

# **ANALISIS EXPERIMENTAL DEL REFRIGERANTE R134a EN EL BANCO DE REFRIGERACION DEL LABORATORIO DE CONVERSION DE ENERGIA.**

*Néstor Bolaños Anzules<sup>1</sup>, Angel Vargas Zuñiga<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Ing. Mecánico 1999*

*<sup>2</sup> Director de Tesis, Ing. Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1974, Post Grado en Francia, Instituto Francés de Refrigeración Industrial, Profesor de la ESPOL desde 1974.*

## **RESUMEN**

*El equipo o banco de refrigeración existente en el Laboratorio de Conversión de Energía de la Facultad de Ingeniería Mecánica será rehabilitado y puesto en funcionamiento.*

*Luego de ser rehabilitado se realizarán pruebas con el refrigerante R12 para el cálculo de los diferentes parámetros del ciclo de compresión mecánica, tales como la Potencia Frigorífica, Flujo másico, Potencia Calorífica, Coeficiente de Performance, entre los más importantes.*

*Posteriormente se reemplazará el refrigerante original R12 por su equivalente ecológico el R134a el cual no afecta la capa de ozono. Una vez rehabilitado el equipo y hecho el cambio de refrigerante se realizarán las mismas pruebas del párrafo anterior y se calcularán los mismos parámetros pero ahora con el nuevo refrigerante. Esto es, para comparar los resultados obtenidos y analizar cual de los refrigerantes es más eficiente.*

*Finalmente se elaborará una guía experimental para que los estudiantes puedan realizar las prácticas de laboratorio, siguiendo un procedimiento adecuado para la obtención de los parámetros requeridos.*

## **INTRODUCCION**

*La teoría de la disminución de la capa de ozono fue propuesta a mediados de los años 70's. La Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio (NASA) volaron a la estratosfera sobre los círculos de la Antártida y del Artico, encontrando residuos de CFC donde la capa de ozono fue dañada.*

*La disminución de la capa de ozono se ha venido incrementado a lo largo del tiempo, esto ha propinado investigaciones de algunos productores de refrigerantes, es así que la Dupont encontró que los refrigerantes CFC's (Clorofluorocarbonos) son los que atacan la capa de ozono, la disminución de esta capa repercute directamente en la tierra debido a que produce el calentamiento de la misma.*

*Debido a los problemas descritos es que en todo el mundo se han implementado leyes que prohíben la producción de refrigerantes no ecológicos, así como también se están realizando los cambios de refrigerantes de equipos de refrigeración y aire acondicionado de su original por su equivalente ecológico.*

*Basándonos en este problema es que además de rehabilitar el equipo de refrigeración procederemos a realizar el cambio de refrigerante según lo indicado en el párrafo anterior.*

## **CONTENIDO**

### **Resultados**

#### ***ANALISIS EN CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS CON EL REFRIGERANTE R134a***

	VALVULA GRANDE		
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja
Capacidad Frigorífica ( $Q_f$ ) Kcal/h	1,880.00	1,273.40	727.30
Flujo Másico ( $m_r$ ) Kg/h	43.17	29.00	16.55
Caudal Volumétrico ( $V_r$ ) m <sup>3</sup> /h	2.74	1.84	1.05
Producción Frig. Volumétrico ( $q_u$ ) Kcal/m <sup>3</sup>	680.25	682.45	686.01
Pot. Caloríf. Condensador ( $Q_c$ ) Kcal/h	1,680.00	1,126.67	643.88
Caudal Volumét. Válv. Expansión ( $V_{re}$ ) m <sup>3</sup> /h	0.037	0.025	0.014
Potencia del Compresor ( $P_m$ ) Kcal/h	282.00	213.00	146.63
Potencia Frigorífica específica ( $K_f$ )	6.50	5.90	4.96

	VALVULA PEQUEÑA		
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja
Capacidad Frigorífica ( $Q_f$ ) Kcal/h	1,120.00	951.58	483.21
Flujo Másico ( $m_r$ ) Kg/h	24.68	21.05	10.66
Caudal Volumétrico ( $V_r$ ) m3/h	2.07	1.77	0.92
Producción Frig. Volumétrico ( $q_u$ ) Kcal/m3	534.76	532.64	520.28
Pot. Caloríf. Condensador ( $Q_c$ ) Kcal/h	942.10	809.13	415.00
Caudal Volumét. Válv. Expansión ( $V_{re}$ ) m3/h	0.021	0.018	0.009
Potencia del Compresor ( $P_m$ ) Kcal/h	207.00	195.00	107.69
Potencia Frigorifica especifica ( $K_f$ )	5.40	4.80	4.48

