaico, parte de esta demanda será cubierta mediante energía solar, lo que permitirá disminuir el uso prolongado de la red eléctrica convencional, reducir el desgaste de los equipos y mejorar la eficiencia energética general del proceso productivo.

El proceso actual depende de ciclos manuales de supervisión, y muchas veces equipos funcionan incluso en baja demanda. Esto cambiará de la siguiente manera:

**Tabla 40. Proceso Productivo Mejorado**

<b>Fase</b>	<b>Antes del almacén</b>	<b>Después del almacén</b>
Compresión	Compresores activos todo el día	Reducción en horas pico; posible automatización con controladores inteligentes alimentados por energía solar.
Producción de hielo	Continuo, sin optimización energética	Programación para operar más intensamente durante horas de alta radiación solar (10am– 4pm).
Almacenamiento	En pozas refrigeradas conectadas directamente a red	Almacén de frío solar térmico, mantener temperatura sin consumo eléctrico constante.
Supervisión	2 veces por semana, 3–4 horas por día	Monitoreo más constante mediante software de gestión energética conectado al sistema solar.

Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación del nuevo almacén de frío alimentado por energía solar, se espera una redistribución más eficiente de la energía dentro de la planta de Hielo Rosymar S.A.C. Durante las horas del día, el sistema fotovoltaico estará en capacidad de cubrir gran parte del consumo energético de los equipos principales, como motores, bombas y compresores, reduciendo la dependencia directa de la red eléctrica convencional. Por la noche, el almacén de frío mantendrá las condiciones de temperatura necesarias sin que los equipos de alta demanda deban operar a plena capacidad, gracias al aprovechamiento del frío generado previamente. Además, el uso de un sistema de almacenamiento térmico de hielo (ICES) permitirá conservar la energía frigorífica producida durante el día, garantizando una refrigeración continua y estable incluso en ausencia de radiación solar. Esta redistribución energética contribuirá directamente a una operación más eficiente, con menores costos y menor impacto ambiental.

La incorporación del sistema de energía solar en Hielo Rosymar S.A.C. implicará también una reorganización en la estructura y funciones del personal. Será necesario capacitar al equipo técnico en la operación, monitoreo y mantenimiento del sistema fotovoltaico, incluyendo componentes como los paneles solares, inversores y bancos de baterías. Esta formación técnica garantizará el uso eficiente del sistema y la prevención de fallas operativas. Asimismo, la empresa deberá incorporar un especialista en energía solar o contratar servicios externos especializados para asegurar el mantenimiento adecuado de la infraestructura instalada. Por otro lado, el personal de producción deberá ajustar sus turnos y rutinas operativas en función de los picos de generación solar, priorizando las actividades de mayor consumo energético durante las horas de mayor irradiación. Esta reorganización permitirá aprovechar al máximo los recursos renovables disponibles y mejorar la eficiencia global de la operación.

La implementación del almacén de frío alimentado por energía solar en Hielo Rosymar S.A.C. tendrá un impacto económico operativo altamente favorable. Se estima que el ahorro en consumo eléctrico podría oscilar entre un 30 % y un 40 %, lo que representa una reducción significativa sobre los S/ 605,618 anuales actualmente destinados al pago de electricidad. Esta disminución en el gasto operativo permitirá liberar recursos que podrán ser reinvertidos en mejoras tecnológicas, mantenimiento preventivo o incluso expansión comercial. Además, al reducir la exposición a las fluctuaciones de las tarifas eléctricas y a los cargos adicionales del sistema convencional, la empresa fortalecerá su estabilidad financiera.

### **Nuevos indicadores aplicados con mejora**

Considerando que la aplicación de un panel solar disminuye el 40% del consumo de energía necesaria para el requerimiento total se expone en la tabla 41 los nuevos indicadores.

**Tabla 41. Nuevos indicadores**

<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Con la mejora</b>	<b>Porcentaje de mejora</b>
Costos eléctricos	S/ 605 618,00	S/ 386,081.48	36,25%
Capacidad de almacenamiento	31,200 tn	48,232 tn	54,59%
% promedio de demanda no atendida	14%	0%	14%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis se tuvo que los costos eléctricos tuvieron una disminución del 36,25% mientras que la capacidad de almacenamiento tuvo un incremento de 0 (ya que no tenían capacidad) hasta el 22 560 tn por año (debido a la implementación del nuevo almacén).

### **Objetivo 3: Determinar la viabilidad económica, financiera, social y ambiental de la instalación de un almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC.**

#### **Viabilidad Económica**

La Tabla 42 presenta el desglose de los componentes necesarios para la implementación del almacén de frío con energía solar en la planta Hielo Rosymar S.A.C. Se detallan los materiales y equipos involucrados, sus cantidades o áreas requeridas, una breve descripción técnica de cada elemento y su costo estimado.

#### **Costos de implementación**

**Tabla 42. Implementación del Almacén de Frío con Energía Solar**

Material / Componente	Cantidad / Área	Precio de cada material	Descripción técnica	Costo estimado (S/)
<b>Inversores string</b>	2 unidades	10 152,39	2 × 50 kW trifásicos, eficiencia ≥98 %, con MPPT	S/ 20 304,78
<b>Estructura metálica para paneles</b>	457 m <sup>2</sup> (según disposición)	22 875	Aluminio anodizado o acero galvanizado, anclajes químicos al techo de 1000 m <sup>2</sup>	S/ 22 875,00
<b>Cableado DC</b>	Según distribución	Glb	Cable solar 6 mm <sup>2</sup> + conectores MC4, caja combinadora con fusibles.	S/ 1 007,21
<b>Cableado AC + protecciones</b>	Según potencia instalada	Glb	THHN 16–50 mm <sup>2</sup> + breakers 160 A, SPD y seccionadores.	S/ 2 384,04
<b>Sistema de monitoreo</b>	1 unidad	1 045,91	Logger con comunicación RS485/WiFi, compatible con App/web.	S/ 1 045,92
<b>Paneles tipo sándwich</b>	182 unid.	2 692,05	Total: 100,1 kWp. Tipo monocristalino TOPCon o PERC, eficiencia ≥21 %. Área ≈ 457 m <sup>2</sup> .	S/ 489 953,10
<b>Iluminación LED</b>	15 luminarias	14,9	Bajo consumo energético. Ideal para ambientes fríos.	S/ 223,50
<b>Canaletas y cableado</b>	60 m lineales	36,8	Conducción eléctrica para conexiones interiores.	S/ 2 208,00
<b>Piso aislado</b>	60 m <sup>2</sup>	180	Piso térmico industrial, resistente al tráfico y condensación.	S/ 14 400,00
<b>Compresor frigorífico</b>	2 unidad (mínimo)	53 352,00	Mycom HS-N3LII, tornillo, para NH <sub>3</sub> , 5,5 kW frigoríficos. Recomendado: 2 unidades (1 + 1 respaldo).	S/ 106 650,00
<b>Evaporador</b>	1 unidad	5 315,77	Capacidad ≈5,5 kW, compatible con NH <sub>3</sub> , con ventiladores axiales (2 a 3 ventiladores de 0,5 HP).	S/ 5 315,77
<b>Condensador</b>	1 unidad	7 168,45	Tipo casco-tubo o evaporativo, 5–6 kW, según configuración.	S/ 7 168,45
<b>Tubería de refrigeración</b>	Longitud estimada 20–30 m	2 329,75	Tubería de acero A106 o cobre industrial, aislada.	S/ 2 329,75
<b>Aislante térmico (cerramiento)</b>	190 m <sup>2</sup>	105,73	Paneles tipo sándwich con núcleo de PUR 60 mm. Cubren paredes, techo y piso	S/ 20 088,70
<b>Materiales de construcción (Cemento, grava)</b>	190 m <sup>2</sup>	-	107 bolsas de cemento, 16 cubos de hormigón, 3 mil ladrillos, 5 cubos de grava, varillas de ½, 5/8, 3/8, 28 kilos de alambre, etc	S/ 14 080,00
<b>Puerta frigorífica</b>	1 unidad	5 467,47	Puerta abatible 1,2 × 2,1 m, marco térmico + resistencia antihielo.	S/ 5 467,47
<b>Controlador de refrigeración</b>	1 unidad	496,1	Termostato digital o controlador tipo Carel / Eliwell con sondas.	S/ 496,10
<b>Detectores de NH<sub>3</sub> y alarma</b>	1 sistema	7 692,92	Sensor de gas, alarma acústica- visual. Requerido por normativa.	S/ 7 692,92
<b>Tablero de fuerza</b>	1 unidad	11 422,39	Protecciones, breakers, controladores, contactores para motores.	S/ 11 422,39
<b>Sistema de puesta a tierra</b>	1 sistema	223,17	Jabalinas + conductor, resistencia < 5 Ω.	S/ 223,17
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 735 336,27</b>

Fuente: Elaboración propia.

El presupuesto total para la implementación del nuevo almacén de frío con sistema de energía solar en Hielo Rosymar S.A.C. asciende a S/ 311 943,58, e incluye todos los componentes necesarios para garantizar eficiencia energética, aislamiento térmico y funcionalidad operativa.

### Costos de materiales y equipos

Se considerarán aquellas herramientas y materiales que son indispensables para la implementación y equipamiento del almacén.

**Tabla 43. Costo de herramientas y equipos**

Herramientas y equipos	Costo/unidad (S/.)	Cantidad requerida	Subtotal
Pato de carga	S/ 1 399,00	2	S/ 2 798,00
Pallets	S/ 47,00	36	S/ 1 692,00
Rollos	S/ 230,00	20	S/ 4 600,00
Uniformes térmicos	S/ 1 321,35	3	S/ 3 946,00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 13 036,00</b>

Fuente: Elaboración propia

### Costos de capacitación

Para la implementación y seguimiento del nuevo proceso del almacén, es necesario que los trabajadores sean capacitados para su correcto funcionamiento, el mismo que tendrá un costo de S/. 12 214,00 (ver tabla 38). Así mismo se tomarán cursos específicos de manejo de paneles y cámaras frigoríficas.

### Costos de mano de obra para el personal de mantenimiento

Para la propuesta se contratará a un encargado del almacén, el mismo que será capacitado por cualquier problema que se presente y para el apoyo de estiba.

Por ello, el costo total de mano de obra de mantenimiento durante los 12 meses que dura la temporada es de S/.47 712

**Tabla 44. Costo de mano de obra del personal de mantenimiento**

Puesto	Cantidad	Sueldo mensual	Asignación familia	Gratificación	CTS	Costo anual
Técnico						
Mecánico	2	S/ 18 000,00	S/ 1 356,00	S/ 3 000,00	S/ 1 500,00	S/ 47 712,00
<b>TOTAL</b>						<b>S/ 47 712,00</b>

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 44 resume los principales costos operativos asociados al proyecto de implementación del almacén de frío con energía solar, así como los ahorros generados por la reducción en el consumo eléctrico.

