

## El Consumo Eléctrico de Sistemas de Refrigeración y su Relación con la Temperatura Ambiente: Caso en Clima Cálido Subhúmedo

Mauricio Huchin-Miss \*, Germán Escalante-Notario, Francisco Lezama-Zárraga, Miguel Jiménez-Xaman y Ana María Zunza Careno

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche. Campus V. San Francisco de Campeche, Campeche, México

\* Autor de correspondencia: [mihuchim@uacam.mx](mailto:mihuchim@uacam.mx)

### Artículo de divulgación científica

Recibido: 19 de marzo de 2026

Aceptado: 1 de junio de 2026

Publicado: 8 de junio de 2026

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v5i2.691>

**Resumen:** El presente trabajo analiza el desempeño energético de una unidad condensadora de compresor hermético de 10 HP, empleada en aplicaciones de media y alta temperatura, con tiro de aire horizontal y enfriamiento por aire, considerando las condiciones climáticas predominantes del municipio de Campeche durante el periodo 2015-2018, registradas por el observatorio meteorológico local. Este intervalo, proporciona una base de datos continua y homogénea, evitando depender de eventos atípicos o sesgos asociados con datos incompletos de otros periodos, que podrían distorsionar los resultados. Dada la relevancia de los sistemas de refrigeración para la conservación de productos en climas cálidos, resulta fundamental evaluar su consumo eléctrico bajo condiciones reales de operación. La metodología se basó en el análisis de las temperaturas registradas en dicho periodo. A partir de ello, se determinaron los intervalos de temperatura ambiente predominantes de 30 a 35 °C y de 35 a 40 °C durante los meses fuera de verano y verano respectivamente. Este análisis permitió determinar los indicadores energéticos relacionados al calor extraído por cada unidad de electricidad consumida, obteniéndose valores menos atractivos en meses de verano. Los resultados evidencian la importancia de considerar condiciones climáticas reales en la evaluación energética de equipos de refrigeración, evitando basarse exclusivamente en condiciones extremas de diseño que pueden conducir a estimaciones poco representativas del comportamiento anual del sistema.

**Palabras clave:** refrigeración, temperatura, cálido, energético, COP

### Introducción

En la zona costera del sureste mexicano las elevadas temperaturas incrementan la necesidad de sistema de refrigeración para la conservación de productos, así como para el desarrollo económico y social.

Sectores estratégicos de la región, como el turismo, la industria alimentaria y la cadena de frío, dependen directamente de la operación continua y eficiente de estos sistemas (Marchi & Zanoni, 2022).

En la ciudad de San Francisco de Campeche, las temperaturas medias anuales cercanas a 27 °C y humedades relativas superiores al 70 % (INEGI, 2021) generan una elevada demanda de enfriamiento, lo que repercute directamente en el consumo energético de las instalaciones comerciales e industriales. Bajo estas condiciones, los sistemas de refrigeración pueden representar una de las principales cargas eléctricas, especialmente en aplicaciones de media y baja temperatura. Por ello, mejorar su desempeño energético constituye una estrategia relevante para promover la sustentabilidad y reducir el impacto ambiental asociado al consumo de electricidad y a las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (May Tzuc, y otros, 2023).

En el contexto regional, las aplicaciones de conservación y/o congelación presentan una creciente demanda energética asociada al crecimiento de la infraestructura de cadena de frío y al aumento del almacenamiento refrigerado (Ramírez-León, H., et al., 2023). Esta situación ha impulsado la necesidad de desarrollar estudios orientados a evaluar el consumo eléctrico en condiciones climáticas reales de operación. Factores como la temperatura ambiente y la humedad relativa influyen significativamente en la capacidad de rechazo de calor del condensador, afectando directamente los indicadores (García Reboloso, Martínez García, Vega García, & Delgado Barbosa, 2025) relacionados con la extracción de calor por cada unidad de electricidad consumida, estos indicadores corresponden al coeficiente de desempeño (COP) y la relación de eficiencia energética (REE).

En la práctica, la selección de unidades condensadoras suele realizarse considerando temperaturas ambiente críticas. Sin embargo, este enfoque puede no representar las condiciones predominantes durante la mayor parte del año. Desde

la perspectiva de la eficiencia energética y la sustentabilidad, resulta más adecuado analizar el desempeño de los equipos considerando las condiciones climáticas predominantes del sitio de instalación.

