

2017

COMPARATIVA DE NUEVOS GASES ECOLÓGICOS



JOSE LUIS URIBE-ECHEBARRIA
JAVIER MARTINEZ DE ILARDUYA
ANARTZ ITURRIOTZ
LEIRE LONBIDE INTXAUSTI
FRINSA S.L.
19-1-2017

1. INTRODUCCIÓN

El Objeto del estudio es dotar de una herramienta tanto a Instaladores y Mantenedores, como Proyectistas y Distribuidores de gases refrigerantes, para poder elegir el refrigerante más adecuado a sus necesidades, debido a la gran cantidad de nuevos gases que han aparecido en el mercado. Hay que mencionar que este trabajo se ha realizado dentro del programa TKgune del Gobierno Vasco.

TKgune es una Red de Innovación, Transferencia de Tecnología y Desarrollo Competitivo de las empresas para la implantación y mejora de la tecnología, desarrollando una oferta especializada, que incluye formación avanzada y servicios técnicos de valor añadido en el ámbito de proyectos de I+D+i, para el desarrollo de dinámicas de innovación y mejora continua de los procesos y productos clave de las PYMEs, que les ayude a acceder a mercados emergentes y de alto valor añadido.

En **TKgune** participan centros de Formación Profesional con la colaboración del Gobierno Vasco. **TKgune** se articula en cinco **ENTORNOS ESTRATÉGICOS**, los cuales abarcan los siguientes ámbitos tecnológicos: **Automatización, Energía, Automoción, Fabricación e Industrias Creativas.**

A través de la red de centros y profesorado de Formación Profesional del entorno de ENERGÍA en el que participa el Centro Integrado de Formación Profesional de Construcción y Eficiencia Energética de Vitoria, Eraiken CIFP Construcción LHII., ofrecemos la posibilidad de asistencia en la implantación y/o mejora de nuevos procesos de trabajo. La empresa dispondrá así de tutorización personalizada de nuestros profesionales, como la posibilidad de utilizar nuestra red de centros como banco de pruebas, previo a la implantación del proceso productivo.

Por iniciativa de la empresa FRINSA S.L., el centro ERAIKEN ha realizado este proyecto que consiste en analizar cómo se comportan los nuevos gases refrigerantes, entre los que se encuentran los nuevos refrigerantes ecológicos, destinados a sustituir los que se utilizan actualmente, en instalaciones tradicionales de climatización, conservación y congelación.

Como es sabido, no podemos hablar de un gas ideal que encaje en todo tipo de instalaciones. Por ello, es necesario estudiar cada caso particular, las condiciones de aplicación, teniendo en cuenta que tenemos que conseguir la máxima eficiencia energética, cumpliendo la normativa medioambiental, sin perjudicar el rendimiento de la instalación y siendo viable económicamente.

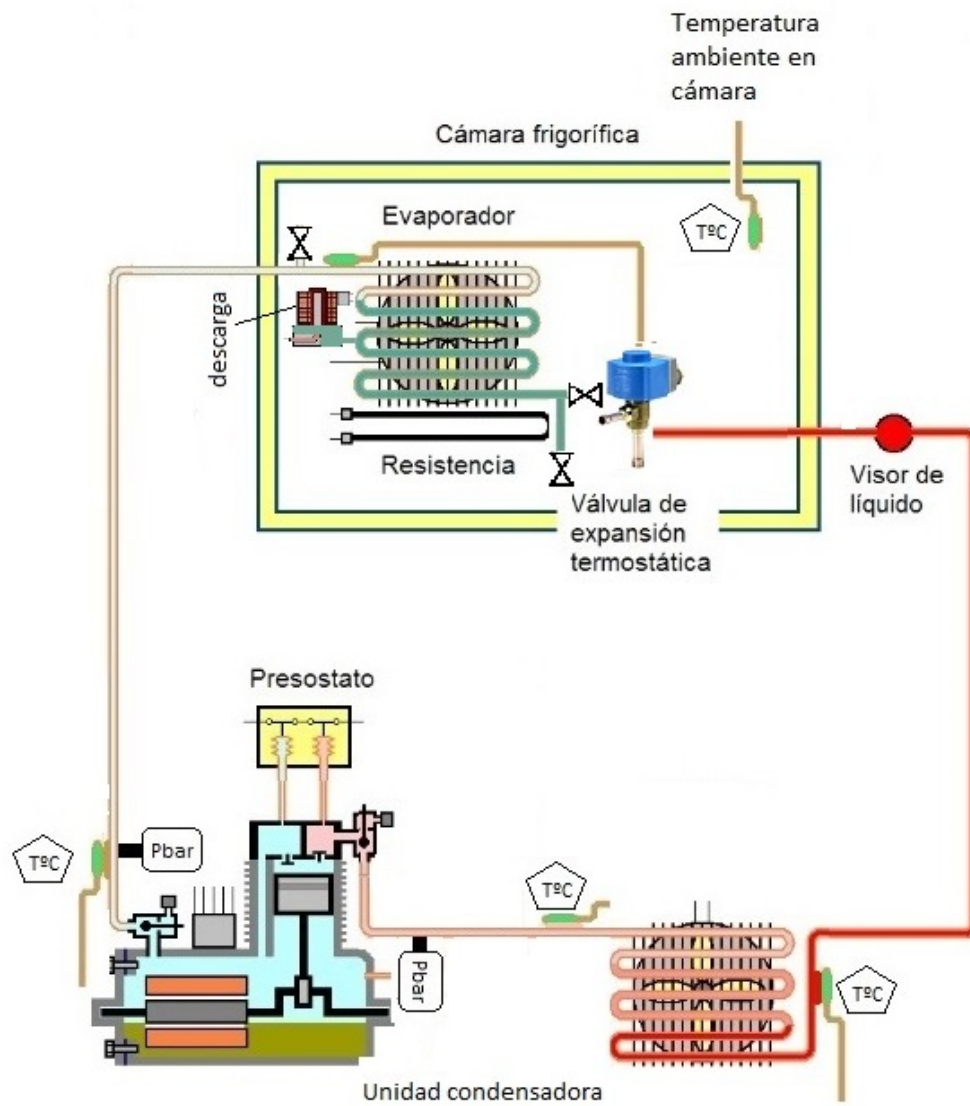
Este escenario obliga a proyectistas e instaladores, sobretodo, sin olvidar a los conservadores- reparadores, a tener en consideración una nueva generación de gases refrigerantes o frigorigenos que aún no se encuentran suficientemente testados.

Como consecuencia de este nuevo escenario, se ha realizado un estudio para clarificar las características y consecuencias de utilizar estos nuevos refrigerantes tanto en instalaciones nuevas como en instalaciones que se encuentran en funcionamiento.

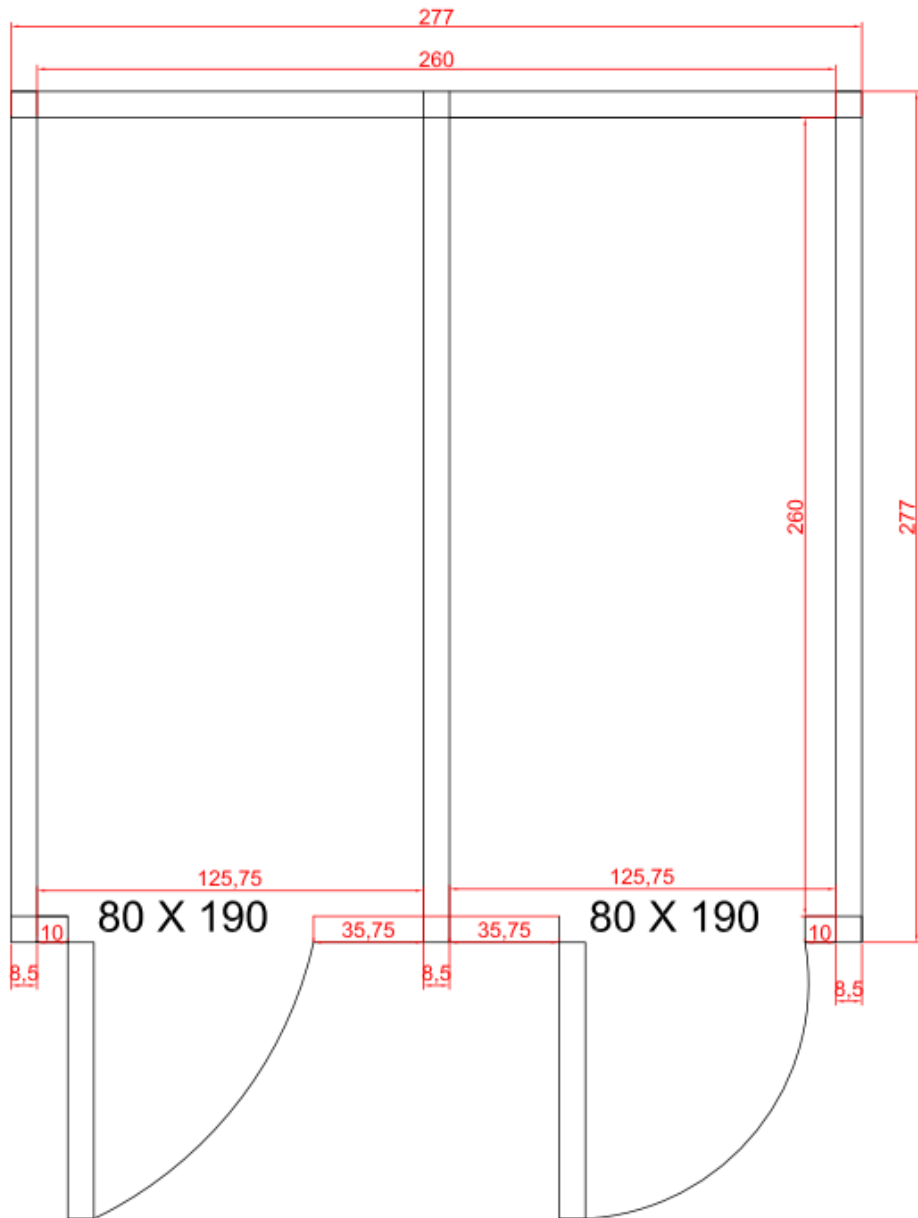
El estudio ha consistido en la comprobación tanto del comportamiento, así como de las características determinadas por los fabricantes de los refrigerantes nuevos, es decir, algunos refrigerantes que tengan vigencia hasta el 2020.

