

DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA Y DEMANDA ENERGÉTICA EN CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN

DESIGN OF A TOOL FOR THE ESTIMATION OF THERMAL LOAD AND ENERGY DEMAND IN REFRIGERATION CHAMBERS

Rodrigo Antonio Paz-Soldán^{1,*}, Renán Jorge Orellana-Lafuente¹, Miguel Hernán Fernández-Fuentes³ y Daniel Felipe Sempértegui-Tapia²

¹Facultad de Ingenierías y Arquitectura (FLA) Universidad Privada Boliviana (UPB), Cochabamba, Bolivia

²Laboratorio de Energías Alternativas (LEA), Universidad Privada Boliviana (UPB), Cochabamba, Bolivia

³INMERSIVE SRL, Cochabamba, Bolivia

rodrigopazsoldan1@upb.edu

(Recibido el 15 de junio 2025, aceptado para publicación el 29 de julio 2025)

RESUMEN

La refrigeración es clave para conservar alimentos, reducir pérdidas y mejorar la competitividad de los sectores productivos, especialmente de la pequeña y mediana empresa (PyMES). Esta necesidad es aún más evidente en países como Bolivia, donde la falta de sistemas adecuados de refrigeración y almacenamiento limita el aprovechamiento de los picos de cosecha, generando sobreproducción estacional y significativas pérdidas económicas por la incapacidad de conservar los productos. En este contexto, el presente trabajo propone el desarrollo de una herramienta automatizada y de uso amigable que permite estimar de manera preliminar la carga térmica y la demanda energética de cámaras frigoríficas a partir de datos básicos como dimensiones, tipo de producto y condiciones climáticas locales. La herramienta considera todos los aportes térmicos relevantes (calor sensible, latente, pérdidas por transmisión, infiltración y cargas internas), y estima la potencia frigorífica y el consumo energético en función del tiempo de operación. Adicionalmente, se realizó su validación mediante un estudio de caso donde demostró una desviación mínima respecto a una cotización real, demostrando su confiabilidad como apoyo en el pre-diseño de sistemas de refrigeración destinados a sectores productivos con recursos y conocimientos técnicos más limitados.

Palabras Clave: Consumo Energético, Cámaras Frigoríficas, Carga Térmica, Automatización, Calor

ABSTRACT

Refrigeration is key to preserve food, reduce losses and improve the competitiveness of the productive sectors, especially small and medium enterprises (SMEs). This need is even more evident in countries such as Bolivia, where the lack of adequate refrigeration and storage systems limits the use of harvest peaks, generating seasonal overproduction and significant economic losses due to the inability to preserve products. In this context, the present work proposes the development of an automated and user-friendly tool that allows the preliminary estimation of the thermal load and energy demand of cold stores from basic data such as dimensions, type of product and local climatic conditions. The tool considers all relevant thermal inputs (sensible and latent heat, transmission losses, infiltration and internal loads), and estimates the cooling capacity and energy consumption as a function of operating time. Additionally, its validation was carried out through a case study where it showed a minimum deviation from a real quotation, demonstrating its reliability as a support in the pre-design of refrigeration systems for productive sectors with more limited resources and technical knowledge.

Keywords: Energy Consumption, Cold Rooms, Thermal Load, Automation, Heat

1. INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) enfrentan a un gran número de desafíos para mantenerse competitivas en un mercado cada vez más exigente y globalizado. Este escenario es especialmente crítico en el sector agroindustrial, donde la conservación adecuada de productos perecederos es un factor clave para garantizar la calidad, reducir el desperdicio y asegurar la rentabilidad. Sin embargo, muchas de estas empresas no cuentan con acceso a tecnologías de conservación, como las cámaras de frío, debido a limitaciones económicas, falta de infraestructura o desconocimiento técnico. Esta carencia provoca pérdidas significativas a lo largo de la cadena de valor agroindustrial, afectando la disponibilidad de alimentos y debilitando la estabilidad financiera de los productores.