## Desarrollo

### Análisis de temperaturas

Como resultado del análisis de información se encontró que los intervalos predominantes corresponden a  $\geq 30$  °C y  $< 35$  °C en los meses fuera de verano, así como  $\geq 35$  °C y  $< 40$  °C en meses de verano. Ante ello, el análisis clasifica la información en temporada de verano y fuera de verano como se observa en la Figura 1.

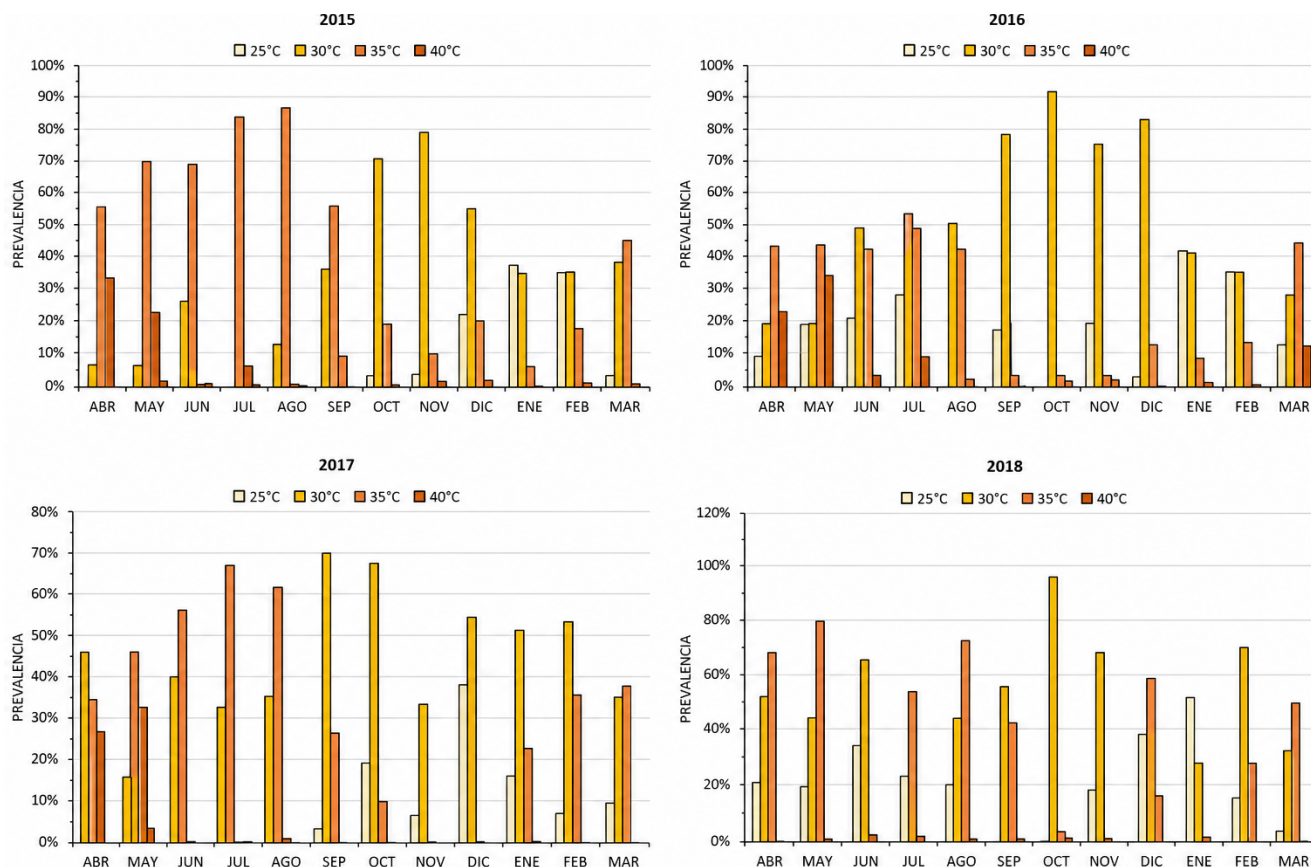


Figura 1. Temperaturas prevalecientes 2015-2018.

Durante la temporada de verano del 2015, el 71 % de las temperaturas registradas se ubicaron en el intervalo  $\geq 35$  °C y  $< 40$  °C, mientras que fuera de verano, predominó el intervalo  $\geq 30$  °C y  $< 35$  °C con un 53 %.