Tabla 45. Estado de resultados

Año/mes	0	1	2	3	4	5
<b>Ingresos</b>		S/ 726,720.00	S/ 1,226,400.00	S/ 1,725,920.00	S/ 2,225,600.00	S/ 2,725,120.00
<b>Ahorro de energía eléctrica</b>		S/ 219,536.53	S/ 226,122.62	S/ 232,906.30	S/ 239,893.49	S/ 247,090.29
<b>costos de inversión</b>		S/ 471,974.30	S/ 486,133.53	S/ 500,717.53	S/ 515,739.06	S/ 531,211.23
<b>depreciación</b>		<b>S/ 56,928.00</b>	<b>S/ 56,928.00</b>	<b>S/ 56,928.00</b>	<b>S/ 56,928.00</b>	<b>S/ 56,928.00</b>
<b>GAV</b>		S/ 100,000.00	S/ 103,000.00	S/ 106,090.00	<b>S/ 109,272.70</b>	<b>S/ 112,550.88</b>
<b>interés</b>		S/ 317,354.23	S/ 806,461.09	S/ 1,295,090.77	S/ 1,783,553.73	S/ 2,271,520.18
<b>utilidad antes de impuestos</b>		S/ 93,619.50	S/ 237,906.02	S/ 382,051.78	S/ 526,148.35	S/ 670,098.45
<b>Utilidad después de impuestos</b>		S/ 223,734.73	S/ 568,555.07	S/ 913,038.99	S/ 1,257,405.38	S/ 1,601,421.73

La depreciación anual se calcula por el método de línea recta considerando: paneles solares (20 años), equipos de refrigeración (10 años), construcción civil (20 años) y herramientas menores (5 años). La fila de interés no aplica dado que la inversión se financia con capital propio de la empresa.

Tabla 46. Flujo de Caja

<b>Año/mes</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>utilidad después de impuestos</b>	—	S/ 223,734.73	S/ 568,555.07	S/ 913,038.99	S/ 1,257,405.38	S/ 1,601,421.73
<b>depreciación</b>	—	S/ 56,928.00	S/ 56,928.00	S/ 56,928.00	S/ 56,928.00	S/ 56,928.00
<b>amortización</b>	S/ 748,390.32	—	—	—	—	—
<b>Inversión</b>	—	S/ 223,734.73	S/ 568,555.07	S/ 913,038.99	S/ 1,257,405.38	S/ 1,601,421.73
<b>Año/mes</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>FNE</b>	<b>-S/ 748,390.32</b>	<b>S/ 280,662.73</b>	<b>S/ 625,483.07</b>	<b>S/ 969,966.99</b>	<b>S/ 1,314,333.38</b>	<b>S/ 1,658,349.73</b>
<b>VAN</b>	<b>S/2,108,953.72</b>					
<b>TIR</b>	<b>78.2%</b>		<b>TMAR</b>	<b>15.84%</b>		
				Inflación (f) 0.73%		
				Riesgo (r) <b>15%(medio)</b>		
<b>Año/mes</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ingresos</b>		S/ 946,256.53	S/ 1,452,522.62	S/ 1,958,826.30	S/ 2,465,493.49	S/ 2,972,210.29
<b>Egresos</b>	S/ 748,390.32	S/ 722,521.80	S/ 883,967.55	S/ 1,045,787.31	S/ 1,208,088.11	S/ 1,370,788.56
<b>VAN Ingresos</b>	<b>S/5,953,654.53</b>					
<b>VAN Egresos</b>	<b>S/4,022,985.62</b>					
<b>B/C</b>	<b>1.48</b>					
<b>PAYBACK</b>	<b>1.75</b>	años/meses				

Fuente: Elaboración propia

- Según el análisis mostrado en la Tabla 46, el Valor Actual Neto de la inversión es de S/ 2,108,953.72; al ser positivo, la inversión es aprobada. La Tasa Interna de Retorno es de 78.2%, demostrando que al ser superior a la TMAR (15.84%), el proyecto es económicamente viable.
- El análisis costo-beneficio muestra un índice B/C de 1.48, lo que indica que por cada sol invertido se obtiene un retorno de S/ 0.48 adicionales.
- La Tasa Mínima Aceptable de Retorno es de 15.84%, calculada como  $TMAR = f + r + f \times r$ , donde  $f = 0.73\%$  (inflación) y  $r = 15\%$  (riesgo medio, considerando que el proyecto involucra tecnología solar con variabilidad estacional y un mercado de hielo estable). El período de recuperación de la inversión (Payback) es de 1.75 años.

**Viabilidad Social contexto**

La presente matriz IPERC permite identificar y evaluar los riesgos asociados a las actividades operativas en la planta Hielo Rosymar S.A.C., antes y después de la implementación del almacén de frío con energía solar.

MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PERLIGROS, EVALUACION DE RIESGOS Y DETERMINACION DE CONTROLES			
ELABORADO POR		APROBADO POR	
DAYANA AGUIRRE NEIRA			
PRACTICANTE		SUPERVISOR	
6/05/2025		6/05/2025	
			SIG-R-074 Versión: 001 —06/05/2025

PROYECTO / LOCACIÓN	CONSTRUCCIÓN E IMPLMENTACIÓN DE ALMACÉN
---------------------	---

DIRECCIÓN
-----------

PROBABILIDAD					SEVERIDAD	
INDICE	Personas expuestas (A)	Procedimientos Existentes (B)	Capacitación	Exposición al Riesgo (D)	INDICE	CONSECUENCIA
1-BAJO	De 1 a 3	Existen son satisfactorios y suficientes.	Personal entrenado. Conoce el peligro y lo previene.	Esporádicamente	1	Ligeramente dañino
2 MEDIO	De 4 a 12	Existen parcialmente y no son satisfactorios o suficientes.	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero no toma acciones de control.	Eventualmente	2	Dañino
3 ALTO	Más de 12	No existen	Personal no entrenado, no conoce el peligro, no toma acciones de control.	Permanente	3	Extremadamente dañino

Evaluación del Riesgo P x S	APELLIDOS Y NOMBRES DE PARTICIPANTES	CARGO	FIRMA
.1-4 Trivial (TR)			
.1-5 Aceptable (AC)			
.9-16 Moderado (MO)			
.17-24 Importante (IM)			
.25-36 No aceptable			

*Se considera Riesgo Significativo con puntaje*

ACTIVIDAD	TAREA	RUTINARIO (R) NO RUTINARIO (NR) EMERGENCIA (E)	PROPIO (P) TERCERO (T)	PUESTOS DE: FEMENINO (F) MASCULINO (M)	TIPO DE PELIGRO	PELIGRO	RIESGO	LESIÓN POSIBLE O DETERIORO DE LA SALUD	EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO					INDICE DE	PXS	NIVEL DEL RIESGO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL PROPUESTAS (JERARQUÍA)			EVALUACIÓN DE NIVEL DE RIESGO CON CONTROLES PROPUESTOS INDICES DE PROBABILIDAD	INDICE DE	PXS	NIVEL DEL RIESGO	RIESGO		
									INDICES DE PROBABILIDAD									FUENTE	MEDIO	RECEPTOR							
									(A) PERSONAS	(B) PROCEDIMIENTOS	(C) CAPACITACIÓN	(D) EXPOSICIÓN AL	(A+B+C+D)					ELIMINACIÓN	SUSTITUCIÓN	CONTROLES INGENIERÍA						CONTROL ADMINISTRATIVO	EPPS
SUPERVISIÓN DE ALMACÉN	VERIFICACIÓN DE TRABAJOS OPERATIVOS	R	P	M	BIOLÓGICO	Exposición a virus	Contagio del virus	Contrer la enfermedad viral	2	2	2	2	8	3	24	IM	SI	.- Aislar a la persona infectada. .- Evitar tocarse el rostro sin previa desinfección de manos. .-Lavado y desinfección frecuente de manos y perfiles. .- Uso de emperatura respiratoria	1	1	1	1	4	3	12	MO	NO
		PSICOSOCIAL	Hostigamiento	Agresión	Ansiedad, Nerviosismo, Fatiga, Irritabilidad, Estrés	2	2	2	1	7	1	7	AC	NO	.-Protocolo de hostigamiento sexual	2	1		1	1	5	1	5	AC	NO		

PREPARACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	COORDINACIÓN DIARIA DE TRABAJOS	R	P	RUPERSOR DE OPERARIOS	M	BIOLÓGICO	Exposición a virus	Contagio del virus	Conter la enfermedad viral	2	2	2	2	8	3	24	IM	SI				-Aislar a la persona infectada. -Evitar tocarse el rostro sin previa desinfección de manos. -Lavado y desinfección frecuente de manos superficies,	Uso de emperatua en un respiratorio	1	1	1	1	4	3	12	MO	NO				
						PSICOSOCIAL	Contenido de la tarea	Comportamientos inseguros por auto presión o presión directa	Ansiedad, Nerviosism o, Fatiga, Irritabilidad, Estrés, Burnout, Mobbing, síndromes somatomorf os, desarrollo de psicopatías	2	2	2	1	7	1	7	AC	NO								.Pausas activas -Charlas de 05 minutos - Comunica ción asertiva entre compañeros		2	1	2	1	6	1	6	AC	NO
ALMACENAMIENTO DE HIELO	EXTRACCIÓN DE HIELO	R	P	OPERARIOS	M	PSICOSOCIAL	Contenido de la tarea	Comportamientos inseguros por auto presión o presión directa	Ansiedad, Nerviosism o, Fatiga, Irritabilidad, Estrés, Burnout, Mobbing, síndromes somatomorf os, desarrollo de psicopatías	2	2	2	2	8	1	8	AC	NO				.Pausas activas -Charlas de 05 minutos - Comunica ción asertiva entre compañeros		2	2	2	2	8	1	8	AC	NO				
						MECÁNIC OS	Manipulaciónde Herramientas manuales	Golpes/ Contacto con objetos punzocortantes	Traumatismo, contusiones, cortes, muerte	2	1	1	2	6	2	12	MO	NO								.-El personal deberá ser capacitado y experimentado		2	1	1	1	5	2	10	MO	NO
						MECÁNIC OS	Materiales a bajas temperaturas	Exposición a temperaturas extremas	Quemaduras	2	1	1	2	6	3	18	IM	SI								Pausas activas.	.-Uso de traje especial. .-Uso de epp's.	2	1	1	1	5	3	15	MO	SI
						ERGONÓMIC OS	Posturas inadecuadas	Sobre esfuerzos durantela labor	Alteraciones Músculo, alteraciones articulares, desarrollo de artrosis, alteraciones de los elemento para articulares	1	2	2	3	8	1	8	AC	NO								Manual de posturas adecuadas para trabajos repetitivos		1	2	2	2	7	1	7	AC	NO
						LOCATIVO	Piso Resbaladizo, Irregular, Obstáculos en el piso	Caída al mismo nivel	Excoriaciones, Abrasiones (Lesiones Superficial), Fracturas y Contusiones	1	2	2	2	7	1	7	AC	NO								Transitar solopor zonas autorizada s y seguras		1	2	2	2	7	1	7	AC	NO
ALMACENAMIENTO DE HIELO	MOVILACIÓN DE HIELO	NR	P	OPERARIOS	M	ERGONÓMIC OS	Levantamiento manual de carga	Sobre esfuerzos durante la labor	Alteraciones Músculo, alteraciones articulares, desarrollo de artrosis, alteraciones de los elemento para articulares	1	2	2	1	6	1	6	AC	NO				. Capacitación en ergonomía. - Realizar pausas activas cada 2 horas		1	1	1	1	4	1	4	TR	NO				
						MECÁNIC OS	Materiales a bajas temperaturas	Exposición a temperaturas extremas	Quemaduras	2	1	1	2	6	3	18	IM	SI								Pausas activas.	.-Uso de traje especial. .-Uso de epp's.	2	1	1	1	5	3	15	MO	SI