En Bolivia, este problema se agrava durante los denominados "picos de cosecha", donde la sobreproducción temporal de alimentos no puede ser almacenada eficientemente, resultando en desperdicio y pérdida de ingresos. La ausencia de

tecnologías de conservación impide a los productores almacenar sus productos para venderlos en épocas de mayor escasez y precios más altos, generando una dependencia estacional de la demanda y reduciendo la rentabilidad del sector.

Contar con sistemas adecuados de refrigeración permitiría a los productores prolongar la vida útil de sus productos, preservar su calidad y planificar su comercialización de forma más estratégica. Esto no solo reduciría la merma, sino que también incrementaría el valor económico de la producción al desacoplarla de los ciclos estacionales del mercado.

La refrigeración se entiende como un proceso en el cual se transporta calor de un lugar a otro, extrayendo calor del lugar a ser refrigerado y desechando ese calor al medio ambiente[1]. El ciclo de refrigeración más común es el ciclo de refrigeración por compresión a vapor, el cual consta de cuatro componentes: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador [2]. Al inicio el refrigerante ingresa como vapor al compresor, el cual lo comprime a una presión determinada, posteriormente, el refrigerante entra al condensador, lugar donde es condensado mientras recorre los serpentines del dispositivo, a continuación, el fluido ingresa a la válvula de expansión, donde tanto presión y temperatura reducen drásticamente su valor debido al efecto de estrangulamiento, y finalmente llega al evaporador donde se evapora debido a la absorción del calor del espacio refrigerado. En la Figura 1 se puede apreciar el ciclo de refrigeración.

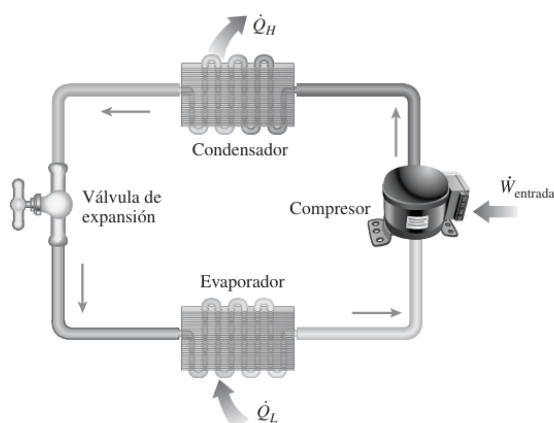


Figura 1: Ciclo de refrigeración [3].

En este contexto, el presente trabajo plantea la necesidad de una herramienta sencilla y accesible que permita estimar de forma preliminar el consumo energético de una cámara frigorífica a partir de datos básicos. Esta herramienta está orientada a usuarios con conocimientos limitados en ingeniería térmica, y busca brindarles una aproximación rápida y útil sobre la potencia eléctrica necesaria para operar un sistema de refrigeración eficiente, facilitando así el pre-diseño técnico y la toma de decisiones informadas en etapas tempranas del estudio.

2. METODOLOGIA DE LA HERRAMIENTA

Con el fin de simplificar y agilizar el proceso de cálculo, se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles, dado que combina facilidad de manejo con amplia disponibilidad entre los usuarios destinatarios. La aplicación posibilita la automatización de los cálculos mediante una base de datos integrada, de la cual se extraen automáticamente los parámetros requeridos en función de las opciones seleccionadas por el usuario. A continuación, en la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo del proceso:

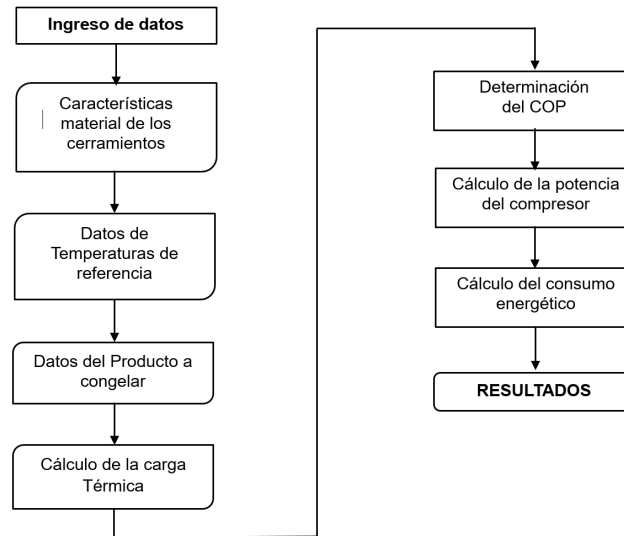


Figura 2: Diagrama de flujo de la herramienta de cálculo.

2.1 Cálculo de la carga térmica

Para hallar la carga térmica que va a aportar un producto se consideran distintos calores, entre los que destacan:

2.1.1 Calor sensible

El calor sensible es el calor requerido para bajar la temperatura de un cuerpo a otra temperatura:

$$\dot{Q}_{Sensible} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_0 - T_f) \quad (1)$$

Donde:

$\dot{Q}_{Sensible}$: Calor sensible (kW)

$\dot{m}$: Flujo masico del producto (kg/s)

c_p : Calor específico del alimento a refrigerar (kJ/kg °C)

T_f : Temperatura final del producto (°C)

T_0 : Temperatura de entrada del producto (°C)

El calor específico para productos alimenticios comunes se muestra en la Tabla 1:

TABLA 1 - PROPIEDADES DE LOS ALIMENTOS [3],[4],[5]

Producto a refrigerar	Densidad [kg/m³]	Cp	Fracción de Humedad [-]
Açaí	1270	3,47	0,4367
Agua	1000	4,18	1
Apio	697	3,92	0,8
Bacalao	1180	3,71	0,65
Carne magra de cerdo	1030	3,49	0,4
Carne magra de res	1090	3,54	0,4
Cordero	1030	3,49	0,4
Durazno	960	3,91	0,8
Fresas	666	3,86	0,8
Lechuga	289	4,02	0,8
Limones	1040	3,82	0,8
Mandarinas	925	3,75	0,8
Manzana	840	3,81	0,84
Mora	1050	3,99	0,8
Naranjas	1021	3,75	0,8
Pechuga de pavo	1050	3,54	0,4
Pechuga de pollo	1050	3,56	0,4

Pepinos	955	4,06	0,8
Pera	803	3,62	0,8
Sandias	810	3,96	0,8
Ternera	1060	3,56	0,4
Tomate	774	3,99	0,8
Uva	1119	3,59	0,8
Zanahorias	1100	3,79	0,9

2.1.2 Calor latente

En el caso de existir congelamiento se debe realizar el cálculo del calor latente, el cual se calculó mediante la ecuación (2):

$$\dot{Q}_{Latente} = \dot{m} \cdot \%H \cdot h_f \quad (2)$$

Donde:

$\dot{m}$: flujo masico del alimento (kg/s)

h_f : Calor latente de fusión (kJ/kg)

$\%H$: Porcentaje de humedad del producto

Además, si la temperatura de almacenamiento es inferior a 0°C, se debe usar de nuevo la ecuación del calor sensible hasta llegar a la temperatura objetivo de conservación.

2.1.3 Calor latente

Se deben considerar las pérdidas por transmisión, es decir la ganancia de calor que ocurre a través de las paredes, el techo y el suelo de una cámara frigorífica. Este fenómeno depende en gran medida de las características de construcción del recinto, como sus dimensiones, los materiales utilizados y los espesores de las capas de los cerramientos que componen el recinto, es por eso que se usó el método de resistencias.

Es importante mencionar que se desprecian las resistencias por convección tanto dentro como fuera de la cámara ya que representan un valor mínimo comparado con las resistencias de conducción.