	CAPILAR		
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja
Capacidad Frigorífica ( $Q_f$ ) Kcal/h	743.41	314.71	240.66
Flujo Másico ( $m_r$ ) Kg/h	15.76	6.63	5.02
Caudal Volumétrico ( $V_r$ ) m3/h	2.05	0.86	0.94
Producción Frig. Volumétrico ( $q_u$ ) Kcal/m3	360.92	362.73	251.89
Pot. Caloríf. Condensador ( $Q_c$ ) Kcal/h	628.64	260.86	196.27
Caudal Volumét. Válv. Expansión ( $V_{re}$ ) m3/h	0.013	0.005	0.004
Potencia del Compresor ( $P_m$ ) Kcal/h	155.99	71.54	58.68
Potencia Frigorifica especifica ( $K_f$ )	4.76	4.30	4.10

**CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS  
REALIZADAS CON EL REFRIGERANTE R12**

	VALVULA GRANDE		
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja
Capacidad Frigorífica ( $Q_f$ ) Kcal/h	2,271.79	1,602.53	720.08
Flujo Másico ( $m_r$ ) Kg/h	64.09	45.00	20.18
Caudal Volumétrico ( $V_r$ ) m3/h	3.07	2.16	0.97
Producción Frig. Volumétrico ( $q_u$ ) Kcal/m3	378.17	741.98	738.00
Pot. Caloríf. Condensador ( $Q_c$ ) Kcal/h	2,489.15	1,761.47	1,050.11
Caudal Volumét. Válv. Expansión ( $V_{re}$ ) m3/h	0.114	0.085	0.037
Potencia del Compresor ( $P_m$ ) Kcal/h	470.00	366.87	181.00
Potencia Frigorifica especifica ( $K_f$ )	4.80	4.30	3.90

	VALVULA PEQUEÑA		
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja
Capacidad Frigorífica ( $Q_f$ ) Kcal/h	1,107.79	941.66	480.23
Flujo Másico ( $m_r$ ) Kg/h	33.00	28.09	14.45
Caudal Volumétrico ( $V_r$ ) m3/h	1.14	0.97	0.50
Producción Frig. Volumétrico ( $q_u$ ) Kcal/m3	965.41	968.52	964.77
Pot. Caloríf. Condensador ( $Q_c$ ) Kcal/h	1,204.57	1,029.46	531.74
Caudal Volumét. Válv. Expansión ( $V_{re}$ ) m3/h	0.058	0.050	0.026
Potencia del Compresor ( $P_m$ ) Kcal/h	239,15	226.19	128.00
Potencia Frigorifica especifica ( $K_f$ )	4.63	4.10	3.80

	CAPILAR		
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja
Capacidad Frigorífica ( $Q_f$ ) Kcal/h	1,107.79	941.66	480.23
Flujo Másico ( $m_r$ ) Kg/h	31.36	26.72	13.63
Caudal Volumétrico ( $V_r$ ) m <sup>3</sup> /h	0.81	0.69	0.36
Producción Frig. Volumétrico ( $q_u$ ) Kcal/m <sup>3</sup>	1,361.04	1,353.23	1,353.23
Pot. Caloríf. Condensador ( $Q_c$ ) Kcal/h	1,025.48	1,003.99	515.09
Caudal Volumét. Válv. Expansión ( $V_{re}$ ) m <sup>3</sup> /h	0.056	0.047	0.024
Potencia del Compresor ( $P_m$ ) Kcal/h	224.50	212.60	119.31
Potencia Frigorífica específica ( $K_f$ )	4.90	4.40	4.00

***CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LOS REFRIGERANTES R12 Y R134a REALIZADAS CON LA VALVULA DE MAYOR CAPACIDAD A LA MAS ALTA VELOCIDAD***

	VALVULA GRANDE	
	R12	R134a
Capacidad Frigorífica ( $Q_f$ ) Kcal/h	2,271.79	1,880.00
Flujo Másico ( $m_r$ ) Kg/h	64.09	43.17
Caudal Volumétrico ( $V_r$ ) m <sup>3</sup> /h	3.07	2.74
Producción Frig. Volumétrico ( $q_u$ ) Kcal/m <sup>3</sup>	378.17	680.25
Pot. Caloríf. Condensador ( $Q_c$ ) Kcal/h	2,489.15	1,680.00
Caudal Volumét. Válv. Expansión ( $V_{re}$ ) m <sup>3</sup> /h	0.114	0.037
Potencia del Compresor ( $P_m$ ) Kcal/h	470.00	282.00
Potencia Frigorífica específica ( $K_f$ )	4.80	6.50

## CONCLUSIONES

*De acuerdo a lo planificado en este trabajo primeramente se alcanzó el objetivo de habilitar completamente el equipo, el mismo que funciona correctamente con los 3 dispositivos de expansión termostática, se calibró sus manómetros y se colocó termómetros nuevos, los cuales nos dan lecturas correctas para poder calcular los parámetros requeridos para constatar la capacidad y eficiencia del equipo.*

*Cabe indicar que una vez rehabilitado el equipo se hicieron pruebas con el refrigerante original R12 para poder tomar los datos y calcular los diferentes parámetros para así poder hacer la comparación con los resultados obtenidos con el nuevo refrigerante.*

