

Influencia de la actual coyuntura energética sobre las rentabilidades de los sistemas de refrigeración de gas natural y de compresión mecánica

Lesme A. Corredor M.,* Cristian Noriega Saltarín,** Alvaro Mestra,**
Jovanny Pacheco**

Resumen

En este artículo se plantea que ante la actual coyuntura energética nacional, los sistemas de refrigeración por absorción con quemado directo de gas natural pueden llegar a ser poco competitivos con respecto a los equipos de compresión mecánica de igual capacidad, en aquellas instalaciones con consumos térmicos superiores a las 100 TR y demandas eléctricas por encima de los 500 Kw promedio (Usuarios NO REGULADOS a partir de enero de 1998 según la CREG⁽¹⁾).

Palabras claves: Refrigeración, acondicionamiento de aire, gas natural, compresores, bolsa de energía, absorción, energía eléctrica.

Abstract

In this paper the authors establish that, at the same capacity level, the refrigeration system using natural gas direct fire may not be competitive with mechanical compression equipments, in installations with thermal capacity above 100TR and peak demand power superior to an average of 500KW. This study was made taking into account the policies of the Colombian unregulated market electrical energy (CREG).

Key Words: Refrigeration, air conditioning, natural gas, compressors, energy market, absorption, electrical energy.

Fecha de recepción: Septiembre 15 de 1998

LISTA DE ABREVIATURAS

COP	= Coeficiente de operación	TE.	= Toneladas de refrigeración
CEE	= Consumo energía eléctrica	CGN	= Consumo gas natural
HR	= Humedad relativa	NM ³	= Metros cúbicos normales(Iso)
kw	= Kilovatio		

* Ingeniero Mecánico de la Universidad del Norte. Ph.D. (c) en Ingeniería Mecánica. Director del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte.

(Dirección: lcorredo@guayacan.uninorte.edu.co)

** Ingenieros Mecánicos de la Universidad del Norte. Miembros del Grupo de Investigación en Uso Racional de la Energía y Preservación del Medio Ambiente. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad del Norte.

1. Introducción

Los equipos de refrigeración empleados tradicionalmente en la industria (alimentos, química, petrolera,..) son de **compresión mecánica**, los cuales generalmente son accionados por motores eléctricos y, en menor proporción, por

turbinas de vapor, turbinas de gas y motores alternativos. Este hecho hace a estos sistemas muy versátiles. Sin embargo, con la crisis del petróleo de los años setenta y comienzo de los ochenta se recobró el interés por los sistemas comúnmente conocidos como de **absorción**,^{(2), (3)} tan antiguos o más que los primeros. Este auge se debió principalmente al significativo ahorro de energía que se podía conseguir con ellos, especialmente en procesos en los cuales era factible aprovechar calor residual o de desecho. Los japoneses y los alemanes han sido quienes más han investigado y mejorado estos sistemas a partir de la mencionada crisis. De otro lado, los diseños de los equipos de comprensión mecánica han sido modificados para adaptarlos a los nuevos refrigerantes "inocuos" para la capa de ozono. Todo ello ha significado una investigación continua por parte de los fabricantes, lo que ha contribuido de forma indirecta a mejorar sus rendimientos térmicos (COP).

A diferencia de los de compresión, los sistemas de absorción sólo utilizan energía eléctrica o mecánica para accionar las bombas de solución y dispositivos auxiliares, ya que su principio de funcionamiento se basa en el aprovechamiento del "frío" resultante de la vaporización de una sustancia a presiones de vacío mediante la adición continua de calor, lo cual puede lograrse de muy diversas formas; por ejemplo: mediante vapor, agua caliente, gases calientes de combustión, etc.

Las aplicaciones comerciales e indus-

triales de los sistemas de absorción están divididas en dos grandes bloques: Las de "alta temperatura," que corresponden en su gran mayoría a instalaciones de aire acondicionado (comúnmente utilizan bromuro de litio-agua), y las de "baja temperatura" (generalmente usan soluciones de amoniaco- agua). Existe gran variedad de sustancias que pueden ser útiles para los mismos fines, pero no son objeto de este estudio debido a su poca difusión.

En este primer informe se hace una comparación entre un acondicionador de aire por absorción con quemado directo de gas natural con capacidad de refrigeración de 100 T.R. (1.200.000 Btu/hora) ubicado en la biblioteca de la Universidad del Norte, y uno de compresión mecánica, cuyo fluido de trabajo es refrigerante 22 (o su sustituto ecológico), con la misma capacidad, empleando un compresor de tornillo,^{(4),(7)} con un consumo de potencia nominal de 90 Kw.