Para ello se instalaron dos cámaras frigoríficas de idénticas características constructivas que se encontraban en idénticas condiciones ambientales y se comprobaron sus propiedades y características.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN



1. Ilustración. ESQUEMA FRIGORÍFICO



2. Ilustración. PLANTA DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS



3. Ilustración. EMPLAZAMIENTO DE LAS CÁMARAS



4. Ilustración. EQUIPOS E INSTALACIÓN



6. Ilustración. TOMA DE DATOS DE LA INSTALACIÓN



5. Ilustración. COMPROBACIÓN Y AJUSTE DE LA INSTALACIÓN

Los gases refrigerantes testados en este ensayo se han probado en media (-5 / 0° C) y baja temperatura (-25/-20 ° C) y han sido los siguientes:

TEMPERATURA DE TRABAJO	REFRIGERANTE DE REFERENCIA	REFRIGERANTE A COMPARAR
MEDIA TEMPERATURA	R 404 A	R 407 F
		R 438 A
		R 442 A
MEDIA TEMPERATURA	R 134 A	R 450 A
		R 1234 YF
		R 1234 ZE
		R 513 A
		R 434 A
BAJA TEMPERATURA	R 404 A	R 422 D
		R 449 A
		R 448 A
		R 442 A
		R 453 A
		R 434 A
		R 452 A

1. Tabla. GASES REFRIEGRANTES TESTADOS

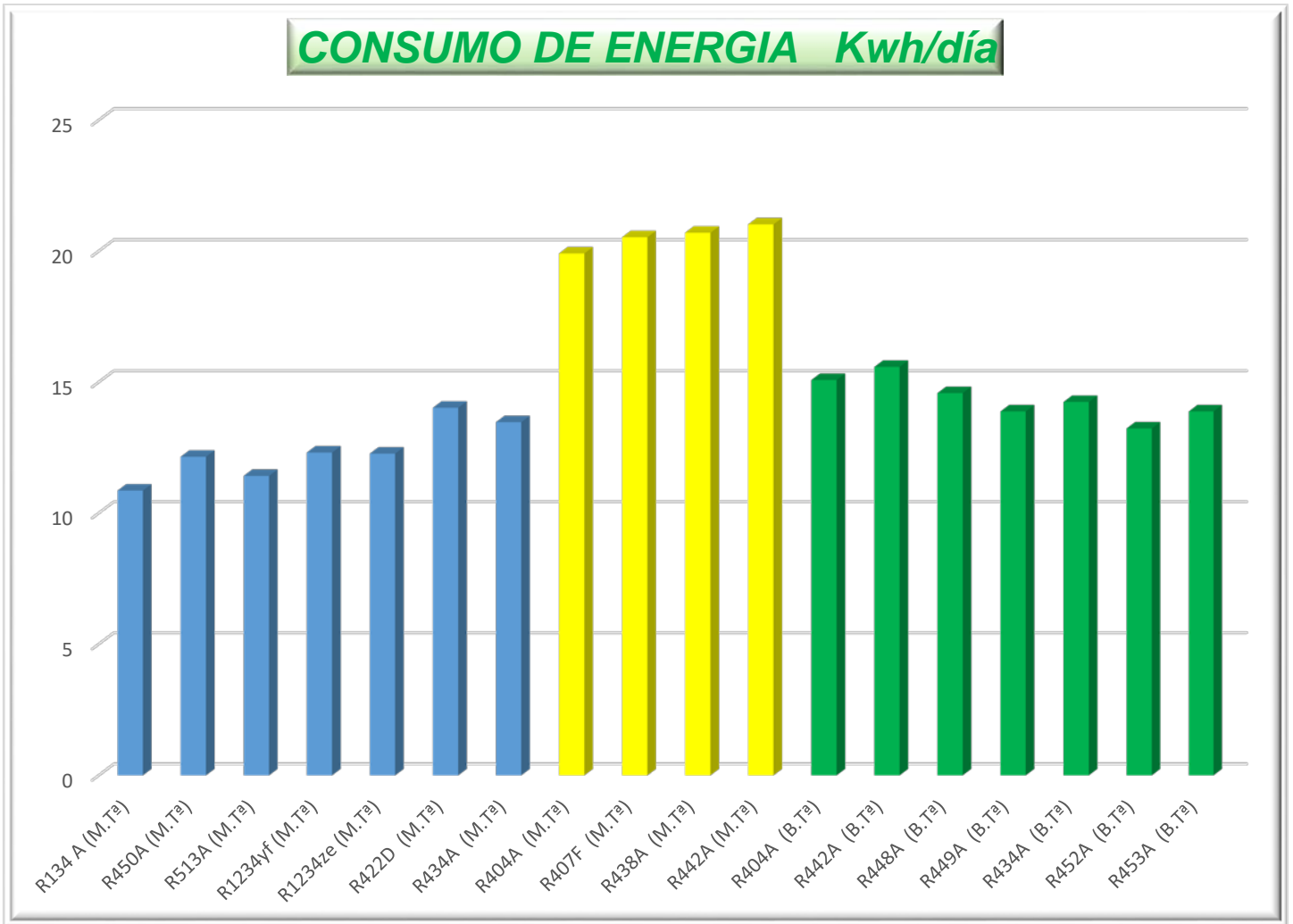
En la siguiente tabla aparecen los datos correspondientes a los refrigerantes utilizados para el estudio.

En las tablas de datos que se adjuntan, se pueden observar los valores correspondientes a cargas de refrigerante, PCA, precios, impuestos de cada uno de los refrigerantes ..., que nos permitirán seleccionar la opción más conveniente en cada una de las situaciones.

CARACTERÍSTICAS							
GASES	ODP	PCA	Precio €/kg	Impuesto/kg	Deslizamiento (°C)	Cargas (Kgs)	TEWI (Kgs CO₂)
R134A	0	1300	6,06	17,16	0	1,3	18857,961
R450A	0	547	16,11	7,22	0,79	1,73	19398,011
R1234ze	0	7	29,33	0	0	0,89	17880,629
R1234yf	0	4	155,56	0	0	1	17934,869
R422D	0	2623	13,79	34,62	4,5	1,3	26555,847
R434A (M T ^a)	0	3131	15,01	41,33	1,5	1,52	28378,535
R513A	0	572	24,8	7,55	0	1,005	17666,265
R404A (M T ^a)	0	3784	7,69	49,95	0,7	1,5	39212,729
R407F	0	1705	8,61	22,51	6,4	1,2	33581,666
R438A	0	2151	13,5	28,4	4	1,205	34811,964
R442A (M T ^a)	0	1793	9,94	23,67	4,6	1,5	35453,577
R404A (B T ^a)	0	3784	7,69	49,95	0,7	1,5	31572,9
R442A (B T ^a)	0	1793	9,94	23,67	4,6	1,5	27531,033
R448A	0	1300	17,24	17,16	6	1,25	24158,583
R449A	0	1307	16,25	17,26	6	1,02	22613,79
R434A (B T ^a)	0	3131	15,01	41,33	1,5	1,52	29304,84
R452A	0	2067	23,90	27,28	3	1,12	23434,583
R453A	0	1664	13,835	21,96	4,2	1,13	23598,714

2. Tabla. CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES

CONSUMO DE ENERGIA Kwh/día



7. Ilustración. CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA (KWh/día)

3. METODOLOGÍA

La metodología del ensayo ha consistido en la comprobación del comportamiento de la instalación en idénticas condiciones de funcionamiento (misma carga térmica, variando los gases refrigerantes).

TOMA DE DATOS REALIZADOS

- T de evaporación (aspiración)
- T de condensador (descarga)
- T del líquido condensado
- T ambiente
- T interior cámara
- P de alta (descarga)
- P de baja (aspiración)
- Consumo del compresor
- Consumo energético
- Generar fuga y comprobación del deslizamiento
- Peso de gas real

EQUIPOS DE MEDIDA

- Sondas de T, P
- Registrador de datos: CLIMACHECK
- Contador de energía: CIRCUTOR MOD. AR 6
- Registrador de datos: AKM (Danfoss)

CONCLUSIONES

Detallar el comportamiento de los distintos refrigerantes determinando sus ventajas y desventajas.

- COP.
- Capacidad frigorífica.
- T^a de descarga.
- Análisis del deslizamiento.
- Variación en la regulación del sistema de expansión respecto al R-404^a y al R134A.
- Carga de gas usada (kg).
- Consumo eléctrico en kWh.
- Cálculo del TEWI.