ORDEN Y LIMPIEZA	PROGRAMACIÓN DE DE TEMPERATURA	NR	P	OPERARIOS	M	MECÁNICOS	Materiales a bajas temperaturas	Exposición a temperaturas extremas	Quemaduras	2	1	1	2	6	3	18	IM	SI				Pausas activas.	-.Uso de traje especial. -.Uso de epp's.	2	1	1	1	5	3	15	MO	SI
	RETIRO DE DESECHOS, MATERIALES Y EQUIPAMIENTO	R	P	PREVENIONISTA, RESIDENTE, OPERARIOS Y OPERADORES	M	LOCATIVO	Piso Resbaladizo, Irregular, Obstáculos en el piso	Caída al mismo nivel	Excoriacion es, Abrasion es (Lesiones Superficial), Fracturas y Contusiones	2	2	2	3	9	1	9	MO	NO			P	Transitar solo por zonas autorizada s y seguras		1	2	1	3	7	1	7	AC	NO
							ERGONÓMICOS	Levantamiento manual de carga	Sobre esfuerzos durantela labor	Alteraciones Músculo, alteraciones articulares, desarrollo de artrosis, alteraciones de los elemento para articulares	2	2	2	3	9	1	9	MO	NO				.Capacitaci ónen ergonomía - Realizar pausas activas cada 2 horas		1	1	1	3	6	1	6	AC

Figura 19. Distribución Matriz iperc del proceso de almacén

Fuente: Elaboración propia

A partir de la comparación entre ambas matrices IPERC, se evidencia que antes de la implementación del sistema con energía solar, Hielo Rosymar S.A.C enfrentaba riesgos críticos relacionados con el alto consumo eléctrico, fallas por mantenimiento deficiente y falta de capacitación técnica. Estos factores fueron identificados en la tesis como causas de los elevados costos operativos (Capítulo de Resultados y Diagrama de Ishikawa). Tras la implementación del nuevo sistema de almacén con energía solar, el riesgo disminuye significativamente gracias a medidas como el uso de software de monitoreo, mantenimiento preventivo estructurado y capacitación especializada al personal

**Viabilidad Ambiental contexto**

Asimismo, para un mejor análisis de los impactos ambientales causados durante la implementación del almacén, se elaboró una matriz de Leopold con la finalidad de evaluar cuantitativamente el impacto ambiental que genera la construcción del nuevo almacén, para ello se evaluaron los medios físicos, biológicos y socioeconómicos con respecto a la remoción de tierra, construcción e implementación del almacén.

A continuación, se presenta la matriz de Leopold, la cual indica el impacto generado por la implementación de pozas de almacenamiento.

SISTEMA / SUBSISTEMA / COMPONENTE / FACTOR AMBIENTAL				IMPACTOS ACTUALES										TOTAL							
				A1 Preparación del terreno		A2 Construcción civil		A3 Instalación sist. refrigeración NH <sub>3</sub>		A4 Instalación paneles solares (182 ud.)		A5 Conexión eléctrica e instrumentación		A6 Pruebas y puesta en marcha		A7 Operación y funcionamiento continuo		TOTAL ARITMÉTICO	TOTAL PONDERADO	TOTAL POR SUBSISTEMA	
Medio Físico	Físico	Aire	Calidad del aire (polvo, emisiones, olores)	-5		-4		-3		-2		-1		-4	6			-13	-68		
			Ruido		7		6		7		4		2		8		9		-19	-96	
			Vibración	-4		-4		-3		-2		-1		-3		-2			-17	-93	
		Suelo	Erosión y compactación	-3		-3		-4						-4		-3			-11	-83	
			Contaminación por residuos de obra		5		5		6					6		5			-14	-70	
		Agua	Alteración de drenajes/ recurso hídrico	-6		-5													-14	-70	
		Clima	Reflexión lumínica / microclima (albedo)		6		5		4				-2		-3				-6	-36	
Medio Biológico	Ecosistema	Flora	Crecimiento de especies						-4									-6	-32		
			Fauna	Migraciones de especies / avifauna	-4		-2												-9	-43	
				Hábitat	Paisaje / ecosistema inmediato		6		4											-7	-39
Medio Socioeconómico	Socio económico	Social	Empleo temporal y permanente	-3		-2		-3										25	120		
			Afectación de la población		5		4												-19	-112	
			Alteraciones visuales / paisaje			-2		-1		-4										-10	-50
		Humano	Salud y seguridad ocupacional		6		5													-32	-255
			Economía local / ahorro energético	-4		-4		-6		-3		-4		-6		-5				22	130
			Residuos eléctricos y electrónicos																		-10
<b>PROMEDIOS ARITMÉTICOS</b>				<b>-39</b>	<b>-31</b>	<b>-21</b>	<b>-14</b>	<b>-6</b>	<b>-20</b>	<b>-9</b>	<b>-140</b>	<b>-842</b>	<b>-842</b>								

**Figura 20. Matriz de Leopold de la construcción, implementación y funcionamiento del almacén con paneles solares**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Leyenda de la matriz Leopold

ESCALA DE MAGNITUD		+	-
PUNTUAL	1 a 2		
PARCIAL	3 a 4		
INTERMEDIA	5 a 6		
EXTENSA	7 a 8		
TOTAL	9 a 10		

ESCALA DE IMPORTANCIA		+	-
MUY BAJA	1 a 2		
BAJA	3 a 4		
MODERADA	5 a 6		
ALTA	7 a 8		
MUY ALTA	9 a 10		

Actividad	Aspecto	Impacto
Preparación del terreno y remoción de tierra	Levantamiento de polvo y partículas	Afectación a las vías respiratorias de trabajadores y vecinos
–Preparación del terreno y remoción de tierra	Remoción de cobertura vegetal	Pérdida de flora y alteración del hábitat inmediato
Construcción civil del almacén (60 m <sup>2</sup> )	Emisión de ruido y vibración por maquinaria	Perturbación a trabajadores, vecinos y fauna local
Construcción civil del almacén (60 m <sup>2</sup> )	Generación de residuos sólidos de construcción	Contaminación del suelo y alteración visual del entorno
Instalación del sistema de refrigeración con NH <sub>3</sub>	Manejo de refrigerante amoníaco (R717)	Riesgo de fuga tóxica con afectación a la salud ocupacional y población vecina
Instalación de paneles solares (182 unidades, 457 m <sup>2</sup> )	Reflexión lumínica sobre superficie de vidrio	Alteración del microclima local y molestia visual a vecinos y avifauna
Conexión eléctrica e instrumentación	Generación de residuos eléctricos y electrónicos	Contaminación potencial por componentes electrónicos al fin de vida útil
Pruebas y puesta en marcha	Emisión de gases y ruido durante arranque del sistema	Afectación temporal a la calidad del aire y bienestar de trabajadores
Operación y funcionamiento continuo	Uso de energía solar fotovoltaica en lugar de red convencional	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> y mejora de la calidad del aire
Operación y funcionamiento continuo	Generación de empleo técnico especializado	Mejora de la economía local y bienestar de la población
Operación y funcionamiento continuo	Ruido y vibración de compresores en operación continua	Afectación moderada al entorno inmediato de la planta

Las actividades del proyecto generan impactos positivos significativos en los aspectos socioeconómicos, especialmente en infraestructura, salud ocupacional y economía local. No se identifican impactos sobre el suelo, flora ni fauna, lo que indica una intervención ambientalmente amigable. El aire presenta mejoras ligeras gracias al uso de energía solar, y el paisaje se ve moderadamente alterado por la instalación de paneles solares, aunque sin comprometer su valor estético de forma grave.

La matriz de Leopold del almacén con paneles solares muestra un total ponderado de -842 puntos. Los impactos negativos más relevantes se concentran en la preparación del terreno y la construcción civil, mientras que durante la operación continua se identifican impactos positivos en calidad del aire y economía local, gracias al uso de energía solar fotovoltaica. La evaluación confirma que el proyecto genera beneficios socioeconómicos significativos sin impactos –negativos considerables, validando su sostenibilidad ambiental.

## Discusiones

En el caso de Hielo Rosymar SAC, el consumo de energía eléctrica está directamente relacionado con el uso de los compresores en el ciclo de refrigeración. Actualmente, la planta consume una cantidad significativa de energía eléctrica, lo que genera altos costos operativos. Según los antecedentes de Rami [18]., un sistema fotovoltaico de 15,3 m<sup>2</sup> con una capacidad de 1,8 kW permitió reducir el consumo eléctrico de un sistema de refrigeración en un mercado tradicional. Este sistema alcanzó un costo nivelado de refrigeración de 0,1 se obtuvo un VAN de S/. 2,108,996.62 y un índice 31 \$/kWh y un período de recuperación de 1.75 años. En comparación, Hielo Rosymar SAC consume aproximadamente 100 kWh al día debido al uso de compresores convencionales. Si se integrara un sistema fotovoltaico similar al de Rami, la planta podría reducir su consumo eléctrico en un 36,25%. Esto podría suponer una reducción de entre 36 kWh diarios, con un ahorro diario de 4,5 a 6 \$ (a una tarifa de 0,15 \$/kWh). Este ahorro contribuiría significativamente a reducir los costos operativos de la planta.

En Hielo Rosymar SAC, los costos asociados al consumo de energía son una parte fundamental de los gastos operativos. Actualmente, la planta paga aproximadamente 1,5 \$ por cada tonelada de hielo producida, lo que representa un costo mensual significativo, especialmente si se tiene en cuenta el alto consumo de energía de los compresores. En el caso de Zhao [19], se observó que un sistema fotovoltaico con almacenamiento de hielo podría generar una producción diaria de 26 kg de hielo por cada kilovatio de capacidad del panel solar. Si aplicamos este rendimiento a Hielo Rosymar SAC, que produce 104 toneladas de hielo al día (aproximadamente 3.333 kg/día), y suponemos que se podría generar 26 kg de hielo por kW de capacidad solar, se requerirían aproximadamente 128 kW de paneles solares para cubrir completamente la producción de hielo sin necesidad de recurrir a la red eléctrica. Esto podría reducir significativamente los costos de electricidad, ya que los sistemas solares pueden generar electricidad a un costo mucho más bajo, estimado en 0,131 \$/kWh como en el estudio de Rami [18].

Comparando con Zhao [19], que estudió un almacén refrigerado fotovoltaico, su sistema logró mantener una temperatura interna de 3-4 °C durante un ciclo de refrigeración con fluctuaciones solares. Esto demuestra una alta estabilidad operativa incluso bajo condiciones variables de suministro energético. En contraste, la planta de Hielo Rosymar S.A.C. presenta mayores dificultades en la gestión energética, ya que depende completamente del suministro

eléctrico convencional y carece de un sistema de respaldo térmico. Aunque se han implementado mejoras en la eficiencia de compresión, el sistema aún presenta variaciones térmicas de hasta  $\pm 3$  °C durante picos de demanda o cortes breves de energía, la estabilidad del sistema sigue siendo inferior a la de sistemas fotovoltaicos más optimizados, como el de Zhao. En el contexto del sistema de refrigeración en Hielo Rosymar SAC, la instalación de un almacén de frío alimentado por energía solar representa una alternativa técnica viable para reducir los costos eléctricos. Comparando con los antecedentes de investigación, como los estudios de Okwach, B. [22] y Shawky I. [23]., la viabilidad técnica de un sistema solar fotovoltaico es clara. Okwach demuestra que un sistema de refrigeración fotovoltaico en zonas remotas puede ser implementado con una capacidad fotovoltaica proporcionalmente adecuada (1,5 kW para dos sistemas de refrigeración) y un periodo de recuperación de aproximadamente 2,2 años. Este enfoque es transferible al caso de Hielo Rosymar S.A.C., dado que el clima soleado de Chiclayo favorece una alta radiación solar anual (promedio de 5,5 kWh/m<sup>2</sup>/día), lo cual permitiría cubrir la demanda energética del sistema de compresión estimada en 1450,4 kWh/día, mediante una instalación fotovoltaica bien dimensionada.