Para poder establecer un paralelo real entre estos sistemas partiremos de las siguientes hipótesis :

- No existe acumulación de "frío".
- No existe deshumidificación previa del aire.
- La instalación eléctrica existente es capaz de soportar la demanda del compresor y sus componentes auxiliares.
- La acometida de gas no implica grandes costos.
- Los dos sistemas pueden utilizar la

misma red de agua fría.

- El compresor sólo funciona durante el horario de oficinas (10 horas).

Esta comparación se realiza teniendo en cuenta que el equipo de refrigeración por absorción con llama directa debe mantenerse operando las 24 horas del día⁽⁵⁾ para disminuir los esfuerzos térmicos, los cuales conducirían a averías prematuras del equipo y, por ende, se producirá una reducción considerable de su vida útil. Los de compresión mecánica en cambio, sólo consumen energía durante el horario de trabajo del edificio en cuestión.

2. Costos de operación de los equipos

Las condiciones de confort recomendadas en recintos acondicionados son 22 °C y 50% Hr⁽⁶⁾. El consumo eléctrico promedio de un compresor de tornillo⁽⁴⁾ con refrigerante 22, con un requerimiento de refrigeración de 100 Tr', es aproximadamente de 90 Kw, para una temperatura de condensación de 35 °C y de evaporación de 5°C (tabla 1).

Según los grandes comercializadores de energía eléctrica, el ahorro que puede conseguir un usuario al entrar al mercado mayorista es como mínimo del 30% de su facturación actual, que para el caso que nos ocupa, el valor del Kw-H fluctúa alrededor de los \$92.63.

Los costos por año en consumo de energía de cada equipo se presentan en la tabla siguiente:

CEE Kwh(mensuales) * \$/ Kwh

Tabla 1. Capacidades para compresores de tornillo MyCOM® corregida⁽⁷⁾

R- 22	
TR	KW
11	10
23.0	22
45.3	40
66.9	60
102.7	90
136.4	120
206.8	180

CGN = $\sum(NM^3 * \$/NM^3)$ de los diferentes rangos de consumo.

De la tabla 2 y el gráfico 1 se deduce que para un **usuario no regulado** resulta económicamente poco atractivo invertir en sistemas de refrigeración por absorción con quemado directo de gas natural cuando se tiene en cuenta sólo el **Rubro Energético**, ya que el costo de éstos para una capacidad térmica dada (en TRs) es muy superior a uno similar de compresión mecánica. Además, estos últimos son más flexibles en cuanto a regulación, mantenimiento y enfriamientos a distintas temperaturas.

Para poder lograr una comparación más cercana a la realidad deben contemplarse no sólo los costos de operación sino los de mantenimiento e instalación.

Tabla 2. Comparación de costos de operación Absorción vs Compresión mecánica

Mes	Gas nat. m ³	Costo (\$)	Consumo eléct. (kwh)	Costo (\$)
Enero	5,847	789,345.00	10,518	974,282.34
Febrero	9,765	1,318,275.00	18,752	1,736,997.76
Marzo	10,230	1,381,050.00	19,608	1,816,289.04
Abril	8,556	1,155,060.00	19,293	1,787,110.59
Mayo	13,764	1,858,140.00	26,375	2,443,116.25
Junio	13,857	1,870,695.00	26,563	2,460,530.69
Julio	10,881	1,468,935.00	20,856	1,931,891.28
Agosto	9,300	1,255,500.00	17,825	1,651,129.75
Septiembre	9,486	1,280,610.00	18,184	1,684,383.92
Octubre	9,533	1,286,887.50	18,272	1,692,535.36
Noviembre	9,207	1,242,945.00	17,647	1,634,641.61
Diciembre	7,440	1,004,400.00	14,261	1,320,996.43
Total anual		15,911,842.50		21,133,905.02

Tabla 3. Comparación de costos y ventajas

	Compresión mecánica	Absorción
OPERACIÓN	↑	↓
MANTENIMIENTO	↓	↑
INSTALACIÓN	↓	↑
DISPONIBILIDAD	↑	↓

En la tabla 3 se muestra un resumen comparativo de los diversos costos y ventajas que presentan cada uno de estos equipos.

3. Optimizar el costo de la energía eléctrica

El mercado mayorista de la energía eléc-

trica en Colombia ha representado no sólo una mejora al sector sino también aumento en la competitividad⁽⁸⁾ de los productos de aquellas compañías que pueden acceder a él. Éste, como todos los mercados en sus inicios, ha presentado considerables variaciones en el precio, hora a hora, día a día y mes a mes. Esta condición ha comenzado a cambiar