4. PROCESO A SEGUIR

ETAPAS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Preparación de cámaras e instalación	<ul style="list-style-type: none"> Realizar la instalación inertizada Pruebas de presión a 28 bar Realizar el vacío hasta 760 mmHg 	
Carga de gas Proceso a realizar hasta estabilización	<ul style="list-style-type: none"> Pesar el gas refrigerante Cargar refrigerante en fase líquida por aspiración con manómetro Arrancar/parar ambas cámaras desde vacío hasta que alcancen régimen 	Realizar la operación hasta alcanzar la estabilidad
	<ul style="list-style-type: none"> Recarga de gas si es necesario Cargar hasta visor lleno Toma de datos en continuo 	A las 3 horas
Desescarche	<ul style="list-style-type: none"> Realizar desescarche por resistencia eléctrica 	Realizar el proceso cada 3-4 horas
Provocar fugas	<ul style="list-style-type: none"> Mantener la instalación en régimen hasta realizar las fugas oportunas 	Mantener el proceso durante 1 día
Recarga de gas	<ul style="list-style-type: none"> Provocar fugas en tanto por ciento de peso (20%) 	Cada condición de fuga supone 3 horas
	<ul style="list-style-type: none"> Recargar con el mismo peso extraído 	Anotar los gramos de más recargados

	<ul style="list-style-type: none"> • Provocar de nuevo fuga del 20% • Rellenar por peso (20%). • Volver a recargar el gas y poner en marcha la instalación hasta alcanzar régimen (hasta T^a de evaporación). Posteriormente observar el rendimiento de la instalación • Realizar el mismo proceso hasta que deje de funcionar 	<p>Dejar funcionando durante 30 minutos</p> <p>Dejar funcionando durante 3 horas</p>
CONCLUSIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de gas refrigerante 	Despreciando las fugas
Reinicializar el proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Inertizar la instalación soplando nitrógeno • Realizar el vacío • Ajuste de la cámara a condiciones de partida 	<p>Para limpiar el circuito</p> <p>Posteriormente volver a rellenar con nuevo aceite</p>

3. Tabla. DESARROLLO DEL PROCESO

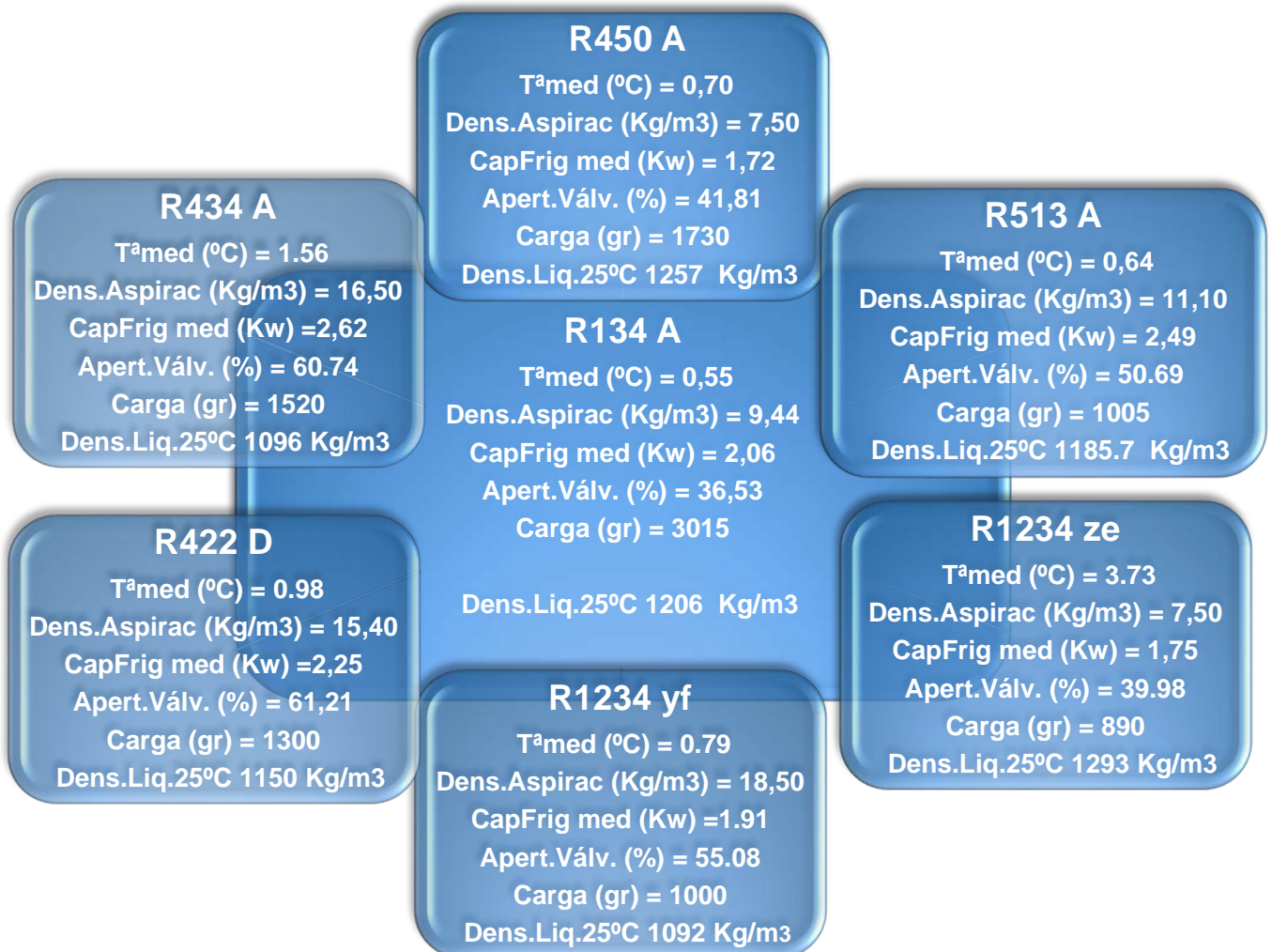
5. CONCLUSIONES

1. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS GASES TESTADOS EN LA CÁMARA 1 EN MEDIA TEMPERATURA

En las tablas de datos que se adjuntan, se pueden observar, entre otros, los valores correspondientes a Capacidades Frigoríficas, COP, T^a de descarga de cada uno de los refrigerantes, que ayudarán a seleccionar la opción más adecuada en cada una de las instalaciones.

Por otro lado, y en referencia a la parte del ensayo correspondiente al estudio de las posibles variaciones en las propiedades de los refrigerantes que sean mezclas, al ir realizando sucesivas fugas, no se han detectado cambios muy significativos en dichos comportamientos.

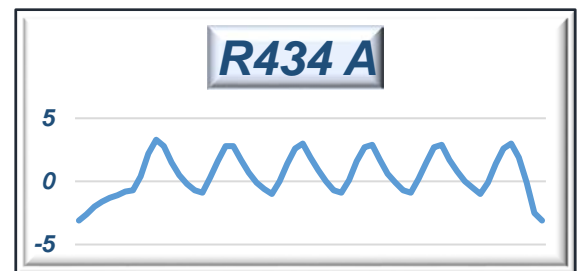
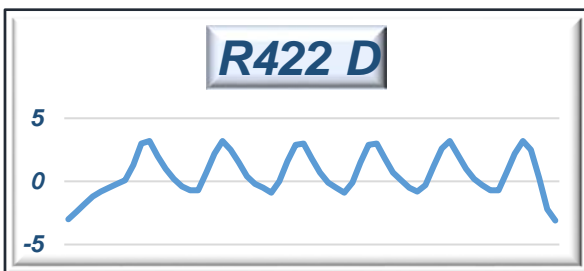
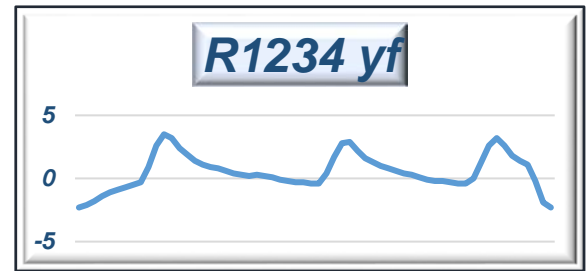
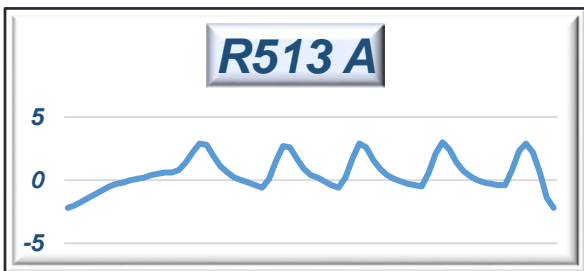
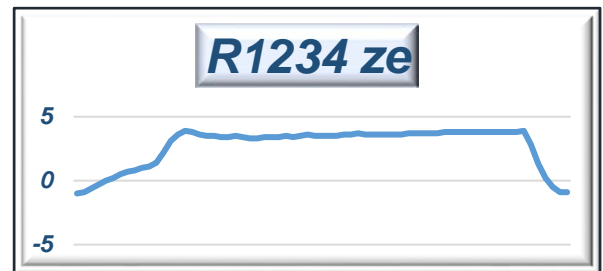
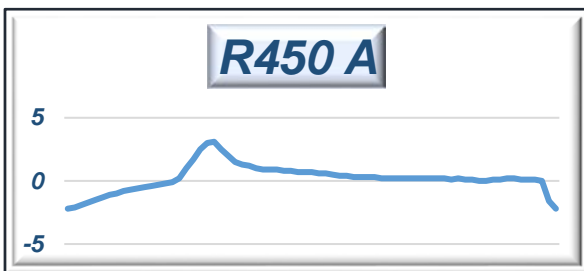
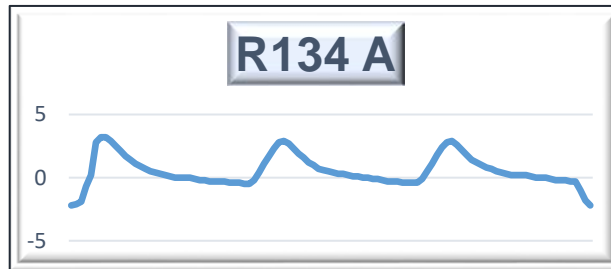
En el siguiente diagrama se indican las propiedades de los distintos gases refrigerantes comprobados en la cámara 1. Los gases fluorados que se han observado en dicha cámara han sido el R 134 A y sus sustitutos.