En el caso de Hielo Rosymar SAC, la demanda diaria de hielo y refrigeración es similar, con un requerimiento aproximado de 1.500 kg de hielo al día. Si bien Zhao [19] reportó una producción de 26 kg de hielo como medio de almacenamiento térmico por kW de capacidad solar instalada, su sistema opera a 3-4 °C para conservación de alimentos, mientras que el almacén propuesto para Hielo Rosymar S.A.C. debe mantener temperaturas de -20 °C a -30 °C. El diferencial térmico con el ambiente exterior en Chiclayo ( $\approx 25$  °C) alcanza los 50 °C, frente a los 21 °C del sistema de Zhao, lo que implica una carga térmica por transmisión proporcionalmente mayor. Por este motivo, no resulta válida una extrapolación directa del ratio Kg/kW entre ambos sistemas, aunque sí resulta aplicable su hallazgo respecto a la estabilidad operativa del almacén fotovoltaico bajo fluctuaciones solares.

En contraste, Setiawan et al. [XX] evaluaron un sistema fotovoltaico on-grid de 100 kWp para un almacén frigorífico pesquero de 200 toneladas operando a -20 °C en Indonesia, con una irradiación solar de 5,08 kWh/m<sup>2</sup> — condiciones comparables a las de Chiclayo (5,5 kWh/m<sup>2</sup>/día). El consumo energético diario del almacén fue de 926,54 kWh, con una potencia total instalada de 60 kW, valores coherentes con los 1 532 kWh/días estimados para el almacén de Hielo Rosymar S.A.C. dado su mayor carga térmica. Setiawan et al. reportaron un LCOE de entre 0,019 y 0,079 USD/kWh para el sistema PV on-grid, demostrando que la

integración fotovoltaica en almacenes de congelación industrial es técnica y económicamente viable. El presente proyecto, al cubrir el 36,25 % de la demanda energética total con una capacidad de 100 kWp, se ubica dentro del rango de dimensionamiento validado por dicho estudio. A diferencia de la instalación tradicional de refrigeración, que consume alta energía de la red, un sistema solar reduciría este consumo entre 36,25%, como lo indicaron varios estudios previos, incluyendo el de Barragán y Llanes [16], que reportaron una reducción del 20% en costos operativos de almacenes con tecnologías fotovoltaicas.

Además, el estudio de Barrón [17] mostró que la optimización de los sistemas de refrigeración alimentados por energía solar en la industria pesquera permitió una disminución de 25% en el consumo energético. Para Hielo Rosymar SAC, se proyecta que la inversión en energía solar podría lograr resultados similares, con una reducción estimada en el consumo de energía de hasta 36,25%, si se implementa un sistema fotovoltaico con almacenamiento de hielo. En términos económicos, esto representaría un ahorro sustancial en el pago de electricidad, lo que aumentaría la rentabilidad de la planta y favorecería su viabilidad a largo plazo, especialmente en un contexto de altos costos energéticos.

En su investigación Okwach, B. [22] cuyo objetivo fue diseñar un sistema de almacenamiento frigorífico de pescado alimentado con energía solar fotovoltaica en las playas de Sena y Mrongo, los resultados indicaron que en la playa de Mrongo se necesitaron dos sistemas de refrigeración de 1 kW, alimentados por 1,5 kW de energía solar fotovoltaica, con un Periodo de Recuperación Simple (PRS) de 2,2 años y un Valor Actual Neto (VAN) de USD 6.787,10, mientras que en la presente investigación se obtuvo un VAN de S/ 2,108,996.62 y un índice beneficio/costo (B/C) de 1.48, lo que refleja una mayor escala de inversión y rentabilidad respecto al estudio de Okwach, cuyo sistema era de menor envergadura (1.5 kW vs 100 kWp).

## **Conclusiones**

La instalación de un almacén de hielo es económicamente viable pues permitirá cumplir con el 100% de la demanda en los próximos años además de reducir hasta en 36,25% los costos de energía eléctrica, así como la reducción de impacto ambiental por trabajar con energía renovable.

En 2024, Hielo Rosymar SAC registró un costo anual de energía de S/ 605 618,00 superando ligeramente los S/ 592 636,54 de 2023, con un incremento de S/ 12 981,46, es

decir, el 2.19%. El análisis del consumo eléctrico reveló causas como el elevado número de pedidos no atendidos (S/ 1 155 360), sobre exigencia de almacén (S/. 16 000), componentes de baja calidad (S/ 14 888), falta de capacitación y supervisión efectiva (S/ 6 450) y cargo por reposición (S/ 132,84). Así mismo se determinó que la empresa presenta 14% de demanda no atendida por la falta de capacidad de almacenamiento de la planta.

Tras evaluar la viabilidad técnica y tecnológica de la instalación de un almacén de frío con la instalación de 182 paneles solares, se determinó que se puede reducir el costo de energía eléctrica hasta en un 36,25%, lo que se traduce a una disminución de S/219 536,53 en consumo de energía eléctrica. Con la propuesta implantada del nuevo almacén de 60 m<sup>2</sup> se podrá cumplir con el 100% de la demanda hasta en los próximos 5 años.

El análisis de los flujos de ingresos y egresos proyectados confirma la viabilidad económica del proyecto del almacén de frío con energía solar. El VAN de los ingresos alcanza los S/5,953,654.53; mientras que el VAN de los egresos es de S/ 4,031,756.91 resultando en un beneficio neto positivo. El índice beneficio/costo (B/C) calculado es de 1.48, lo cual indica que por cada sol invertido se genera un retorno de S/0.48, ratificando que el proyecto es rentable. El período de recuperación es de 1.69 años. Así mismo la evaluación de impacto ambiental demostró que el proyecto de almacén de frío con paneles solares presenta un total ponderado de -842 puntos, lo que indica un impacto ambiental global moderado y manejable. Los impactos negativos más significativos se concentran en las etapas de preparación del terreno (-247) y construcción civil (-174), asociados principalmente a generación de polvo, ruido, vibración y alteración del suelo. Sin embargo, durante la etapa de operación y funcionamiento continuo, se identifican impactos positivos relevantes en la calidad del aire (+54) y en la economía local/ahorro energético (+63), derivados del uso de energía solar fotovoltaica en reemplazo de la red eléctrica convencional.

### **Recomendaciones**

Se recomienda que futuras investigaciones realicen estudios de tiempos en cada una de las etapas del proceso productivo de hielo, con el fin de identificar oportunidades de mejora mediante el uso de metodologías como lean manufacturing u otras herramientas de optimización operativa.

Se sugiere investigar la viabilidad técnica y económica de incorporar nuevos equipos industriales que aceleren las etapas críticas del proceso, especialmente aquellas asociadas a

cuellos de botella, con énfasis en su impacto en la eficiencia energética.

Se recomienda profundizar en el análisis de tecnologías de inteligencia artificial aplicadas a sistemas de almacenamiento de frío y producción de hielo, considerando su uso en monitoreo predictivo, mantenimiento automatizado y control inteligente de la demanda energética.

Se sugiere desarrollar estudios comparativos entre diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos y configuraciones de almacenamiento térmico, con el objetivo de identificar alternativas más eficientes y adaptables al contexto productivo de la industria del hielo.

Se recomienda realizar investigaciones que integren análisis de ciclo de vida (ACV) y evaluación del impacto ambiental de proyectos similares, con el propósito de fortalecer la toma de decisiones sostenibles en el diseño e implementación de sistemas energéticos alternativos.

**Tabla 48. Descripción de actividades a realizar**

Objetivo	Evaluar la viabilidad técnica y tecnológica de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC.					
Alcance	Determinar las necesidades específicas de refrigeración de Hielo Rosymar SAC y evaluar el potencial de energía solar en la ubicación del almacén.					
Beneficios	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de Costos Energéticos</li> <li>2. Independencia Energética</li> <li>3. Mejora en la Eficiencia Operativa</li> <li>4. Aumento de la Competitividad</li> <li>5. Innovación y Modernización</li> <li>6. Mejora en la Planificación Financiera</li> </ol>					
N°	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cómo?
<b>1. Calcular los requerimientos del diseño</b>	¿Qué?: Determinar las necesidades específicas de refrigeración y almacenamiento de hielo.	¿Quién?: Tesista	¿Cuándo?: 1 y 2 semana	¿Dónde?: En las instalaciones de Hielo Rosymar SAC y en el sitio de implementación.	¿Por qué?: Para asegurar que el sistema cumpla con las expectativas de capacidad y eficiencia.	¿Cómo?: A través de análisis de datos históricos de producción y consumo.
<b>2. Cálculo de las cargas térmicas</b>	¿Qué?: Determinar la cantidad de energía necesaria para mantener la temperatura deseada.	¿Quién?: Tesista	¿Cuándo?: 3 y 4 semana	¿Dónde?: En el sitio del almacén y con datos de condiciones climáticas locales.	¿Por qué?: Para garantizar que el sistema de refrigeración funcione de manera eficiente.	¿Cómo?: Aplicando fórmulas de cálculo de carga térmica y considerando factores como la temperatura exterior, el volumen de aire y la cantidad de productos almacenados.

<b>3. Selección del refrigerante</b>	<b>¿Qué?:</b> Elegir el refrigerante más adecuado para el sistema.	<b>¿Quién?:</b> Tesista	<b>¿Cuándo?:</b> 5 y 6 semana	<b>¿Dónde?:</b> En la oficina de diseño y con consulta a proveedores.	<b>¿Por qué?:</b> Para optimizar la eficiencia del sistema y cumplir con normativas ambientales.	<b>¿Cómo?:</b> Evaluando diferentes opciones de refrigerantes en función de su rendimiento, costo y impacto ambiental.
<b>4. Dimensionamiento de las cámaras de refrigeración</b>	<b>¿Qué?:</b> Definir el tamaño y la capacidad de las cámaras de refrigeración.	<b>¿Quién?:</b> Tesista.	<b>¿Cuándo?:</b> 7 y 8 semana	<b>¿Dónde?:</b> En el lugar donde se construirá el almacén.	<b>¿Por qué?:</b> Para maximizar la eficiencia del espacio y asegurar un almacenamiento adecuado.	<b>¿Cómo?:</b> Utilizando cálculos basados en los requerimientos previos.
<b>5. Ciclo termodinámico de refrigeración</b>	<b>¿Qué?:</b> Analizar el ciclo termodinámico que utilizará el sistema de refrigeración.	<b>¿Quién?:</b> Tesista.	<b>¿Cuándo?:</b> 9 y 10 semana	<b>¿Dónde?:</b> En la oficina de diseño.	<b>¿Por qué?:</b> Para entender cómo funcionará el sistema y optimizar su rendimiento.	<b>¿Cómo?:</b> Mediante simulaciones y análisis de ciclos termodinámicos.
<b>6. Selección de equipo</b>	<b>¿Qué?:</b> Elegir los equipos necesarios para el sistema de refrigeración y la instalación solar.	<b>¿Quién?:</b> Tesista	<b>¿Cuándo?:</b> 11 y 12 semana	<b>¿Dónde?:</b> En la oficina de diseño y en reuniones con proveedores.	<b>¿Por qué?:</b> Para asegurar que se utilicen equipos de calidad que cumplan con los requisitos técnicos.	<b>¿Cómo?:</b> Investigando y comparando diferentes opciones de equipos disponibles en el mercado.