Para el cálculo de las resistencias de conducción, se determinó la conductividad térmica de los cerramientos de la cámara de frío utilizando la Tabla 2:

TABLA 2 - MATERIALES DE LOS CERRAMIENTOS [6]

Materiales	K (W/m K)
Acero	50
Acero inoxidable	16,2
Ladrillo	0,15
Poliestireno	0,033
Poliuretano	0,023

El siguiente paso fue calcular las resistencias térmicas teniendo en cuenta 3 capas en los cerramientos de las cámaras, a continuación, se muestran las ecuaciones (3), (4) y (5):

$$R_{Cond\ Capa\ 1} = \frac{x_1}{A \cdot k_1} \quad (3)$$

$$R_{Cond\ Capa\ 2} = \frac{x_2}{A \cdot k_2} \quad (4)$$

$$R_{Cond\ Capa\ 3} = \frac{x_3}{A \cdot k_3} \quad (5)$$

Donde:

A: Área transversal en la cual se está haciendo el análisis (m²)

k_y : Conductividad térmica del material de la capa correspondiente (W/m K)

x_y : Espesor de la capa correspondiente (m)

$h_{interna}$: Coeficiente de convección interna (W/m² k)

$h_{externa}$: Coeficiente de convección externa (W/m² k)

Se calcularon todas las resistencias para las cuatro paredes y el techo, sin contar el piso, al tener dichas resistencias se procedió a calcular el calor total en kW, mediante la ecuación (6):

$$\dot{Q}_{Transmisión} = \frac{T_{interior} - T_{\infty}}{R_{Cond\ Capa\ 1} + R_{Cond\ Capa\ 2} + R_{Cond\ Capa\ 3}} \quad (6)$$

Donde:

$\dot{Q}_{Transmisión}$: Calor de pérdidas por transmisión (W)
 $T_{interior}$: Temperatura al interior de la cámara (°C)
 T_{∞} : Temperatura ambiente del exterior de la cámara (°C)

2.1.4 Calor por infiltración

El siguiente calor considerado en la carga térmica es el calor por infiltración, el cual consiste en el calor que ingresa a la cámara por medio de aperturas de puertas, ya que el aire caliente ingresa a la cámara y el aire frío sale de ella, debido a este cambio de aire se genera un calor sensible y uno latente debido a que el aire exterior tiene una humedad absoluta mayor a la del interior [7]. Sin embargo, para simplificar el cálculo, se decidió omitir el componente de calor latente, dado que generalmente no se dispone de datos sobre la humedad específica exterior ni interior.

Para el cálculo, primero se determinó las densidades del aire al interior y exterior de la cámara, para esto se consideró al aire como un gas ideal para poder utilizar una variante de la ecuación de estado del gas ideal mostrada en la ecuación (7):

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} \quad (7)$$

Donde:

P : Presión atmosférica de la ciudad donde se ubica la cámara (KPa)
 T : Temperatura (K)
 R : Constante del gas para aire (KJ/kg K)

Seguidamente, se calculó el caudal de aire que ingresa por las aperturas de puertas con la ecuación (8):

$$\dot{V} = C_{inf} \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot \left(\frac{\rho_i - \rho_o}{\rho_i} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\frac{2}{1 + (\rho_i / \rho_o)^{1/3}} \right]^{3/2} \quad (8)$$

Donde:

$\dot{V}$: Caudal (m³/s)
 C_{inf} : Coeficiente de infiltración, 0.692 $\sqrt{m}/s$
 A : Área de las puertas (m²)
 H : Altura de las puertas (m)
 ρ_i : Densidad del aire frío (kg/m³)
 ρ_o : Densidad del aire caliente (kg/m³)

Ya teniendo el caudal se puede calcular el flujo másico del aire, para esto se utilizó la ecuación (9):

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \left(\frac{\rho_i + \rho_o}{2} \right) \quad (9)$$

Ya conociendo estos datos es posible calcular el calor por infiltración en kW, para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_{infiltración} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{\infty} - T_{interior}) \quad (10)$$