1. Ilustración. PROPIEDADES DE LOS REFRIGERANTES, CÁMARA 1

En las siguientes gráficas se observan los comportamientos de un ciclo de funcionamiento de los gases refrigerantes probados en la cámara 1.

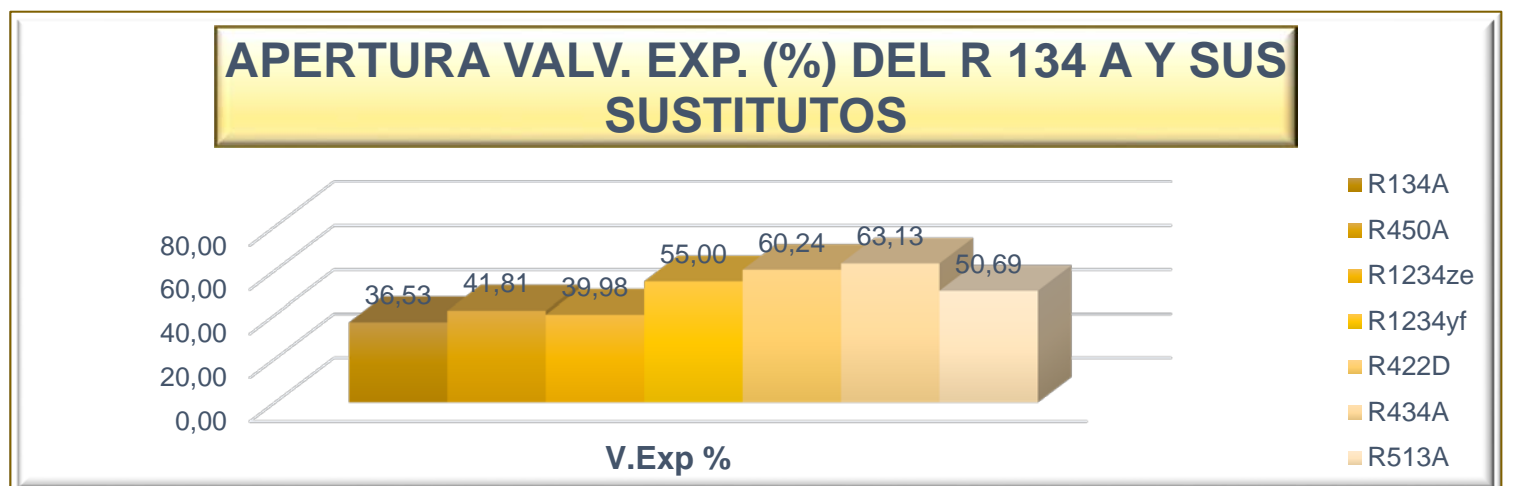
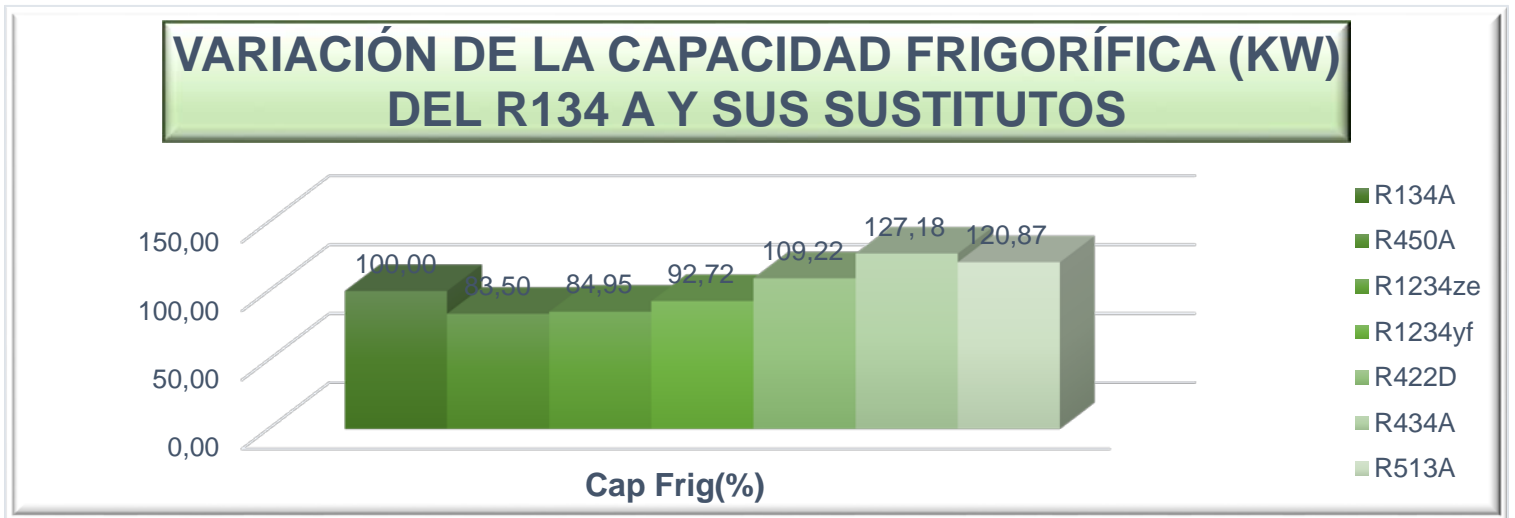
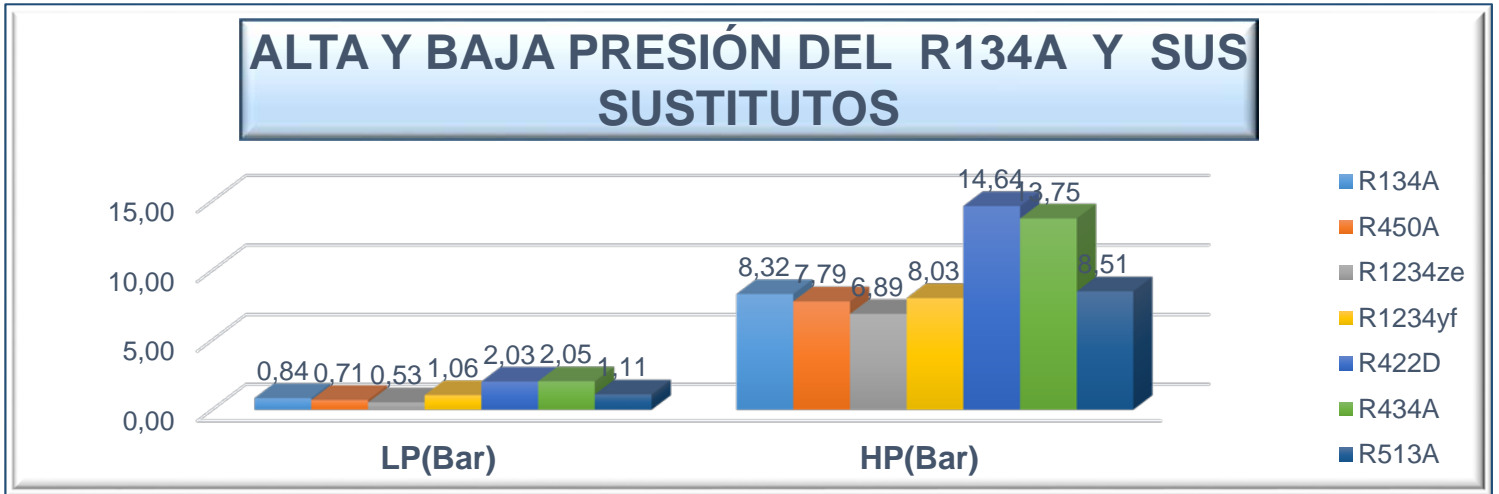
En la operativa tipo "Drop in" que se ha utilizado en este ensayo, observamos el orden, de mayor a menor, de los refrigerantes que superan con mayor facilidad la carga térmica del calefactor (1000 W) y además del resto de cargas (transmisión por paneles frigoríficos, desescarches, ventiladores de evaporador...).