## Matriz de Consistencia

**Tabla 49. Matriz de Consistencia**

---

**Título:** Prefactibilidad de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC

**Problema:** ¿Cuál será la prefactibilidad de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC

**Objetivo General:** Determinar la prefactibilidad de la instalación de un almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC para reducir los costos eléctricos.

**OE1:** Determinar la prefactibilidad de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC.

**OE2:** Evaluar la viabilidad técnica y tecnológica de la instalación de un almacén de frío con energía solar para reducir los costos eléctricos en Hielo Rosymar SAC.

**OE3:** Determinar la viabilidad económica, financiera, social y ambiental de la instalación de un almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC.

**Aporte:**

El presente proyecto aporta una evaluación exhaustiva sobre la viabilidad de implementar un almacén de frío con energía solar en Hielo Rosymar SAC. Esto implica analizar detalladamente los costos, beneficios y posibles desafíos asociados con la instalación y operación de dicho almacén. Al proporcionar esta evaluación, nuestro proyecto ofrece a la empresa una guía clara y fundamentada para tomar decisiones informadas sobre la adopción de esta tecnología. Además, al reducir los costos eléctricos y mejorar la eficiencia energética, nuestra propuesta no solo beneficia a la empresa en términos de rentabilidad y competitividad, sino que también contribuye positivamente al medio ambiente al reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable.

## Referencias

- [1] Business Research Insights, *Tamaño del mercado de fabricantes de hielo comerciales y máquinas de hielo, participación, crecimiento y análisis de la industria, por tipo, por distribución y pronóstico regional para 2032*, 2024.
- [2] Hielo Chile, *Todo lo que debes saber sobre el costo de establecer una fábrica de hielo en México*, <https://fabricahielo.cl/cuanto-cuesta-poner-una-fabrica-de-hielo-en-mexico/>, 2024.
- [3] S. Bárcena, *El auge de la industria solar se toma un respiro*, <https://elpais.com/extra/energia/2024-02-25/el-auge-de-la-industria-solar-se-toma-un-respiro.html>, 2024.
- [4] QBE, *Retos y oportunidades: el futuro de la energía renovable en España*, <https://qbeespana.com/biblioteca-de-documentos/resiliencia-del-sector/retos-y-oportunidades-el-futuro-de-la-energia-renovable-en-espana/?token=412514>, 2024.
- [5] H. t. technologie, «Almacén de hielo,» 2021.
- [6] KPMG, *Descarbonización y Energías renovables en América del Sur*, <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/co/sac/pdf/2020/12/descarbonizacion-y-energias-renovables-en-america-del-sur-esp.pdf>, 2020.
- [7] M. M. Beraún Espiritu, K. M. Moscoso Paucarchuco, E. Gutierrez Gómez, M. A. Cárdenas Bustamante y R. C. González Ríos, *Energías limpias, negocios sucios*, <https://periodicos.unifesp.br/index.php/prometeica/article/view/15395/11280>, 2023.
- [8] Ministerio de Energía y Minas, *Producción eléctrica nacional con Energías Renovables representó el 7.1% del total en enero de 2024*, <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/929013-produccion-electrica-nacional-con-energias-renovables-represento-el-7-1-del-total-en-enero-de-2024>, 2024.
- [9] B. Kurşun, K. Ökten y B. Özak, *Reducing the cost of electricity storage with a novel solar thermal support scenario in pumped thermal energy storage (PTES)*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431123023463>, 2024.

- [10] M. Aziz, M. I. H. Khan, H. M. Afroz, M. Hossain, S. Talukdar y M. Masud, *The development and performance evaluation of an alternative energy-based hybrid cold storage system*, [https://pdf.sciencedirectassets.com/271750/1-s2.0-S0959652623X0050X/1-s2.0-S0959652623045523/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEL7%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQC7KDnCb0%2F9%2B2kw2L1kuvk3ZoTrT0e0QHLCU7nUtoosVwIgesRVCRqd](https://pdf.sciencedirectassets.com/271750/1-s2.0-S0959652623X0050X/1-s2.0-S0959652623045523/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEL7%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQC7KDnCb0%2F9%2B2kw2L1kuvk3ZoTrT0e0QHLCU7nUtoosVwIgesRVCRqd), 2024.
- [11] M. Griesbach, A. König-Haagen, F. Heberle y D. Brüggemann , *Multi-criteria assessment and optimization of ice-energy storage systems in combined heat and cold supply networks of a campus building*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890423004648>, 2023.
- [12] A. Pazmiño-Arias, M. Briceño-León, J. M. Clairand , X. Serrano Guerrero y G. Escrivá-Escrivá, *Optimal scheduling of a dairy industry based on energy hub considering renewable energy and ice storage*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623037381>, 2023.
- [13] A. J. Echeverría Reina, J. C. García Arredondo y J. Panesso Tascón, *Implementación de medidas de eficiencia energética para la construcción factible de un refrigerador comercial con suministro de energía solar fotovoltaica*, <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v32n2/1909-7735-cein-32-02-61.pdf>, 2022.
- [14] F. E. Ormachea Freyre, *Estudio técnico para el diseño e implementación de una planta productora de hielo en cubos considerando soluciones de eficiencia energética*, [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18849/S%C3%81NCHEZ\\_TINOCO\\_CAROL\\_INGRID\\_ESTUDIO\\_TECNICO\\_DISE%C3%91O.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18849/S%C3%81NCHEZ_TINOCO_CAROL_INGRID_ESTUDIO_TECNICO_DISE%C3%91O.pdf?sequence=1&isAllowed=y), 2021.
- [15] S. O. P. K. J. J. M. P. P. K. & P. K. Zhang, *Renewable energy systems for building heating, cooling and electricity production with thermal energy storage.*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022.
- [16] R. B. Matthew Little, *Pre-feasibility methodology to compare productive uses of energy*

- supplied by stand-alone solar photovoltaic systems: A Tanzanian case study*, United Kingdom: Loughborough University The Wolfson School of Mechanical Electrical and Manufacturing Engineering,, 2022.
- [17] A. Barrón, M. Centurión, L. Ferreyros, G. Forero, G. López y L. Markovionnic, *La importancia del uso de energías renovables en centros comerciales en Lima*, 2021.
- [18] Y. y. A. A. Rami, «Diseño, evaluación económica y contable ambiental de una cámara frigorífica solar para el almacenamiento de pescado en mercados tradicionales.,» *Sustainability*, vol. 16, n° 7, p. 3080., 2024.
- [19] H. Zhao, «Investigación sobre las características de un almacén refrigerado con energía fotovoltaica y almacenamiento de hielo en condiciones climáticas y de carga variables.,» vol. 235, 2024.
- [20] Z. Zhang, «Investigación sobre las características del sistema de almacenamiento refrigerado impulsado por energía fotovoltaica bajo diferentes modos de almacenamiento de hielo,» vol. 21, 2024.
- [21] T. L., «Análisis del mecanismo de los impactos del cambio climático en el rendimiento de los sistemas de almacenamiento de hielo,» vol. 99, 2024.
- [22] P. M. y. C. W. B. Okwach, « "Diseño de un sistema de almacenamiento frigorífico de pescado alimentado con energía solar fotovoltaica en las playas de Sena y Mrongo, isla de Mfangano, Kenia",» pp. 1-5, 2024.
- [23] S. I., «Utilización del sistema de almacenamiento de hielo solar para mejorar la evaluación energética, exergética, económica y ambiental del sistema de aire acondicionado convencional,» vol. 61, n° 10, pp. 8149-8160, 2022.
- [24] P. G., «Sistema de almacenamiento de energía fría/refrigeración por quimisorción y desorción asistida por compresión impulsado por energía solar,» vol. 258, 2022.
- [25] V. Glasswala, «Modelado numérico y validación de sistemas de almacenamiento de hielo solar para aplicaciones industriales,» p. 47, 2024.
- [26] V. Zamora, *Diferencias entre el sistema On Grid y Sistema Off Grid para la generación de energía*, [http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/12/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora\\_compressed-2-1.pdf](http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/12/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora_compressed-2-1.pdf), 2020.
- [27] Rsolar, *Sistema fotovoltaico aislado*, <https://rsolar.com.mx/sistema-fotovoltaico-conectado-a-la-red-de-cfe/>, 2020.
- [28] ATERSA, *Tipo de Celda Fotovoltaica*, <https://atersa.shop/como-funciona-una->

- celula- fotovoltaica/, 2019.
- [29] L. Kahana, *Fotovoltaica para almacenes frigoríficos*, <https://www.pv-magazine-mexico.com/2024/03/01/fotovoltaica-para-almacenes-frigorificos/>, 2024.
- [30] J. W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5ta ed., 2018.
- [31] G. P. Guevara Alban, A. E. Verdesoto Arguello y N. E. Castro Molina, *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7591592.pdf>, 2020.
- [32] J. M. M. Alvarado, «Diseño y ejecución de una nueva cámara de maduración y secado de queso y ampliación de central frigorífica,» Escuela de ingenierías industriales, Valladolid, 2015.
- [33] E. G. Pita, «Principios y sistemas de refrigeración,» Editorial Limusa S.A, Mexico D.F, 1991.
- [34] M. A. D. C. y J. C. Z. Sigueñas, «Diseño de una cámara frigorífica para la refrigeración de 3 TN de pescado en el mercado zonal de Lambayeque,» Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2020.
- [35] P. Miranda Ordoñez y M. A. Monzon Meza, *Reducción de costos por consumo de energía eléctrica mediante el uso de generación distribuida en el periodo de punta*, 2019.
- [36] CITE energía, *Eficiencia Energética para la reducción de costos*, [http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/08/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora\\_compressed-1.pdf](http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/08/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora_compressed-1.pdf), 2020.
- [37] Minería & Energía, *Tres factores detrás de la reducción de tarifas eléctricas en casi 5% para industriales y comercios*, <https://mineriaenergia.com/tres-factores-detras-de-la-reduccion-de-tarifas-electricas-en-casi-5-para-industriales-y-comercios/>, 2023.
- [38] Minería & Energía, *Perú: 10 acciones claves para que empresas reduzcan costos de energía y huella ambiental*, <https://mineriaenergia.com/peru-10-acciones-claves-para-que-empresas-reduzcan-costos-de-energia-y-huella-ambiental/>, 2022.
- [39] D. Díaz, *El fin de la “sobreoferta” eléctrica y su impacto en los clientes libres*, <https://es.linkedin.com/pulse/el-fin-de-la-sobreoferta-el%C3%A9ctrica-y-su-impacto-en-los-clientes-w7oue>, 2024.
- [40] E. Cruz, *Minem publica proyecto de norma que promueve la gestión ambiental en el subsector Electricidad*, <https://www.rumbominero.com/peru/minem-gestion->

ambiental- en-el-subsector-electricidad/, 2024.