Donde:

$\dot{Q}_{infiltración}$: Calor de pérdidas por infiltración (kW)
 $T_{interior}$: Temperatura al interior de la cámara (°C)
 T_{∞} : Temperatura ambiente del exterior de la cámara (°C)

2.1.5 Calor por motores

Finalmente, el ultimo calor considerado para la carga térmica es el calor que aporta la maquinaria, debido a que la potencia de los motores y las horas de funcionamiento de los equipos no es muy conocido por los usuarios/propietarios de cámaras de refrigeración se calculó como porcentaje del total, según la ecuación (11), considerando un rango del 5% al 8% [8].

$$\dot{Q}_{Maq} = 0.05 \cdot (\dot{Q}_{Sensible1} + \dot{Q}_{Latente} + \dot{Q}_{Sensible2} + \dot{Q}_{Transmisión} + \dot{Q}_{Infiltración}) \quad (11)$$

2.1.6 Carga total

Ahora para sacar la potencia frigorífica que se requiere se sumó todas las cargas calculadas, se muestra en la ecuación (12):

$$\dot{Q}_{Tot} = \dot{Q}_{Sensible1} + \dot{Q}_{Latente} + \dot{Q}_{Sensible2} + \dot{Q}_{Transmisión} + \dot{Q}_{Infiltración} + \dot{Q}_{Maq} \quad (12)$$

2.2 Cálculo de la energía eléctrica

Una vez que se ha calculado con precisión la carga térmica de la cámara, se procede a utilizar un factor de seguridad del 10% para asegurar un margen extra ante posibles cambios en las condiciones reales de funcionamiento (tales como cambios en la temperatura ambiente, variaciones en la calidad del aislamiento, modificaciones en la frecuencia de apertura de puertas o inexactitudes en los datos de carga térmica). Y seguidamente se empleó el coeficiente de desempeño (COP) del equipo frigorífico para determinar la potencia eléctrica que demandará el compresor, según la ecuación (13):

$$\dot{W}_{entrada} = \frac{\dot{Q}_L \cdot (1+FS)}{COP} \quad (13)$$

Donde:

$\dot{W}_{entrada}$: Potencia eléctrica de entrada (kW)

COP: Coeficiente de desempeño del sistema de refrigeración

$\dot{Q}_L$: Potencia de enfriamiento

FS: Factor de seguridad (10%)

Cabe mencionar que el COP es obtenido mediante la Tabla 3, la cual segmenta valores dependiendo de la práctica que se quiere realizar

TABLA 3 - COP SEGÚN ACTIVIDAD [2]

Actividad	Características	COP
Refrigeradores	Rango de temperatura entre 0 a 10 °C	2,6 - 3
Áreas de edición y preparación	Zonas donde se manipula el alimento	2,3 - 2,6
Carne, embutidos, lácteos, frutas	Cámaras refrigeradas especializadas para productos perecederos que requieren temperaturas cercanas a 0 °C.	1,2 - 1,5
Alimentos congelados	Rango de temperaturas -18 a 0 °C	1 - 1,2

Posteriormente, para calcular el consumo mensual en kWh, se estima un tiempo de operación y se procede a usar la ecuación (14):

$$E = \dot{W}_{entrada} \cdot t \quad (14)$$

Donde:

E: Energía eléctrica (kWh)

$\dot{W}_{entrada}$: Potencia eléctrica de entrada (kW)

t: Tiempo de uso mensual (h)

3. CASO DE ESTUDIO: VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN

Con el objetivo de verificar la funcionalidad y precisión de la herramienta desarrollada, se llevó a cabo un caso de estudio aplicado a una situación real de conservación en frío. Esta sección describe el proceso de validación a través del ingreso de datos específicos en la aplicación, el cálculo automatizado de la carga térmica y la demanda energética, y la comparación de los resultados obtenidos con una cotización comercial para una instalación en la ciudad de Santa Cruz. Asimismo, se analizan los principales aportes térmicos considerados por la herramienta y se discuten los criterios adoptados para simplificar su uso sin comprometer la exactitud del cálculo.