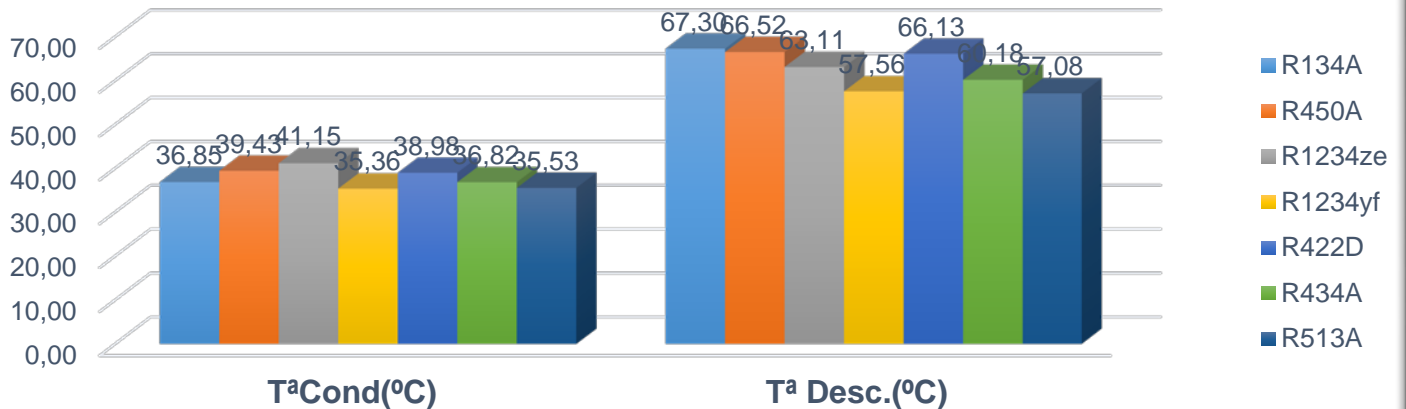
9. Ilustración. COMPORTAMIENTO DE LOS GASES REFRIGERANTES, CÁMARA 1

Los gráficos siguientes corresponden a los resultados obtenidos de las características de los gases refrigerantes testados en la cámara 1. Las condiciones de ensayo que se han establecido para estos gases han sido los siguientes:

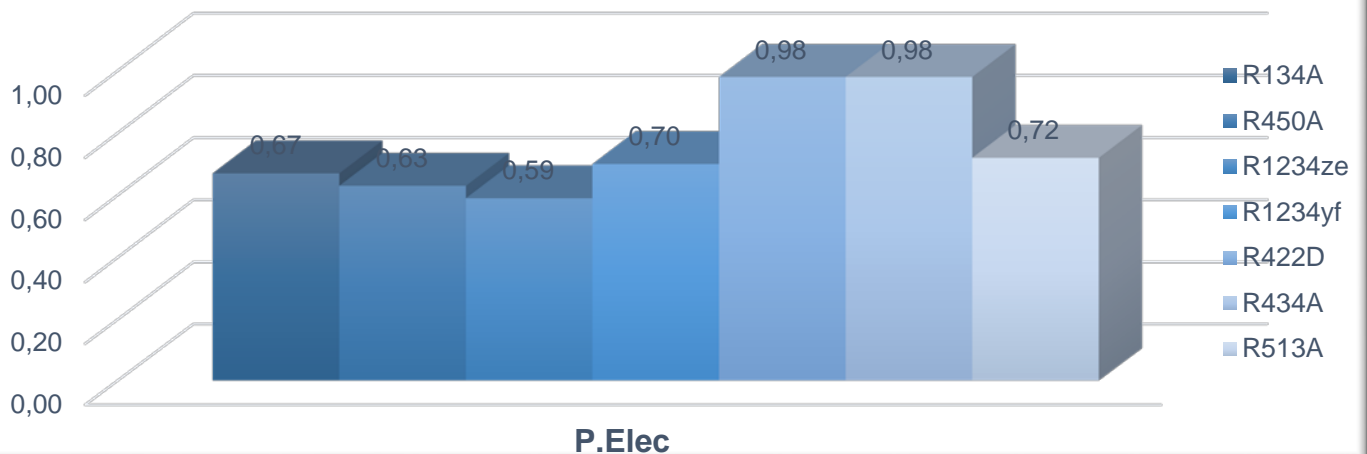
Condiciones del Ensayo : Carga térmica calefactor 1000w
 Ciclo calefactor 50´(ON)-10´(OFF)
 Tª Exterior 25-27°C



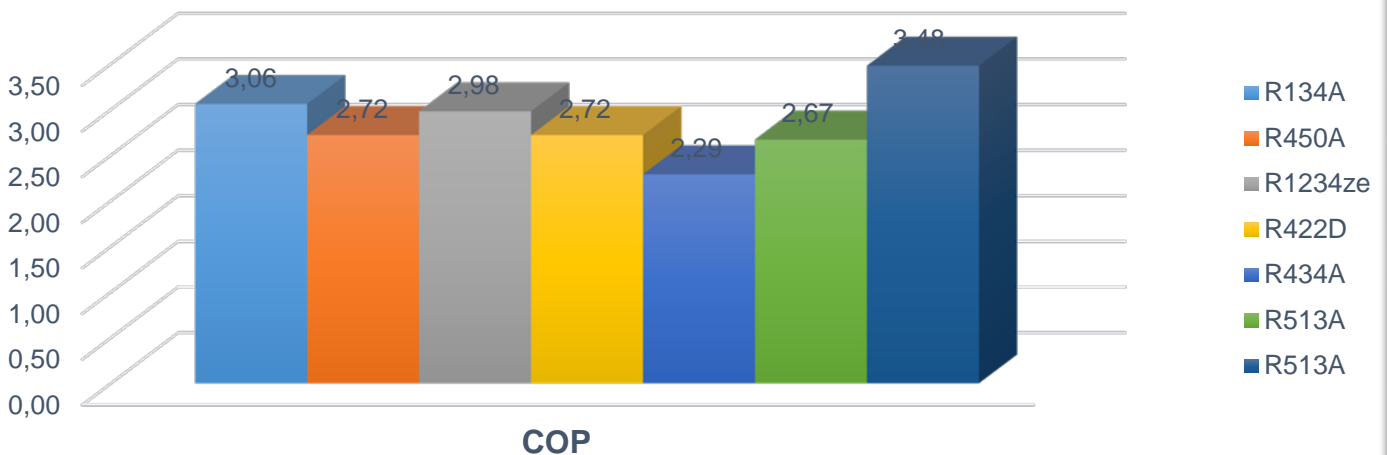
Tª CARACTERÍSTICAS DEL R134A Y SUS SUSTITUTOS