*Se realizó el cambio de refrigerante, del R12 por el R134a, se siguió el procedimiento recomendado por el fabricante (Dupont), además se cambió el aceite del compresor y el filtro deshidratador, el equipo quedó listo para efectuar las pruebas requeridas.*

*Se debe dejar aclarado que para ejecutar dichas pruebas, se tuvo que implementar en el laboratorio un Medidor de Caudal (Caudalímetro), esto es para poder calcular el flujo de aire que pasa a través del Evaporador y Condensador. En caso de no disponer de medidor de caudal se podría también hacerlo con un Medidor de Velocidad (Velocímetro), con el cual podemos medir las diferentes velocidades de aire que proporcionan los moto-ventiladores y que atraviesan los intercambiadores del equipo, para luego multiplicar por el área de los mismos y obtener así el caudal requerido.*

*En nuestro trabajo tuvimos que hacer uso de un Psicrómetro para medir la temperatura de entrada y salida del aire a través del evaporador del equipo así como la humedad relativa, sin embargo actualmente no existe este aparato en la Facultad por lo que sería recomendable adquirirlo.*

*Para poder considerar mucho más experimental y educativo al equipo donado, éste debió haber tenido instalado un Rotámetro en su sistema, esto se debe a la necesidad de conocer el flujo de refrigerante circulante por él. El cálculo del flujo másico de refrigerante fue la primera incógnita presentada debido a que no teníamos la Potencia Frigorífica del equipo, es decir, teníamos dos interrogantes en la misma ecuación. Basándonos en éste inconveniente es que se planteó la hipótesis de que el calor cedido por el refrigerante es igual al ganado por el aire, luego de lo cual pudimos calcular el*

*flujo de refrigerante en el sistema y obtuvimos los parámetros de refrigeración a calcular, asumiendo la inexistencia de pérdidas caloríficas.*

*Además se elaboró la Guía de Laboratorio para que los estudiantes de la Facultad conozcan el funcionamiento del equipo, el procedimiento para su encendido, la toma de los datos requeridos y finalmente los parámetros estudiados principalmente en Termodinámica y Refrigeración. Como el equipo se encuentra sin Rotámetro, lo único que podemos calcular es el Efecto Refrigerante, los demás parámetros se podrían calcular siempre y cuando se parta de que el flujo másico de refrigerante o la Potencia Frigorífica son las obtenidas en este trabajo.*

*De los resultados obtenidos vemos que la eficiencia del refrigerante R134a es levemente mayor que la del equipo cuando funcionaba con el R12, esto se debe a que cuando se hizo el cambio de refrigerante se limpió de muy buena manera el compresor, las tuberías y se cambió el filtro, es decir, el vacío aplicado estuvo en el tiempo correcto.*

*Hay que dejar constancia de que como los datos fueron tomados de equipos de medición no digitales, se pudo haber incurrido en errores de medición que hayan variado en algún porcentaje el valor de los parámetros obtenidos, además en dicho cálculo se utilizaron datos de entalpías tomados de diagramas en escalas no muy ampliadas lo que también contribuye a errores involuntarios de toma de datos y consecuentemente de resultados.*

## **REFERENCIAS**

1. *BOTERO CAMILO, Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado, Cámara Nacional de Industria Editorial, 1987, 1<sup>ra</sup> Edición, Cap. #8, Mexico D.F*
2. *DUPONT PUBLICACIONES, Propiedades de Refrigerantes "SUVA" ER-8-SP, boletín de muestras, Estados Unidos*
3. *FAIRIS VIRGIL / SIMMANG CLIFFORD, Termodinámica de Fairis, Noriega Editores, 1990, 1<sup>ra</sup> Edición, Mexico D.F*
4. *INCROPERA FRANK / DE WITT DAVID, Fundamentos de Transferencia de Calor y Masa, Wiley, 1990, 3<sup>ra</sup> Edición, Tabla A4 Propiedades de los gases, New York – Estados Unidos.*

5. *PITA G. EDWARD, Principios y Sistemas de refrigeración, Edit. Linusa, 1991, 1ª Edición, , Cap.# 3, Cap.# 4, México D.F.*
6. *SICON, Boletín Técnico FIC FRIO, 1993.*
7. *VARGAS ZUÑIGA ANGEL, Curso Básico de Refrigeración, Editorial Series VZ, 1974, 5ta. Reimpresión, Cap. #6, Guayaquil - Ecuador*
8. *VARGAS ZUÑIGA ANGEL, Istalaciones Frigoríficas para buques pesqueros, Editorial Series VZ, 1990, 2<sup>da</sup> Edición, Cap. # 1, Guayaquil - Ecuador*

**NESTOR BOLAÑOS ANZULES**  
**C. I # 0913008017**

**ING. ANGEL VARGAS ZUÑIGA**  
**DIRECTOR DE TESIS**