3.1 Datos de entrada

Para validar la herramienta desarrollada, se utilizó un caso real correspondiente a una instalación de refrigeración en la ciudad de Santa Cruz. El requerimiento consiste en conservar 3000 kg diarios de açaí a una temperatura de -5°C . Las características principales del sistema se resumen en la Tabla 4.

TABLA 4 - DATOS DEL CASO DE ESTUDIO [9]

Variable	Requerimiento
Temperatura de conservación	-5°C
Temperatura de entrada	20°C
Temperatura exterior	35°C
Flujo de producto diario	3000 kg
Material del aislante	Poliuretano
Espesor del aislante	100 mm

La herramienta consta de tres secciones principales (pestañas). En la primera, el usuario introduce datos relacionados con las dimensiones y características constructivas de la cámara frigorífica, incluyendo los materiales de cerramiento. Esta interfaz combina campos de entrada manual y listas desplegables para facilitar el ingreso de información (ver Figura 3a). Además, se incorporaron botones de navegación (“Siguiente” y “Anterior”) entre las secciones para mejorar la usabilidad. El botón “Siguiente” solo se habilita cuando todos los campos requeridos contienen valores válidos.

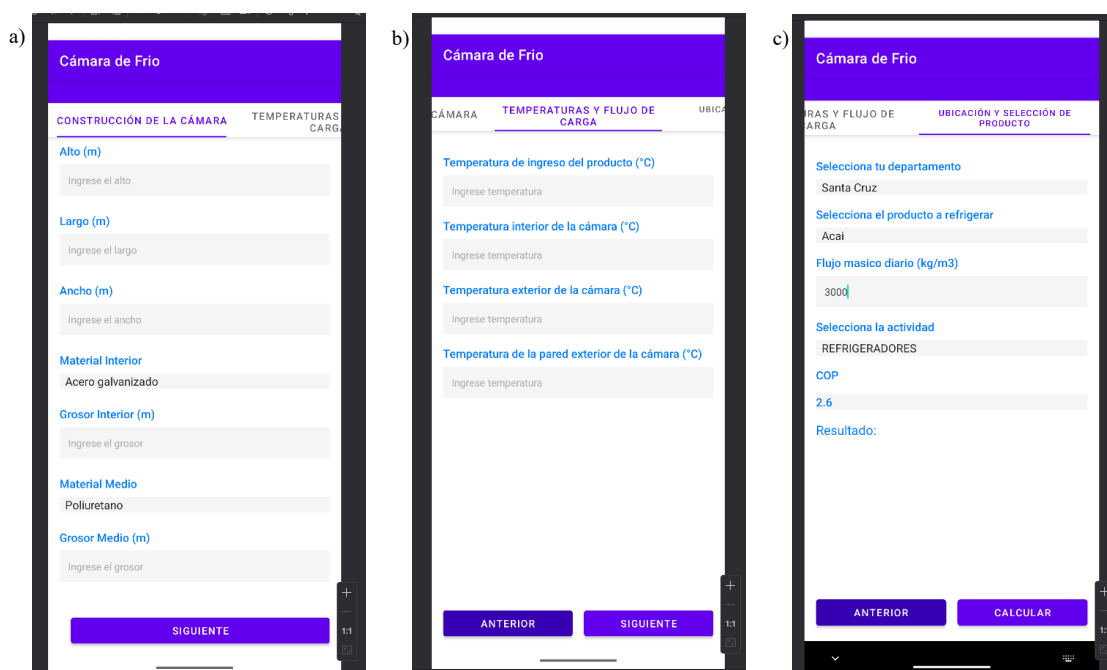


Figura 3: Datos de entrada en la aplicación: a) características de la cámara frigorífica b) parámetros térmicos, c) información del producto, ubicación y COP.