En el 2016, durante el verano, el 41 % de las temperaturas se ubicaron en el intervalo  $\geq 35$  °C y  $< 40$  °C, mientras que fuera de verano el intervalo  $\geq 30$  °C y  $< 35$  °C alcanzó un 60%.

Para 2017, estos valores fueron del 49 % y 50 %, respectivamente. Finalmente, en 2018, durante el verano, el 63 % de las temperaturas se ubicaron entre 35 °C y 40 °C, mientras que fuera de verano el 60 % se mantuvo entre 30 °C y 35 °C. Por lo anterior, se establece que el intervalo predominante en verano es de  $\geq 35$  °C y  $< 40$  °C, mientras que fuera de verano es de  $\geq 30$  °C y  $< 35$  °C.

### Indicadores energéticos

El análisis se realizó en una unidad condensadora de compresor hermético, con tiro de aire horizontal, potencia nominal de 10 HP, refrigerante R-404A/507 y capacidad de operación en un intervalo de temperatura de evaporación de 7.2 °C a -23.3 °C.

Tanto el COP como el REE representan el calor extraído por unidad de electricidad extraída las unidades de energía térmica eliminadas del espacio refrigerado por cada unidad de energía eléctrica consumida (Cengel & Boles, 2024). Sin embargo, el REE cuantifica el calor extraído en unidades de BTU/h (ASHRAE, 2021), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores energéticos empleados en refrigeración

Indicador	Unidad
COP	$W_{\text{térmicos}}/W_{\text{eléctricos}}$
REE	$Btu/h/W_{\text{eléctricos}}$

Ambos indicadores están relacionados con la temperatura de condensación (TC), la cual depende de la temperatura ambiente. Generalmente, la TC se encuentra entre 5 °C y 10 °C por encima de la temperatura ambiente en condiciones de operación estable (Harrington, Aye, & Fuller, 2018) pudiendo alcanzar diferencias de hasta 20 °C en condensadores enfriados por aire (De La Oliva Carmona, 2009). En consecuencia, un incremento en la temperatura ambiente genera un aumento en la TC, incrementando la potencia eléctrica requerida por el compresor, como se muestra en la Figura 2.

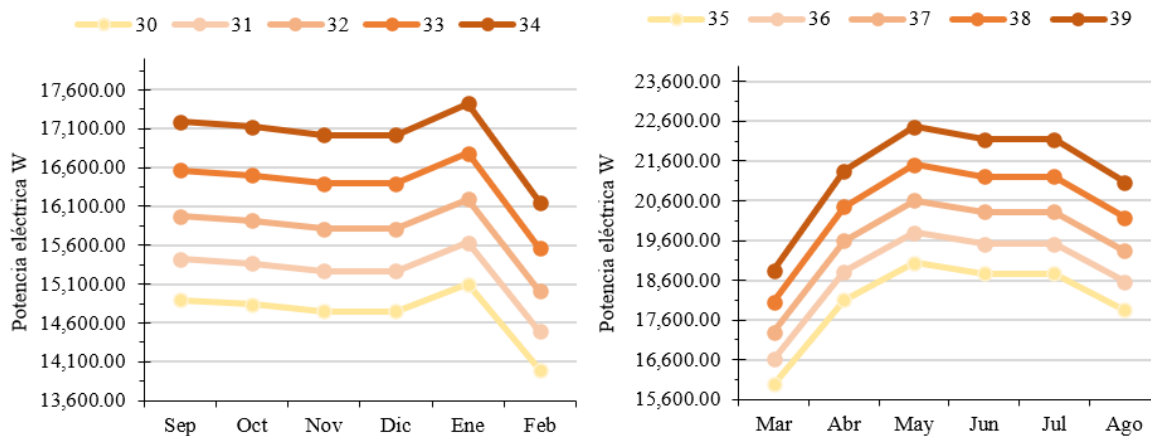


Figura 2. Potencia eléctrica estimada de acuerdo con la variación de la temperatura ambiente.

En los meses fuera de verano (Sep-Feb) se presenta un incremento en la potencia eléctrica para el mes de enero debido al aumento de la carga térmica por una mayor cantidad de producto para conservación. Para el caso de los meses de verano, se incrementa considerablemente la potencia eléctrica en comparación con los meses de septiembre a febrero, en un intervalo de un 12% a 22%.