- [41] M. Li, B. Xie, Y. Li, P. Cao, G. Leng y C. Li, *Emerging phase change cold storage technology for fresh products cold chain logistics*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352152X24011162>, 2024.
- [42] P. I. Vizcaíno Zúñiga, I. A. Maldonado Palacios y R. J. Cedeño Cedeño, *Metodología de la investigación científica: guía práctica*, <https://search.app.goo.gl/vWZwPzF>, 2023.
- [43] R. Hernandez , «Lifeder,» 17 setiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/investigacion-basica/>.
- [44] W. J. y F. N. J. Graham, «El hielo en las pesquerías,» Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 1993.
- [45] S. K. A. K. H. y G.-M. S. Pokhrel, «Compensación tecnoeconómica entre el almacenamiento en baterías y el almacenamiento de energía térmica en hielo para su aplicación en sistemas de refrigeración de minas con energía renovable.,» *Applied Sciences*, vol. 10, nº 17, p. 6022., 2020.
- [46] A. Arias, «Programación óptima de una industria láctea basada en un centro energético considerando energías renovables y almacenamiento de hielo,» vol. 429, 2023.
- [47] E. A. Setiawan, H. Thalib y S. Maarif, «Techno-Economic Analysis of Solar Photovoltaic System for Fishery Cold Storage Based on Ownership Models and Regulatory Boundaries in Indonesia», *Processes*, vol. 9, n.º 11, p. 1973, 2021. <https://doi.org/10.3390/pr9111973>

## Anexos

### Anexo 1. Leyenda de los términos del Recibo de Luz de la Fabrica Hielo Rosymar SAC.

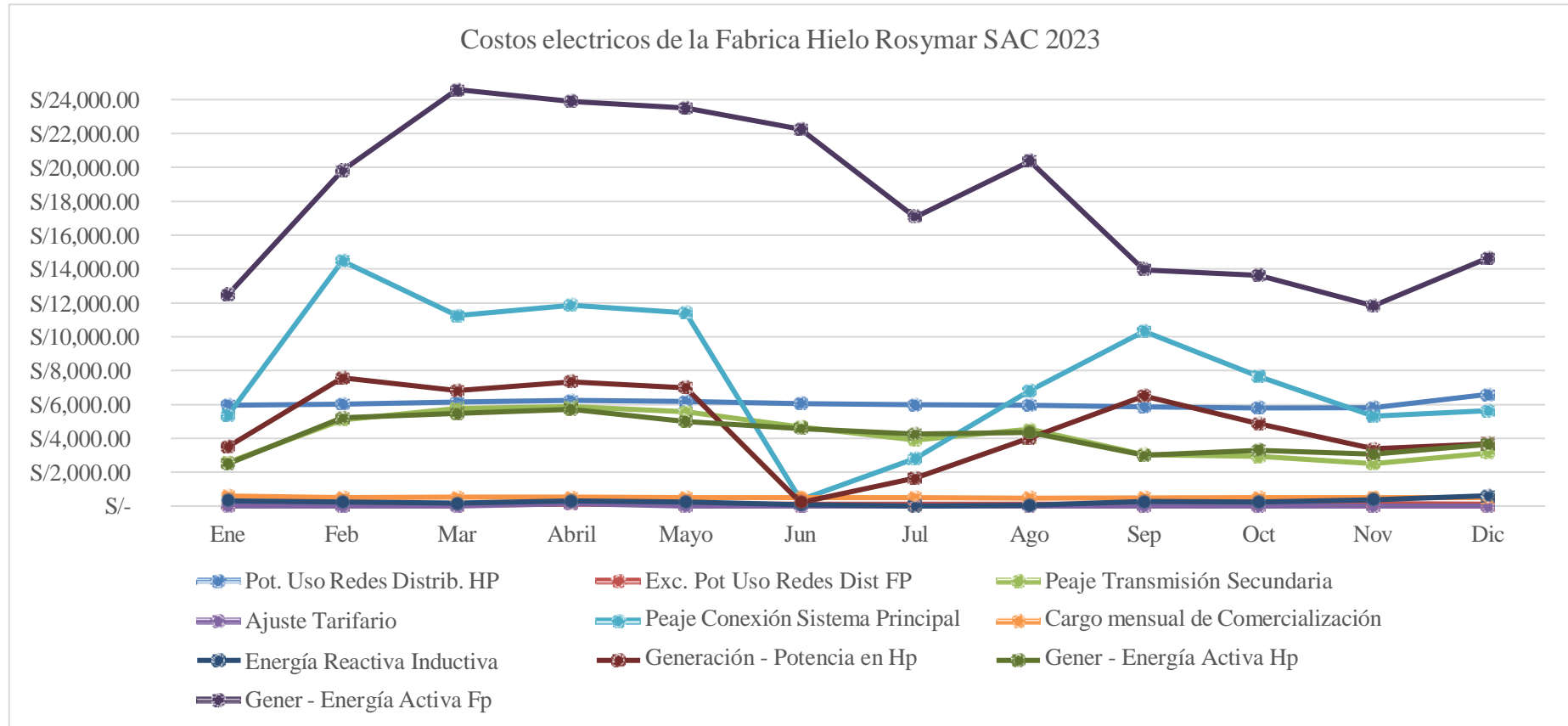
<b>Términos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de costo</b>
Cargo Fijo	Es un monto que se paga independientemente del consumo, por tener el servicio disponible	Costo directo
Alumbrado Público	Es un cargo por el servicio de iluminación en las vías públicas	Costo directo
Cargo por Reposición	Se refiere a los costos asociados con la reposición de componentes del sistema eléctrico	Costo directo
Cargo por Mantenimiento	Es un cargo por el mantenimiento de la infraestructura eléctrica	Costo directo
Pot. Uso Redes Distrib. HP	Costo por el uso de la red de distribución durante las horas de mayor demanda	Costo eléctrico
Exc. Pot Uso Redes Dist FP	Costo por el uso de la red de distribución fuera de las horas punta	Costo eléctrico
Peaje Transmisión Secundaria	Tarifa por el uso de las redes de transmisión secundarias	Costo eléctrico
Ajuste Tarifario	Ajustes en la tarifa que pueden deberse a variaciones en los costos de generación o cambios regulatorios	Costo eléctrico
Peaje Conexión Sistema Principal	Tarifa por la conexión al sistema eléctrico principal	Costo eléctrico
Cargo mensual de Comercialización	Cargo por los servicios de comercialización de la energía	Costo eléctrico
Energía Reactiva Inductiva	Costo por el consumo de energía reactiva, que puede ser indicativo de una carga ineficiente en la red	Costo eléctrico
Generación - Potencia en Hp	Costo por la potencia de generación contratada en horas punta	Costo eléctrico
Gener - Energía Activa Hp	Costo por la energía activa consumida en horas punta	Costo eléctrico
Gener - Energía Activa Fp	Costo por la energía activa consumida fuera de horas punta	Costo eléctrico
Ley Elec.Rural N° 28749	Contribución para financiar la electrificación rural	Costo directo
FISE - Ley 29852	Fondo de Inclusión Social Energético, subsidio para usuarios de bajos recursos	Costo directo
Ajuste FISE	Ajuste relacionado con el FISE	Costo directo

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 2. Costos Eléctricos de la Fabrica Hielo Rosymar SAC del 2023

Términos	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pot. Uso Redes	S/ 5	S/ 6	S/ 6	S/ 6	S/ 6	S/ 3	S/ 5	S/ 5	S/ 5	S/ 5	S/ 5	S/ 6
Distrib. HP	947,31	024,46	159,46	232,53	166,56	032,39	972,12	965,17	844,49	805,52	804,58	586,22
Exc.												
Pot												
Uso												
Redes												
Dist		S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	
FP	S/ 88,18	124,38	63,02	121,52	120,25	122,88	121,10	120,91	121,34	176,93	134,04	99,24
Peaje Transmisión		S/ 5	S/ 5	S/ 5	S/ 5	S/ 4	S/ 3	S/ 4	S/ 3	S/ 2	S/ 2	S/ 3
Secundaria	S/ 573,30	102,86	751,54	874,45	563,33	659,71	891,21	536,95	038,00	930,52	508,11	146,21
				S/								
Ajuste Tarifario	-	-	-	150,56	-	-	-	-	-	-	-	-
Peaje Conexión		S/ 14	S/ 11	S/ 11	S/ 11	S/	S/ 2	S/ 6	S/ 10	S/ 7	S/ 5	S/ 5
Sistema Principal	S/ 5 369,07	465,44	245,40	873,45	410,69	362,31	808,50	828,86	304,21	657,99	304,14	631,57
Cargo mensual de		S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/	S/
Comercialización	S/ 596,97	512,33	526,72	522,16	508,32	509,75	486,44	483,72	482,52	499,20	513,76	509,41
Energía Reactiva		S/	S/	S/	S/	S/		S/	S/	S/	S/	S/
Inductiva	S/ 319,52	239,16	173,18	307,43	240,48	86,47	-	64,01	260,82	234,72	387,28	603,74
Generación -	S/ 3	S/ 7	S/ 6	S/ 7	S/ 6	S/	S/ 1	S/ 4	S/ 6	S/ 4	S/ 3	S/ 3
Potencia en HP	504,93	566,12	821,69	345,26	988,78	213,56	655,48	025,28	510,81	877,10	374,00	679,00
Gener - Energía	S/ 2	S/ 5	S/ 5	S/ 5	S/ 4	S/ 4	S/ 4	S/ 4	S/ 3	S/ 3	S/ 3	S/ 3
Activa Hp	508,39	218,02	472,99	705,70	999,94	580,00	267,87	358,89	006,46	291,81	050,00	647,85
Gener - Energía	S/ 12	S/ 19	S/ 24	S/ 23	S/ 23	S/ 22	S/ 17	S/ 2	S/ 1	S/ 1	S/ 1	S/ 1
Activa Fp	485,11	801,40	587,40	902,83	513,04	259,51	058,57	037,53	395,85	361,76	182,17	465,02
	S/ 33	S/ 59	S/ 60	S/ 62	S/ 59	S/ 35	S/ 36	S/ 28	S/ 30	S/ 26	S/ 22	S/ 25
Total	392,78	054,17	801,40	035,89	511,39	826,58	261,29	421,32	964,50	835,55	258,08	269,02

**Anexo 3. Gráfico de los Costos Eléctricos de la Fabrica Hielo Rosymar SAC del 2023**



## **Interpretación**

- Enero: El costo de la Potencia Uso Redes Distribución HP es relativamente alto, lo que sugiere un uso constante de maquinaria durante las horas pico. La Energía Reactiva Inductiva es moderada, indicando una eficiencia razonable en el uso de la energía.
- Febrero: Hay un aumento notable en casi todos los términos, especialmente en el Peaje Conexión Sistema Principal y la Generación - Energía Activa Fp. Esto podría deberse a un incremento en la producción o a la utilización de equipos adicionales.
- Marzo: Continúa la tendencia de altos costos, posiblemente debido a una demanda energética constante asociada con un pico en las operaciones de la empresa.
- Abril: Los costos se mantienen elevados, con un ligero aumento en la Potencia Uso Redes Distribución HP. La aparición de un Ajuste Tarifario indica cambios en las tarifas aplicadas por la compañía eléctrica.
- Mayo: Se observa una disminución en los costos, lo que podría reflejar una reducción en el uso de energía o la implementación de medidas de eficiencia energética.
- Junio a Julio: Los costos son significativamente más bajos, lo que sugiere una menor demanda de energía. Esto puede ser resultado de un clima más cálido o de un período de menor actividad en la empresa.
- Agosto: Los costos comienzan a aumentar nuevamente, posiblemente debido a la preparación para la temporada de mayor actividad o al inicio del uso de sistemas de climatización.
- Septiembre a Octubre: Los costos se mantienen estables, con un ligero aumento en el uso de la Potencia Uso Redes Distribución HP en octubre.
- Noviembre: Se observa una reducción en la mayoría de los términos, lo que podría indicar una disminución de las actividades.
- Diciembre: Hay un aumento en la Potencia Uso Redes Distribución HP y la Energía Reactiva Inductiva, lo que podría estar relacionado con un incremento en la producción de fin de año o el uso de iluminación y decoración navideña.