La segunda sección permite ingresar los parámetros térmicos necesarios para el cálculo, como las temperaturas internas y externas (Figura 3b). Finalmente, en la tercera sección se selecciona el departamento geográfico, el producto a

refrigerar, el flujo másico y el coeficiente de desempeño (COP) del sistema. Para este caso, se seleccionó un COP de 2.6, adecuado para una conservación a -5°C , considerando que el açaí no requiere congelación profunda (como ocurre con productos que deben almacenarse a -18°C o menos). Además, el producto ingresa a la cámara a una temperatura de 20°C , lo que implica una carga térmica moderada. La Figura 3c muestra esta sección final de la herramienta.

3.2 Cálculo de la carga térmica de refrigeración y potencia eléctrica

Una vez ingresados todos los datos y activado el botón “Calcular”, la herramienta estima la carga térmica total considerando los diferentes aportes de calor previamente descritos. A partir de esta carga, se determina la potencia frigorífica necesaria y la potencia eléctrica requerida por el compresor. Asimismo, la herramienta calcula el consumo energético del sistema de refrigeración, expresado en kWh, tanto en términos diarios como mensuales. La Figura 4 muestra los resultados obtenidos para el caso de estudio.



Figura 4: Resultados de la carga térmica de refrigeración y consumo energético.

3.3 Comparación entre los resultados de la herramienta y una cotización comercial

Según la cotización obtenida para el caso de estudio, la potencia frigorífica recomendada es de 10.5 kW. Asumiendo un coeficiente de desempeño (COP) de 2.53, se propone una potencia eléctrica de 4.15 kW. Estos resultados se presentan en la Figura 5.

Descripción				
Unidad condensadora:		UEH 0092 TAG45612	Tecumseh	Francia
Refrigerante:	R404A	Tension:	380/3 (V)	Pot. Ref: 5 hp
Pot. Frigorífica:	10.50 kw	Pot. Eléctrica:	4.15 kw	COP: 2.53
Evaporador:	DL 12 55	Cantidad:	1	Unidades
Pot. Eléctrica:	2X550 W			
Cantidad de forzadores:	2	Dímetro de aspas:	40	centímetros
Tablero eléctrico:	Electrofrío	Elitech	ECB 5080S	Brasil
Rele falta de fase:	Elitech	CP6000N		
Instalación:	Instalación de equipo, calibración, puesta en marcha y mantenimiento según inciso B			
Accesorios:	Valvulas de expansión, solenoide Danfoss-Belgica, refrigerante, acumulador, filtros y líneas de refrigeración.			

Figura 5: Cotización comercial para el caso de estudio [9].

Al comparar estos valores con los obtenidos mediante la herramienta desarrollada, se observa una alta concordancia. La herramienta estima una potencia frigorífica de 11.5 kW al considerar un factor de seguridad; sin dicho factor, el valor calculado es de 10.45 kW. En cuanto a la potencia eléctrica, se obtuvo 4.42 kW con factor de seguridad y 4.02 kW sin él. Esta similitud valida la precisión y confiabilidad del modelo de cálculo implementado.

Para estimar el consumo energético diario y mensual, se consideró un tiempo de operación de 12 horas por día. Sin embargo, según la referencia [10], este tipo de sistema puede operar hasta 16 horas diarias, lo que elevaría la demanda energética hasta aproximadamente 65.93 kWh por día. Si bien este valor puede parecer elevado, debe considerarse que el proceso involucra un salto térmico considerable. Además, al tratarse de refrigeración con cambio de fase, el calor latente representa una fracción significativa de la carga térmica total: en este caso, un 48 %. Adicionalmente, el sistema fue diseñado con un margen de sobredimensionamiento deliberado, con el objetivo de ofrecer mayor flexibilidad

operativa, prevenir sobrecargas, extender la vida útil del equipo y permitir una eventual expansión de la capacidad instalada.