POTENCIA ELECTRICA(KW) DEL R134A Y SUS SUSTITUTOS



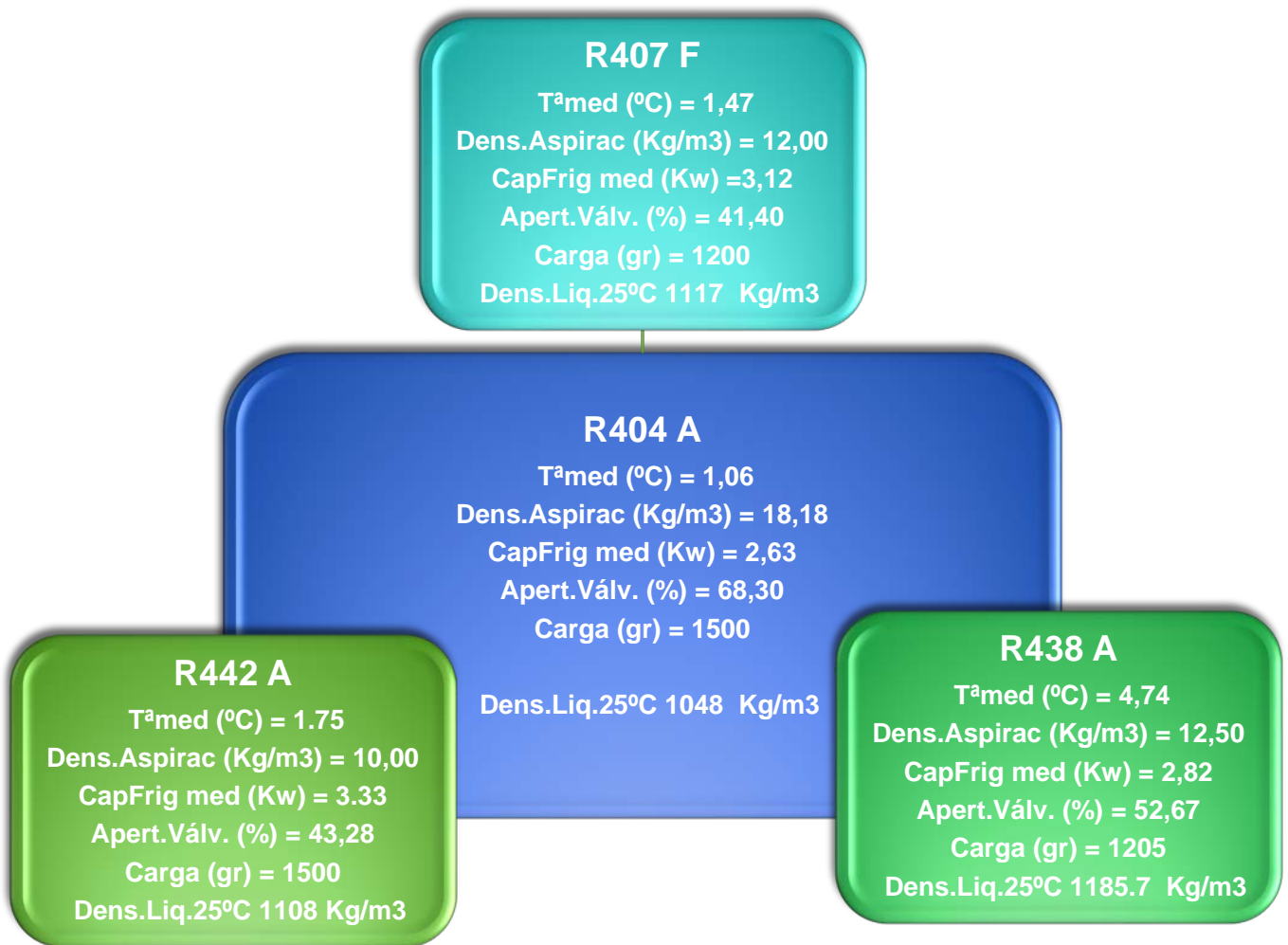
COP DEL R 134 A Y SUS SUSTITUTOS



3. Ilustración. CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES REFRIGERANTES

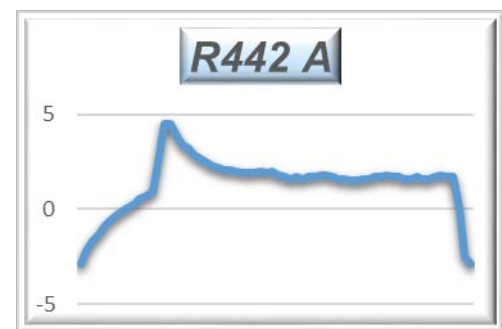
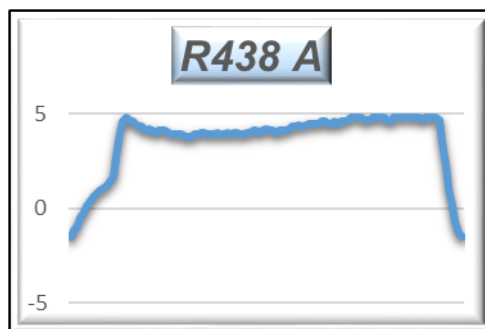
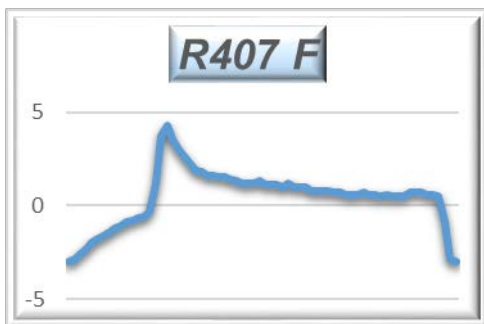
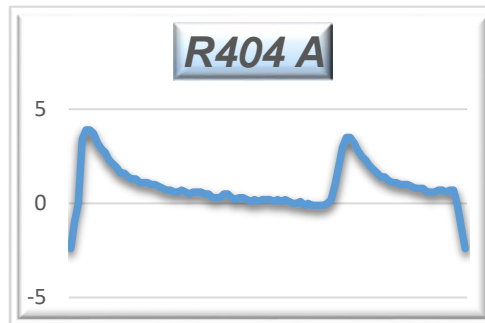
2. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS GASES TESTADOS EN LA CÁMARA 2 EN MEDIA TEMPERATURA

En el diagrama siguiente se indican las propiedades de los distintos gases refrigerantes comprobados en la cámara 2. Los gases fluorados que se han observado en dicha cámara han sido el R 404A y sus sustitutos.



11. Ilustración. PROPIEDADES DE LOS REFRIGERANTES, CÁMARA 2

En las siguientes gráficas se observan los comportamientos de un ciclo de funcionamiento (Carga térmica ON-OFF), de los gases refrigerantes probados en la cámara 2.

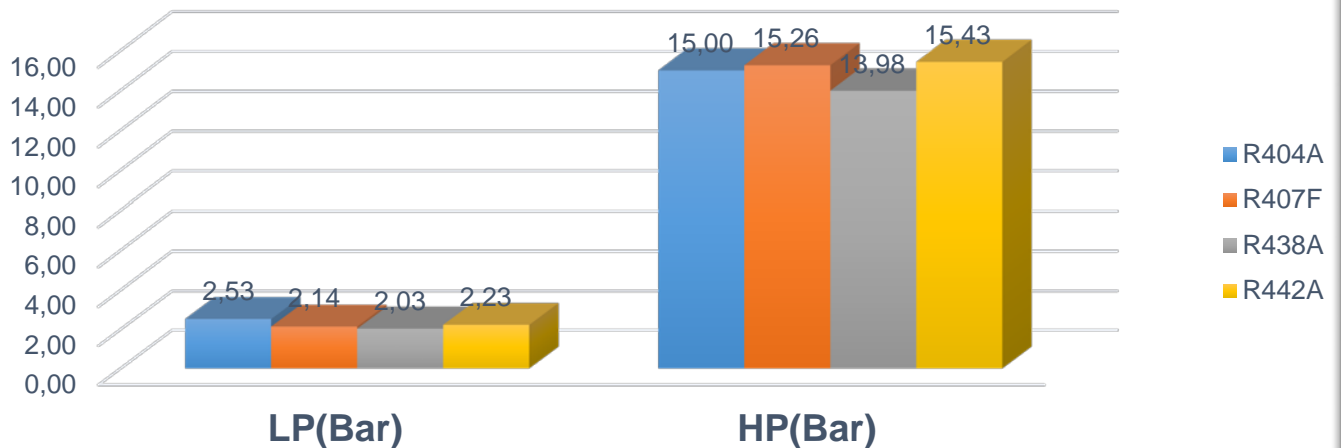


12 Ilustración. COMPORTAMIENTO DE LOS GASES REFRIGERANTES, CÁMARA 2

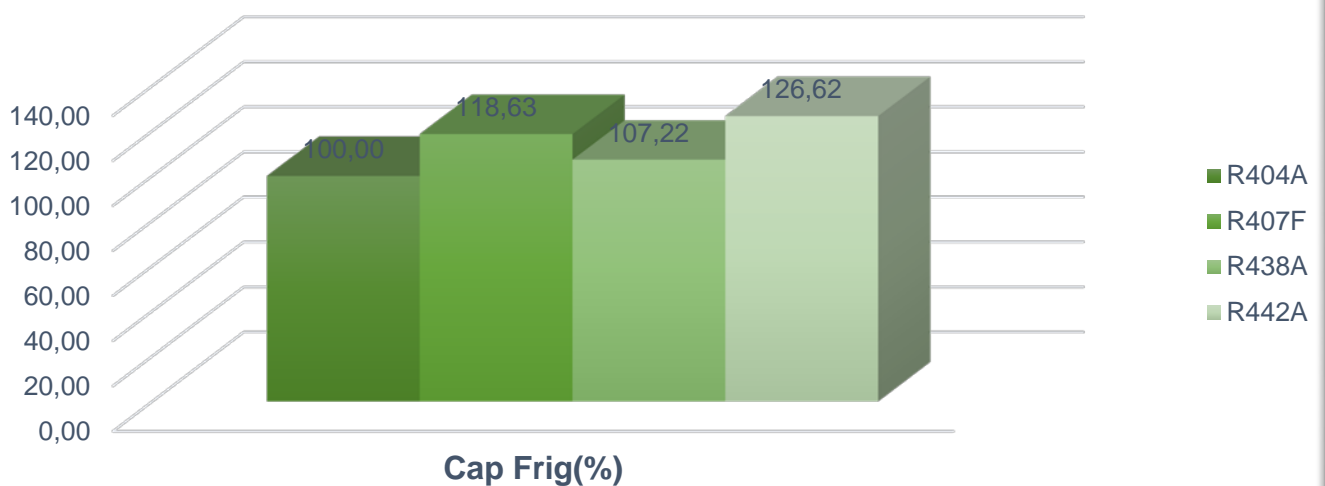
Los siguientes gráficos corresponden a los resultados obtenidos de las características de los gases refrigerantes testados en la cámara 2. Las condiciones de ensayo que se han establecido para estos gases han sido las siguientes:

Carga térmica calefactor 2000w
Condiciones del ensayo: Ciclo calefactor 50'(ON)-10'(OFF)
Tª Exterior 25-27°C

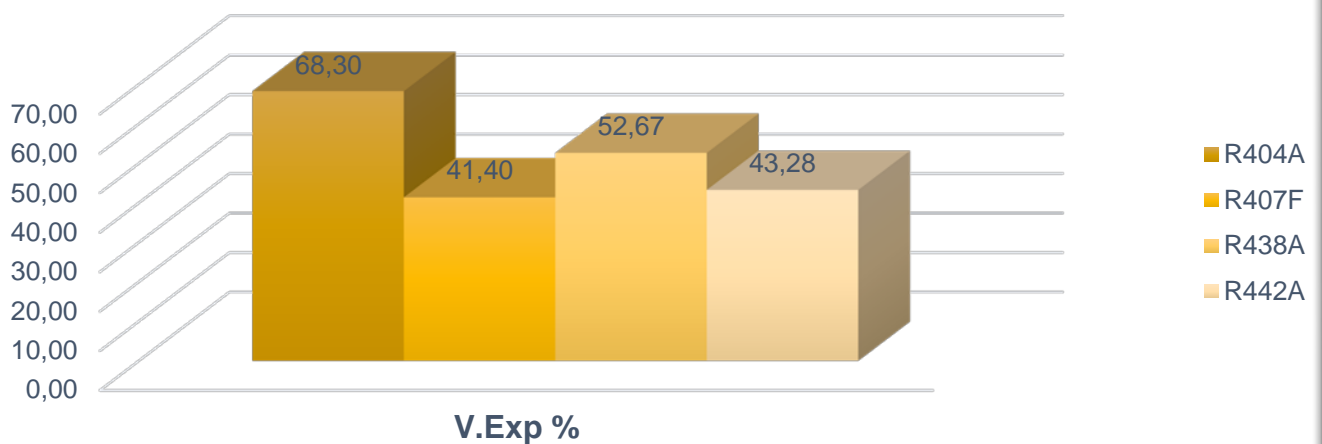
ALTA Y BAJA PRESIÓN DEL R 404 A Y SUS SUSTITUTOS