## Anexo 4. Costos Eléctricos de la Fabrica Hielo Rosymar SAC del 2024



Ensa

## Electronorte S.A.

Ca. SAN MARTIN Nº 250 Centro Chiclayo  
Chiclayo / Chiclayo / Lambayeque  
Ca. SIMON BOLIVAR Nº 447 0 Centro LAMBAYEQUE  
Lambayeque / Lambayeque / Lambayeque

R.U.C. Nº 20103117560

FACTURA ELECTRÓNICA

Nº F090-00002969

RUC : 20607049352	Fecha Emisión : 06/04/2024
Señor(es) : HIELO ROSYMAR S.A.C.	Fecha Vencimiento : 22/04/2024
Dirección : Ca. DOS DE MAYO Nº 300 Centro SAN JOSE	Tipo Moneda : PEN
Código : 39771890	

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDM	CANTIDAD	PRECIO DE VENTA UNITARIO	VALOR VENTA
2	Cargo Fijo	UND	1.00	13.95940000	11.83
3	Alumbrado Público	UND	1.00	1,291.62800000	1,094.60
12	Cargo por Reposición	UND	1.00	11.96520000	10.14
13	Cargo por Mantenimiento	UND	1.00	16.36660000	13.87
22	Pot.Liso Redes Distrib.HP	UND	350.81	20.47300000	6,086.50
234	Peaje Transmisión Secundaria	UND	94,294.84	0.03245000	2,590.50
333	Peaje Conexión Sistema Principal	UND	319.08	42.25875000	11,427.07
337	Cargo mensual de Comercialización	UND	332.01	1.71961400	483.84
338	Energía Reactiva Inductiva	UND	800.56	0.05805600	39.39
349	Generación-Potencia en Hp	UND	319.08	27.71513200	7,494.36
351	Gener-Energía Activa Hp	UND	18,136.71	0.19352000	2,974.10
352	Gener-Energía Activa Fp	UND	76,156.13	0.19352000	12,488.61
6	Interés Compensatorio	UND	1.00	229.96890200	194.89
7	Interés Moratorio	UND	1.00	5.31520000	5.32
142	Ley Elec.Rural Nº 28749	UND	94,294.84	0.01030000	971.24
362	FISE - Ley 29852	UND	1.00	1,397.49230000	1,307.49

SON : CINCUENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE Y 50/100 SOLES

DESCRIPCIÓN :

OBSERVACIÓN : [Ninguna]

REPRESENTACIÓN IMPRESA DE  
FACTURA ELECTRÓNICA, ESA PUEDE  
SER CONSULTADA EN  
<https://ose.efact.pe/busca-tu-comprobante/consult.html>  
AUTORIZADO MEDIANTE RESOLUCIÓN  
Nº R.I. Nº018-005-0003371

## FORMA DE PAGO :

CREDITO SI 55,277.50

## Detalle del Crédito

Cuota01 2024-04-22 55,277.50

OP.GRAVADAS : 44,909.70

OP.GRATUITAS : 0.00

OP.EXONERADAS : 0.00

OP.INAFECTAS : 2,284.05

DCTOS.TOTALES : 0.00

I.G.V. : 8,083.75

TOTAL A PAGAR : 55,277.50

PERCEPCIÓN : 0.00

MONTO CON PERCEP. : 0.00



## Costos Eléctricos de la Fabrica Hielo Rosymar SAC del 2024



**Electronorte S.A.**  
Ca. SAN MARTIN N° 250 Centro Chiclayo  
Chiclayo / Chiclayo / Lambayeque  
Ca. SIMON BOLIVAR N° 447 0 Centro LAMBAYEQUE  
Lambayeque / Lambayeque / Lambayeque

**R.U.C. N° 20103117560**  
**FACTURA ELECTRÓNICA**  
**N° F090-00003009**

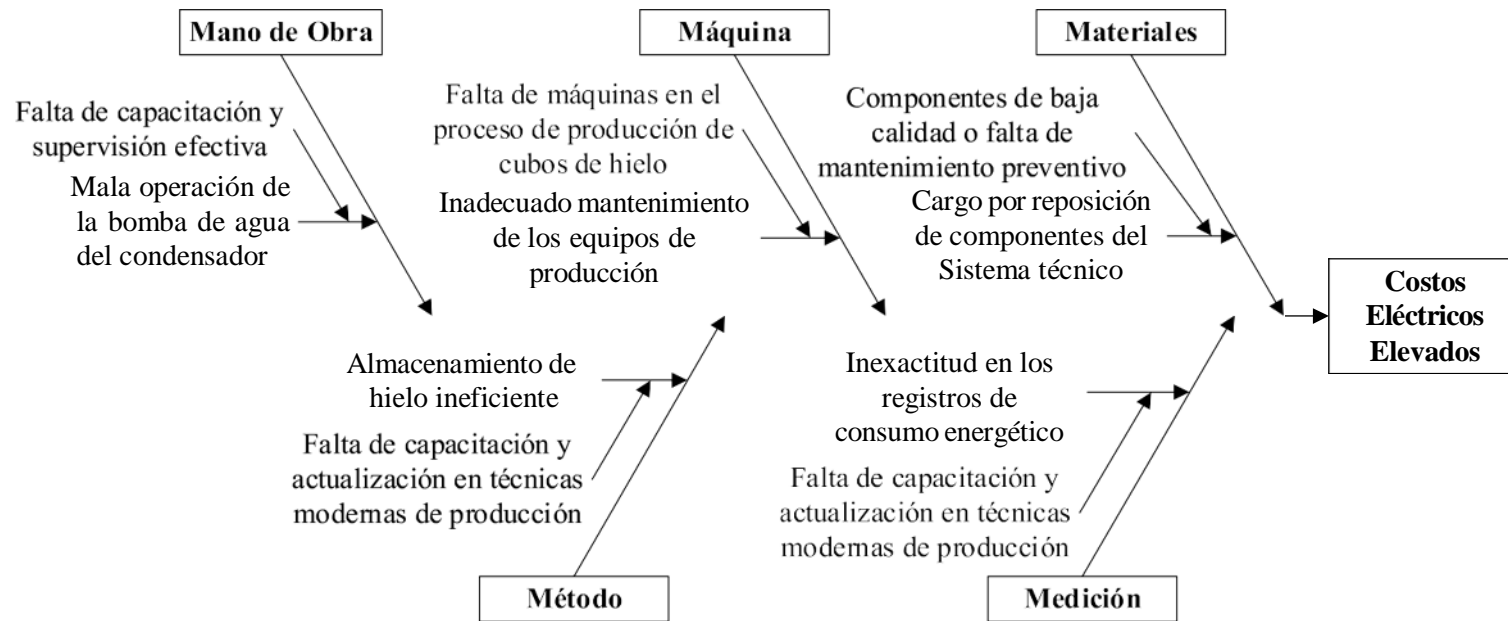
RUC : 20607049352 Señor(es) : HIELO ROSYMAR S.A.C. Dirección : Ca. DOS DE MAYO N° 300 Centro SAN JOSE Código : 39771890	Fecha Emisión : 06/05/2024 Fecha Vencimiento : 22/05/2024 Tipo Moneda : PEN
--	---

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDM	CANTIDAD	PRECIO DE VENTA UNITARIO	VALOR VENTA
2	Cargo Fijo	UND	1.00	13.95940000	11.83
3	Alumbrado Público	UND	1.00	1,242.30400000	1,052.80
12	Cargo por Reposición	UND	1.00	11.96520000	10.14
13	Cargo por Mantenimiento	UND	1.00	16.36660000	13.87
22	Pot.Usa Redes Distrib. HP	UND	350.81	20.48480000	6,090.01
234	Peaje Transmisión Secundaria	UND	79,642.72	0.03245000	2,187.97
333	Peaje Conexión Sistema Principal	UND	5.43	42.26004800	194.59
337	Cargo mensual de Comercialización	UND	335.51	1.73401000	493.01
338	Energía Reactiva Inductiva	UND	2,653.74	0.05805600	130.56
349	Generación-Potencia en Hp	UND	5.43	27.71513200	127.62
351	Gener-Energía Activa Hp	UND	14,896.35	0.19623400	2,476.65
352	Gener-Energía Activa Fp	UND	64,746.38	0.19623400	10,764.65
6	Interés Compensatorio	UND	1.00	196.46504400	166.50
7	Interés Moratorio	UND	1.00	6.24360000	6.24
142	Ley Elec.Rural N° 28749	UND	79,642.72	0.01030000	820.32
362	FISE - Ley 29852	UND	1.00	673.93670000	673.94

<b>SON :</b> VEINTINUEVE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y 34/100 SOLES	<b>OP.GRAVADAS :</b> 23,720.20 <b>OP.GRATUITAS :</b> 0.00 <b>OP.EXONERADAS :</b> 0.00 <b>OP.INAFECTAS :</b> 1,500.50 <b>DCTOS.TOTALES :</b> 0.00 <b>I.G.V. :</b> 4,269.64
<b>DESCRIPCIÓN :</b>	<b>TOTAL A PAGAR :</b> 29,490.34 <b>PERCEPCIÓN :</b> 0.00 <b>MONTO CON PERCEP. :</b> 0.00
<b>OBSERVACIÓN :</b> [Ninguna]	

REPRESENTACIÓN IMPRESA DE FACTURA ELECTRÓNICA, ESA PUEDE SER CONSULTADA EN <https://ose.efact.pe/busca-tu-comprobante/consult.html> AUTORIZADO MEDIANTE RESOLUCIÓN N° R.I. N°018-005-0003371