En cuanto a las pérdidas por transmisión térmica, las correspondientes a cerramientos exteriores fueron consideradas despreciables debido a su bajo impacto en la carga global. En relación al calor por infiltración, no se incorporó el componente de calor latente, dado que la humedad relativa del ambiente suele ser un dato poco accesible para usuarios sin formación técnica. Además, la humedad ambiental varía considerablemente a lo largo del día, introduciendo incertidumbre en la estimación del calor latente. Por estas razones, se optó por una simplificación metodológica que mejora la usabilidad de la herramienta sin comprometer significativamente la precisión del cálculo energético.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de una aplicación para celular para el cálculo automatizado del consumo energético en cámaras frigoríficas ha demostrado ser una solución confiable para estimar tanto la potencia frigorífica como la potencia eléctrica requeridas en aplicaciones de almacenamiento en frío. Su diseño accesible y orientado al usuario facilita su uso incluso por personas sin formación especializada en ingeniería.

La validación frente a cotizaciones reales evidenció una desviación mínima respecto a propuestas profesionales, lo que respalda la precisión del modelo y su utilidad como herramienta de apoyo en las etapas iniciales de diseño. Además de permitir estimaciones energéticas preliminares, la herramienta proporciona información clave sobre los factores que más inciden en la carga térmica, lo que posibilita la identificación de oportunidades para optimizar el sistema y mejorar su eficiencia energética.

Asimismo, contar con una estimación confiable de la demanda energética diaria permite evaluar la viabilidad de integrar fuentes de energía renovable, como sistemas fotovoltaicos. Esto facilitaría el dimensionamiento adecuado de un sistema solar que cubra una parte significativa del consumo eléctrico diurno, promoviendo una operación más sostenible y económicamente eficiente.

Finalmente, se sugiere fomentar el uso de esta herramienta entre productores, cooperativas agroindustriales y pequeñas empresas del sector alimentario, particularmente en regiones donde las pérdidas post-cosecha son elevadas debido a la ausencia de sistemas de refrigeración. Para favorecer su adopción, se sugiere complementar su implementación con capacitaciones breves sobre su funcionamiento y principios básicos de refrigeración.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo tuvo el apoyo del proyecto GENERIS una iniciativa de investigación que tiene el soporte del IRDC de Canadá y que es ejecutado por la Fundación Bariloche de Argentina e IMMERSIVE SRL en Bolivia.

REFERENCIAS

- [1] J. A. Fuentes Martínez y J. M. Rodríguez Sánchez, Instalaciones frigoríficas, 6.a edición, Madrid, España: Paraninfo, 2004.
- [2] Y. A. Çengel y M. A. Boles, Termodinámica, 8.a ed. McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V., 2015.
- [3] Y. A. Çengel y A. J. Ghajar, Heat and Mass Transfer, 5.a ed. New York, NY, Estados Unidos: McGraw-Hill Education, 2011.
- [4] A. Anchundia et al., Bitácora Académica USFQ, vol. 15. Quito, Ecuador: USFQ PRESS, 2024.
- [5] E. S. Castro M., Propiedades Térmicas de los Alimentos. en Monografías sobre Ingeniería de Alimentos, no. 8. Chile: Universidad de Chile, 1986.
- [6] M. W. Zemansky, H. D. Young, y F. Weston Sears, University Physics, 8.a edición. Reading, Massachusetts, USA: Addison-Wesley, 1987.
- [7] W. F. Stoecker, Industrial Refrigeration Handbook. New York, USA: McGraw-Hill, 1998.
- [8] P. Luna Luna, «Proyecto de Quesería Industrial en el Polígono Industrial de Manzanares, Parcela 88, C/ XII, (Ciudad Real)», Universidad de Castilla La Mancha, 2005.
- [9] Electrofrío, Cotización comercial del sistema de refrigeración de 3000 kg/día de açaí, 28 de marzo, 2025.
- [10] Bohn, Manual de ingeniería, H-ENG-1 APM. México, D.F.: Frigus Bohn S.A. de C.V., 2005.