## Resultados

Con base en los valores promedio de potencia eléctrica y carga térmica para los diferentes meses, se estimaron los indicadores COP y REE para los periodos septiembre-febrero y marzo-agosto como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Indicadores COP y REE estimados en temporada de verano y fuera de verano

MES	TA (°C)	COP	REE	MES	TA (°C)	COP	REE
SEP-FEB	30	1.41	4.82	MAR-AGO	35	1.18	4.02
	31	1.36	4.65		36	1.13	3.87
	32	1.32	4.49		37	1.09	3.71
	33	1.27	4.33		38	1.04	3.56
	34	1.22	4.18		39	1.00	3.41

Los resultados indican que los valores más altos de COP y REE se presentan en los meses con temperaturas entre 30 °C y 35 °C, mientras que los valores más bajos corresponden a temperaturas entre 35 °C y 40 °C. En el mejor de los casos, el sistema elimina aproximadamente 1.4 unidades de energía térmica por cada unidad de energía eléctrica consumida, mientras que en condiciones más exigentes esta relación se reduce a cerca de 1.

Con fines de obtener un valor representativo de COP y REE, se obtuvo una media de los valores señalados en la Tabla 2 para verano y fuera de verano, los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores medios de COP y REE por temporada

Mes	Intervalo de temp. Predominante °C	COP promedio	REE promedio
SEP-FEB	≥30 °C y <35 °C	1.32	4.5
MAR-AGO	≥35 °C y <40 °C	1.09	3.71

Esto significa que el valor de COP indica que el sistema logra extraer 1.32 unidades de calor por cada unidad de electricidad consumida en los meses fuera de verano, mientras que en verano solo puede extraer en promedio 1.09.

## Conclusiones

Los resultados demuestran que el desempeño energético del sistema está fuertemente influenciado por las condiciones térmicas del entorno, es decir, el incremento de la temperatura ambiente ocasiona un mayor consumo eléctrico del compresor debido al incremento de la temperatura de condensación. Por lo anterior, en los meses de verano la eficiencia del sistema es menor en comparación con los meses fuera de verano como se señala en la Tabla 3.

Ante ello, es importante que la selección de equipos para sistemas de refrigeración considere las condiciones climáticas reales del sitio de instalación, evitando basarse exclusivamente en valores extremos de temperatura que ocasionarán un mayor consumo eléctrico. De igual forma es importante limitar los incrementos de la temperatura de condensación mediante acciones de mantenimiento preventivo, así como evitar la recirculación de aire caliente por los condensadores respetando las distancias de separación entre cada una y entre muros u objetos que pueden bloquear la expulsión del aire caliente.

## Bibliografía

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2021). *ASHRAE handbook: Refrigeration*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2024). *Thermodynamics: An engineering approach*. McGraw-Hill.
- De La Oliva Carmona, J. F. (2009). Temperatura y presión de condensación. En J. F. De La Oliva Carmona, *Guía práctica: Selección de los elementos de una instalación frigorífica* (pp. 6–8). CSIF.
- García Reboloso, M. E., Martínez García, T., Vega García, K., & Delgado Barbosa, R. A. (2025). Mejorar el sistema de refrigeración para que no congele el tanque de agua: Optimización de componentes para la eficiencia energética y calidad en refrigeradores domésticos. *Multidisciplinarias de la Ingeniería*, 156–169. <https://doi.org/10.29105/mdi.v13i22.347>
- Harrington, L., Aye, L., & Fuller, B. (2018). Impact of room temperature on energy consumption of household refrigerator: Lessons from analysis of field and laboratory data. *Applied Energy*, 211, 346–357. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.060>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Anuario estadístico y geográfico de Campeche*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Marchi, B., & Zanoni, S. (2022). Cold chain energy analysis for sustainable food and beverage supply. *Sustainability*, 14(18), 11137. <https://doi.org/10.3390/su141811137>
- May Tzuc, O., Jiménez Torres, M., Cruz y Cruz, A., Canul Turriza, R., Andrade Durán, J., & Noh Pat, F. (2023). Viabilidad del modelo de confort térmico adaptativo bajo condiciones de clima cálido subhúmedo: Ahorro energético en refrigeración en Campeche, México. *Habitat Sustentable*, 13(1), 120–131. <https://doi.org/10.22320/07190700.2023.13.01.10>
- Ramírez León, H., González Carmona, M. A., Jiménez Cabas, J., Escorcia Gutiérrez, J., & Bula, A. (2023). Experimental air conditioning energy evaluation under Caribbean climate conditions. *Heliyon*, 9(3), e14464. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14464>.