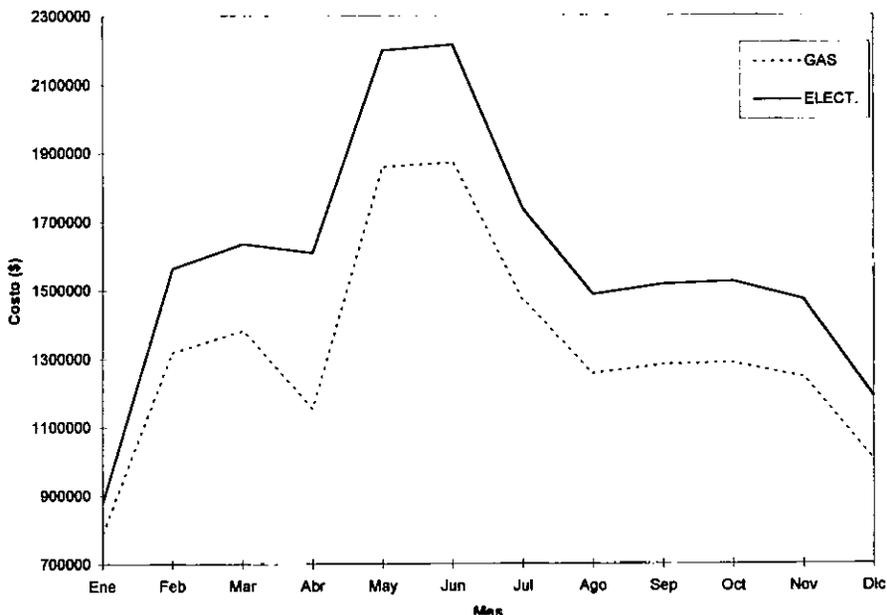


Gráfico1. Comparación de costos de operación de sistemas de Absorción vs Compresión mecánica

en los últimos meses, dado que ya empiezan a notarse indicios que permiten presuponer madurez en el mercado de energía eléctrica.

4. Medio ambiente y aprovechamiento de combustibles

Tradicionalmente en Colombia la distribución porcentual de la generación eléctrica ha sido del 80 para la hidráulica y del 20 para la obtenida con combustibles fósiles, en contraposición con países como Inglaterra.⁽⁹⁾ Sin embargo, esta tendencia ha cambiado ligeramente a raíz de la creación de la bolsa de energía (en 1996 fue 17% térmica y 83% hidráulica), en contraste con el montaje de

nuevos proyectos termoeléctricos a partir de 1992.

Por todo lo expuesto, en un país como el nuestro resulta más "conveniente" para el medio ambiente consumir energía eléctrica que térmica (gas natural) en sistemas de refrigeración y/o acondicionamiento de aire.

Las soluciones refrigerantes con mayor difusión en los sistemas de absorción son: Bromuro de litio-agua (acondicionamiento de aire) y amoníaco-agua (refrigeración), los cuales son "inocuos" para la capa de ozono, a diferencia de los clorofluorocarbonados propios de los equipos de compresión mecánica.

5. Conclusiones

La utilización de un sistema de refrigeración por absorción por quemado directo de gas natural sólo será rentable en la medida en que se emplee su capacidad durante períodos de trabajo cercanos a las 24 horas del día.

El nuevo esquema tarifario del sector eléctrico colombiano ha hecho que los períodos de retornos de la inversión de un equipo de refrigeración por absorción puedan llegar a ser muy largos .

El implementar la "acumulación" de frío mediante bancos de hielo permitirá obtener reducciones substanciales en la facturación eléctrica, puesto que se podrán desplazar los consumos hacia horarios no pico y "suavizar" la demanda de potencia. Esto, lógicamente, hará mucho más competitivo al equipo de compresión mecánica. Esta interesante alternativa será expuesta en un próximo informe.

La flexibilidad de los equipos de compresión mecánica se puede aprovechar en aquellas instalaciones que tienen requerimientos tanto de acondicionamiento de aire como de refrigeración. Esta prometedora configuración será detallada en un próximo artículo.

Referencias

- (1) MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución CREG-009, 1994.
- (2) Memorias del seminario sobre Refrigeración por absorción. Trane Española. Madrid, septiembre de 1994.
- (3) ASHRAE *Handbook Fundamentals*. 1985, pp 1.22-1.26, Atlanta.
- (4) Catálogo de Compresores de Tornillo MYCOM. Tokio, 1990.
- (5) Catálogo de Máquinas de Refrigeración por Absorción. SANYO. Tokio, 1996.
- (6) *Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado (ARI)*. México, Prentice-Hall, 1987.
- (7) ROLFMAN, Lennart y WIHLBORG, Sven. Regulación de compresores de tornillo en instalaciones de refrigeración variando la velocidad. Revista *ABB*, abril 1996.
- (8) A & CEN S.A. Administración del precio de la electricidad. *Mundo Eléctrico Colombiano*, p. 74-75, junio 1997.
- (9) TOZER, Robert. Operating Comparison of Absorption and Centrifugal Chillers. *ASHRAE Journal*, octubre 1994.