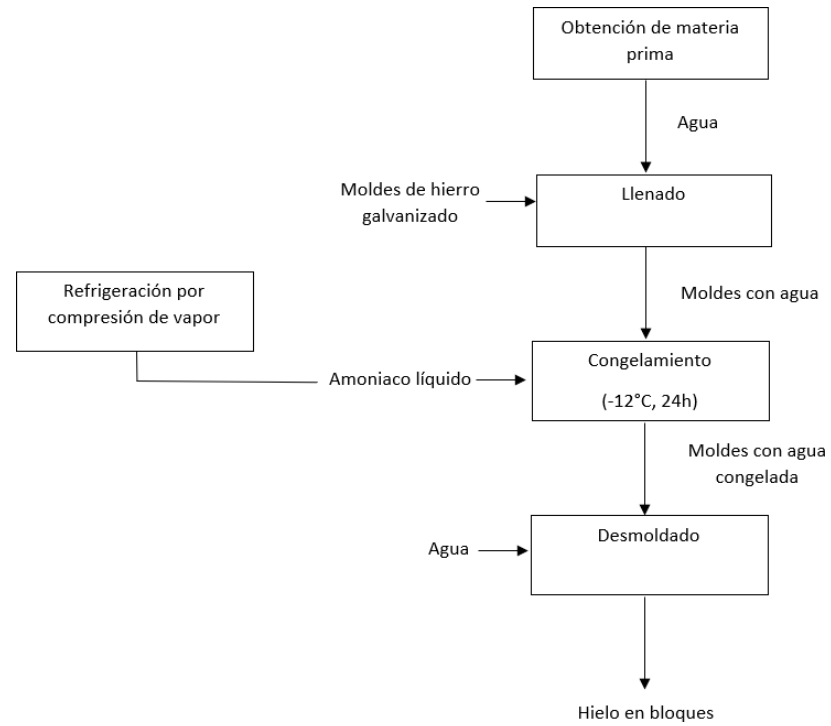




### Anexo 6. Método 5W+H

<b>Categoría</b>	<b>What</b>	<b>Where</b>	<b>When</b>	<b>Who</b>	<b>How</b>	<b>Causa raíz</b>
	<b>¿Qué problema se tiene?</b>	<b>¿Dónde ocurre el problema?</b>	<b>¿Cuándo ocurre el problema?</b>	<b>¿Quién es el responsable?</b>	<b>¿Cómo ocurre?</b>	<b>¿Por qué ocurre el problema?</b>
Materiales	Cargo por reposición de componentes del sistema eléctrico	En las áreas donde se utilizan componentes eléctricos críticos.	Cada vez que hay necesidad de reemplazar componentes desgastados o dañados	Responsabilidad del equipo de mantenimiento y la gerencia	Reemplazo frecuente debido a desgaste o fallas	Componentes de baja calidad o falta de mantenimiento preventivo
Métodos	Procedimientos ineficientes de producción	Ocurre en las distintas etapas de la cadena de producción de hielo	Durante todo el proceso de producción, especialmente en horas punta	Responsabilidad de los operarios y supervisores de producción	Uso de técnicas obsoletas y falta de optimización de los tiempos de operación	Falta de capacitación y actualización en técnicas modernas de producción
Máquinas	Mantenimiento inadecuado de las máquinas	En las áreas de producción donde se utilizan compresores y otros equipos críticos	Durante las inspecciones regulares y reparaciones de emergencia	Responsabilidad del equipo de mantenimiento	Falta de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo	Carencia de recursos y de un programa estructurado de mantenimiento

Mano de obra	Prácticas operativas ineficientes.	En todas las áreas de operación y producción	Durante la ejecución de las tareas diarias y operaciones rutinarias	Responsabilidad de todo el personal operativo	Desconocimiento o incumplimiento de los procedimientos operativos estándar	Falta de capacitación y supervisión efectiva
Medición	Inexactitud en los registros de consumo energético	En el sistema de medición y registro de consumo de energía de la planta	Durante la lectura y registro de datos de consumo energético	Responsabilidad del personal encargado del monitoreo y registro	Dependencia exclusiva de los datos de los recibos sin verificación interna	Falta de un sistema de monitoreo en tiempo real y verificación de datos

**Anexo 6- Diagrama de bloques del proceso**

## Anexo 6: Aislante PUR Ficha

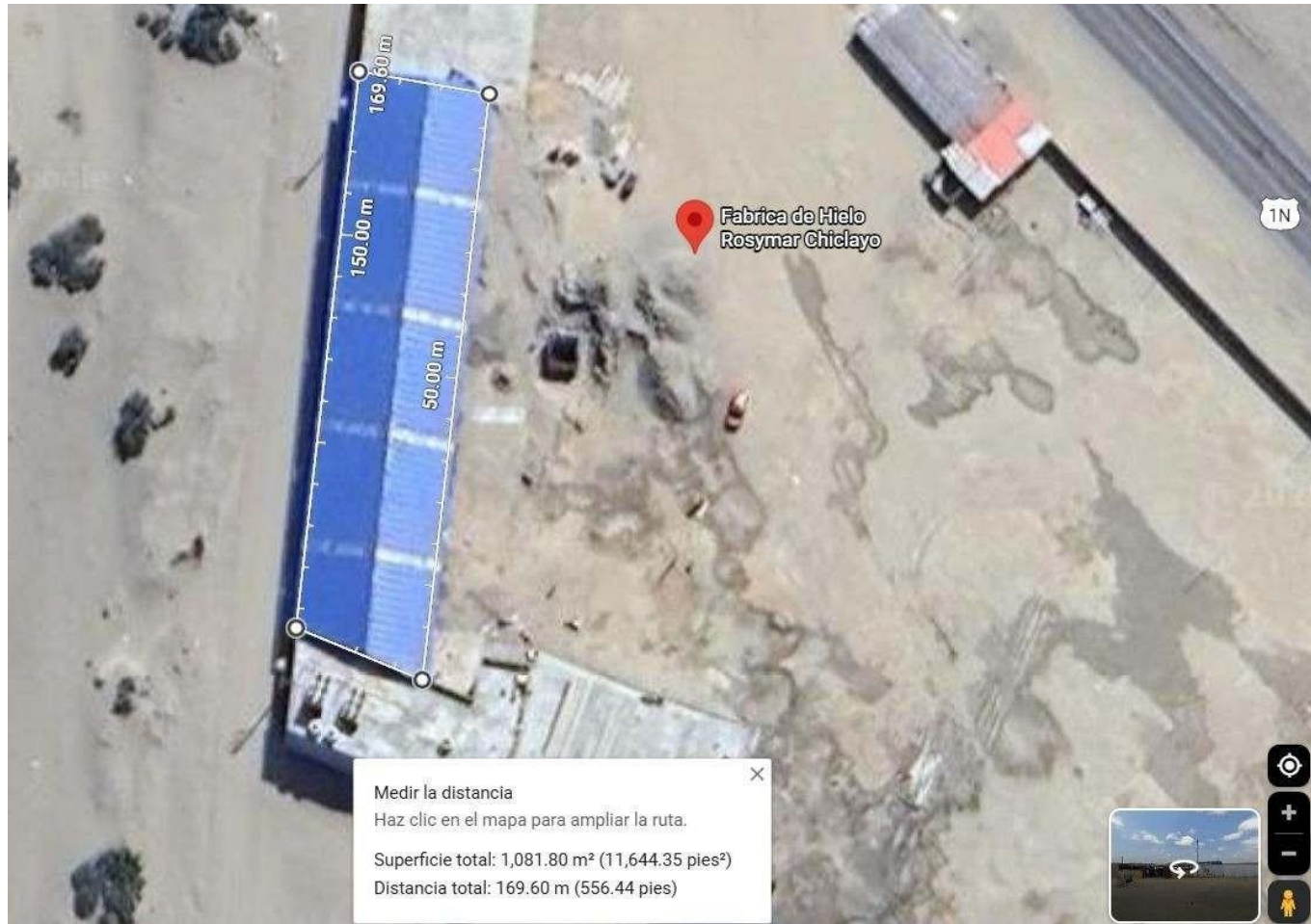


gramo. Alto rendimiento de costes integrales. Aunque el precio unitario de la espuma de poliuretano es más alto que el de otros materiales aislantes tradicionales, el aumento del costo se verá compensado por la reducción sustancial de los costos de calefacción y refrigeración.

### Parámetros

Tipo	Densidad	Ancho	Resistencia al fuego Grado
<b>PUR</b>	40 ± 2 kg / m <sup>3</sup>	960/1000 mm	B2/B3
<b>PIR</b>	45 ± 2 kg / m <sup>3</sup>	925/1000/1125 mm	B1/B2
<b>Grosor</b>		50/75/100/120/150/180/200 mm	
<b>Refuerzo de superficie metálica</b>		nervadura pequeña, nervadura ancha, gofrada, plana	
<b>Conductividad térmica</b>	≤0.024W(m.K)	<b>Fuerza compresiva</b>	≥160Kpa

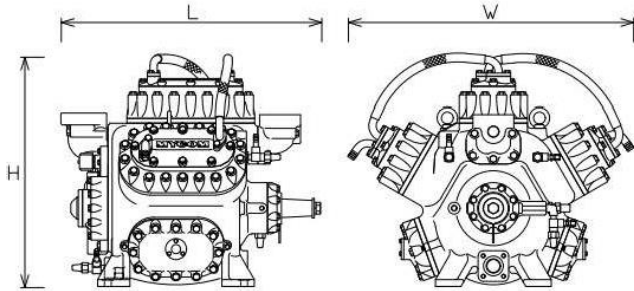
### Anexo 8. Área disponible en el techo



## Anexo 9: Ficha técnica del compresor

### DIMENSIONS & SPECIFICATIONS

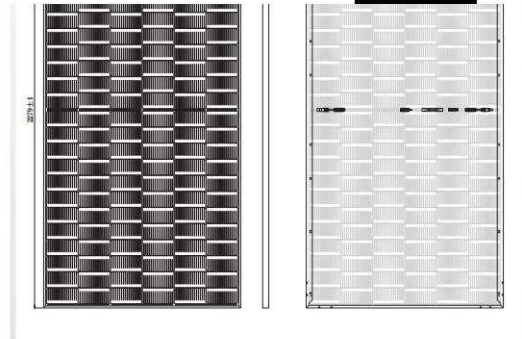
Dimensions are for reference only. Please contact MYCOM for more detailed drawings.



mm [inch]			
MODEL	L	W	H
4HS	1113 [43.8]	1017 [40.0]	1100 [43.3]
6HS	1165 [45.8]	1257 [49.4]	1092 [42.9]

		4HS	6HS
Refrigerant		NH3 / CO2	
Weight of Compressor	kg/lbs	1,650 / 3,638	1,850 / 4,079
Cylinder Diameter	mm/inch	130 / 5.12	
Stroke	mm/inch	84 / 3.31	
Design Pressure LP	MPa/PSI	3.0 / 435	
Design Pressure HP	MPa/PSI	6.6 / 957	
Number of Cylinders		4	6
Revolution	rpm	750-1,500	
Displacement (CFM)	750rpm	118	177
	1,000rpm	157	236
	1,200rpm	189	283
	1,450rpm	228	343
Driving Method		Direct Drive	
Volume Control	Load %	0, 25, 50, 75, 100	0, 17, 33, 50, 66, 83, 100
	Method	Hydraulic Control Solenoid Valve (Unload When Energized)	
	Voltage V	120	
Refrigerant Oil		ISO-VG 46 to 68 (Ask Mayekawa Branch)	
Cooling Configuration	CO2	Head cover cooling : Air cooled / Oil cooling : None	
	NH3	Head cover cooling : Water cooled / Oil Cooling : Water cooled	

### Anexo 10: Ficha técnica del panel



#### Parámetros Eléctricos En Condiciones De Prueba Estándar (STC: AM=1.5, 1000 W/m<sup>2</sup>, Temperatura De Las Celdas 25 Grados)

Potencia máxima (Pmax)	550
Voltaje de potencia máxima (Vmp)	41.73
Corriente de potencia máxima (Imp)	13.18
Voltaje de circuito abierto (Voc)	50.56
Tensión de cortocircuito (Isc)	13.95
Eficiencia del módulo (%)	21.28
Voltaje máximo del sistema	CC 1500 V (T)(V, UL)
Clasificación de fusibles de la serie Maxium	30A