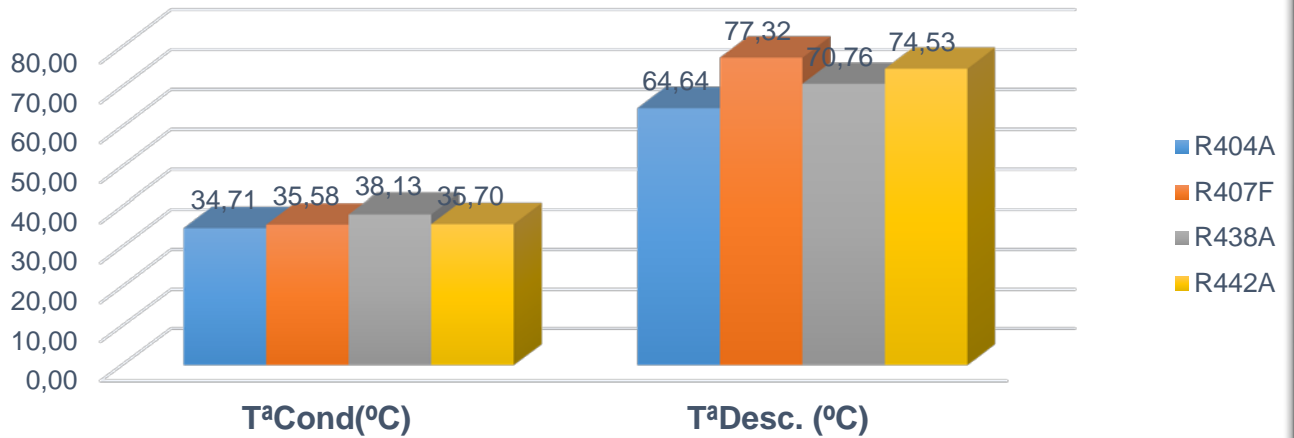
VARIACIÓN DE LA CAPACIDAD FRIGORÍFICA (KW) DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS



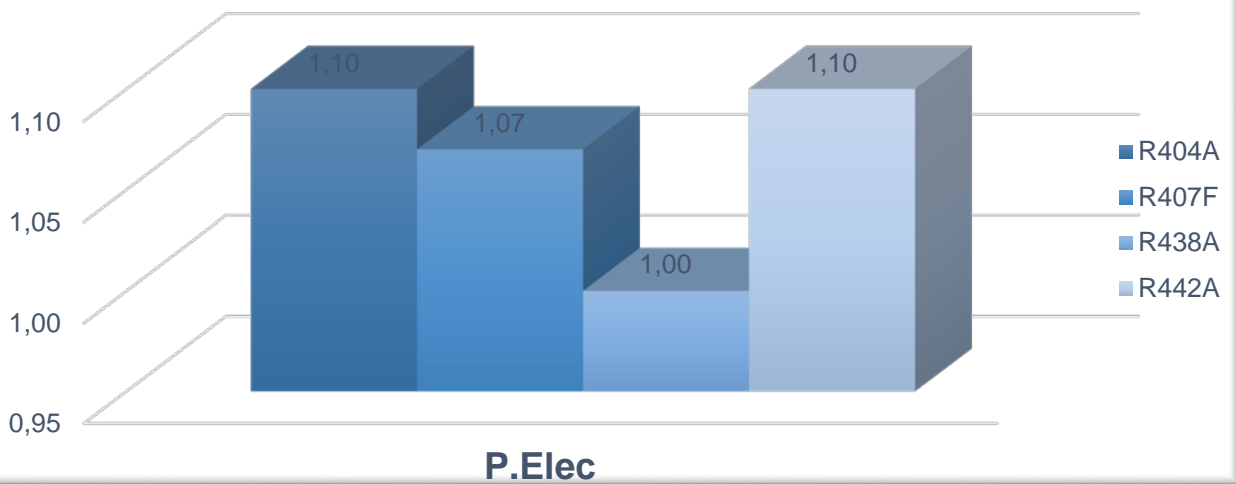
APERTURA VALV. EXP. (%) DEL R 404 A Y SUS SUSTITUTOS



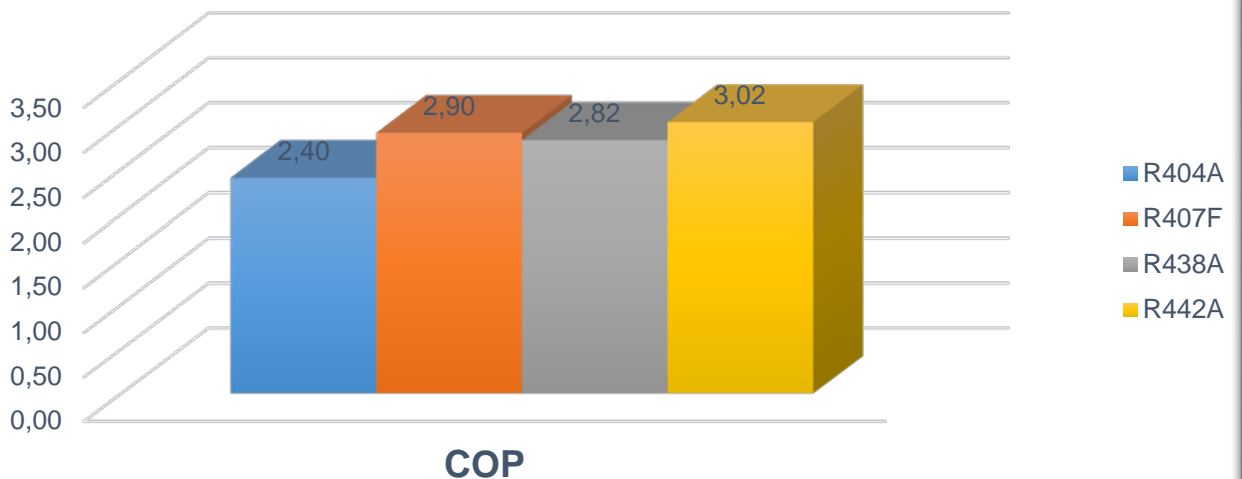
Tª CARACTERÍSTICAS DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS



POTENCIA ELECTRICA(KW) DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS



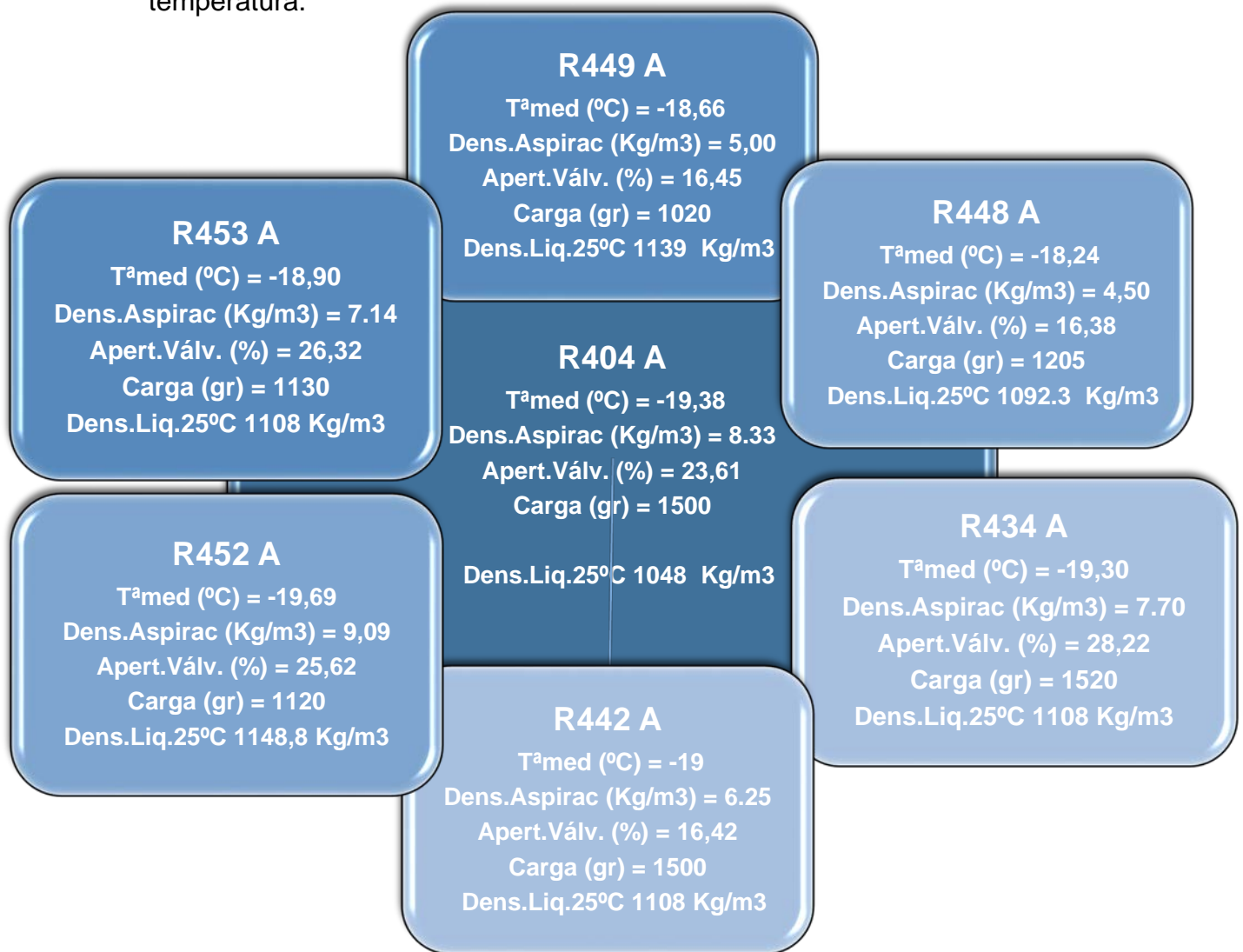
COP DEL R 404 A Y SUS SUSTITUTOS



13. Ilustración. CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES REFRIGERANTES, CÁMARA 2

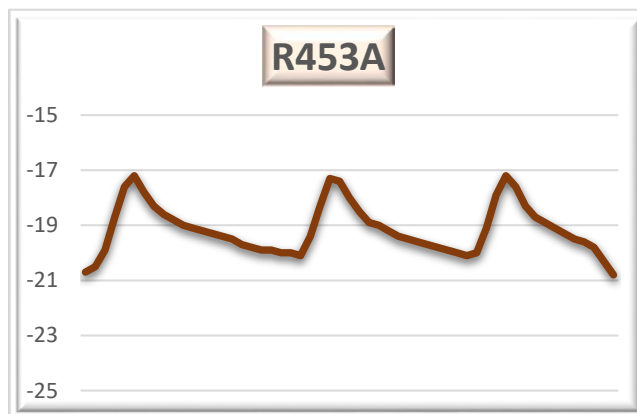
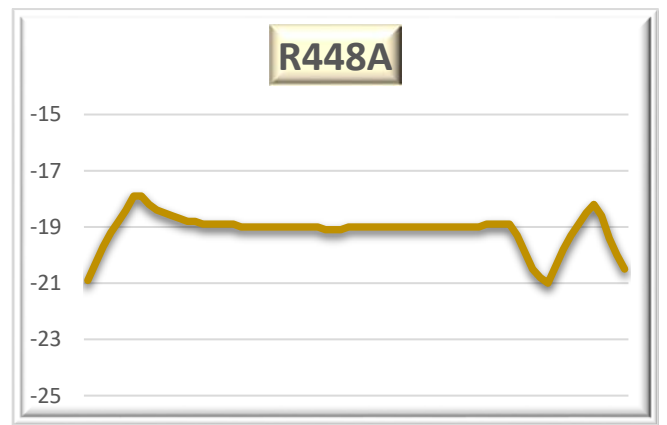
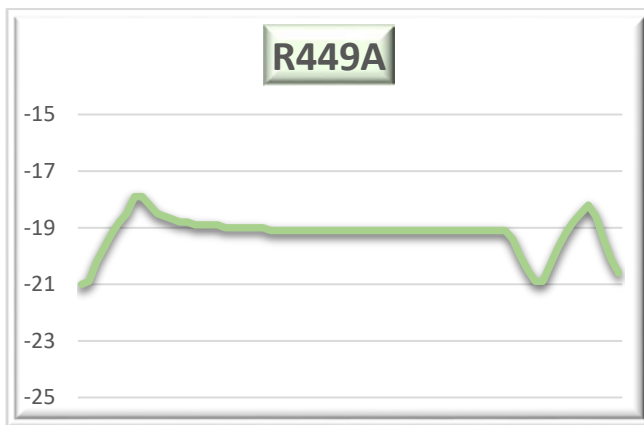
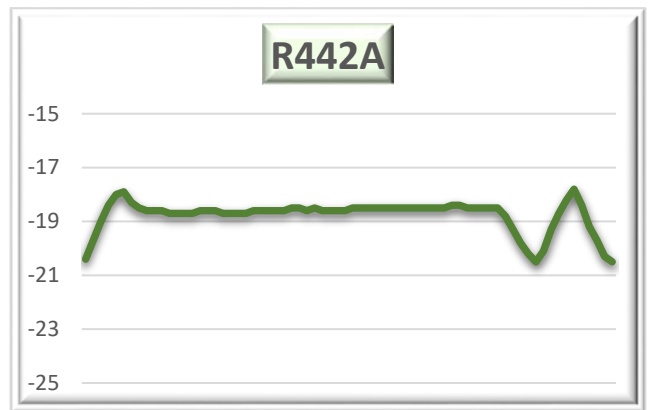
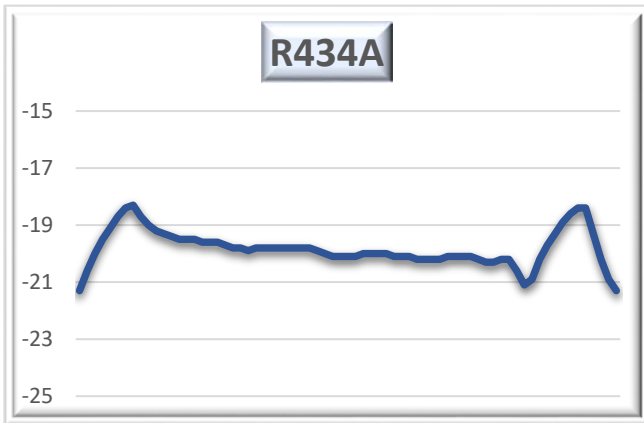
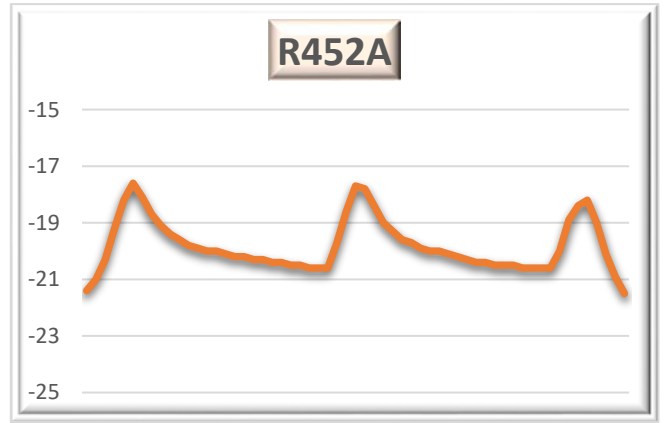
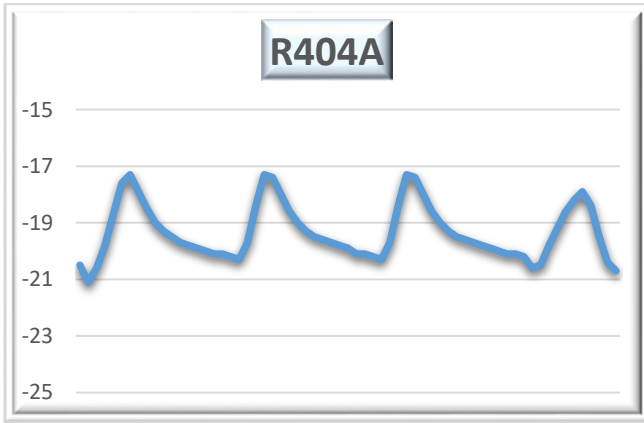
3. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS GASES COMPROBADOS EN LAS CÁMARAS 1 Y 2 EN BAJA TEMPERATURA

En el diagrama siguiente se indican las propiedades de los distintos gases refrigerantes comprobados tanto en la cámara 1 como en la cámara 2 pero en este caso se han testado en baja temperatura. Los gases fluorados que se han observado han sido el R404 A y sus sustitutos para baja temperatura.



14. Ilustración. PROPIEDADES DE REFRIGERANTES EN BAJA TEMPERATURA

En las siguientes gráficas se observan los comportamientos de un ciclo de funcionamiento (Carga térmica calefactor ON-OFF) de los gases refrigerantes probados en ambas cámaras en baja temperatura ($T^a \approx -20\text{ °C}$).

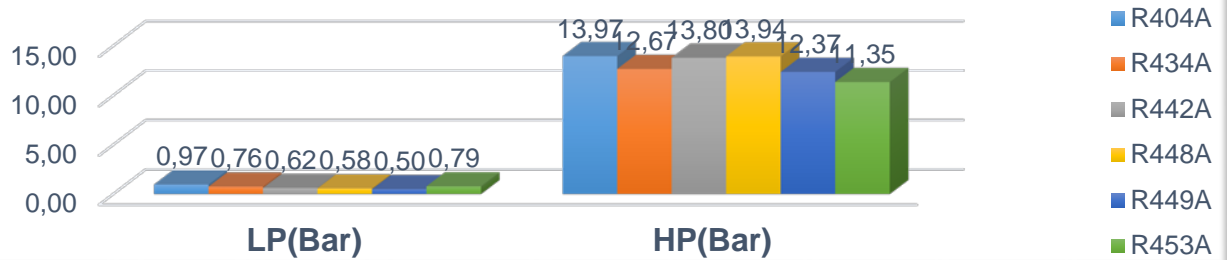


15. Ilustración. COMPORTAMIENTO DE LOS REFRIGERANTES EN BAJA TEMPERATURA

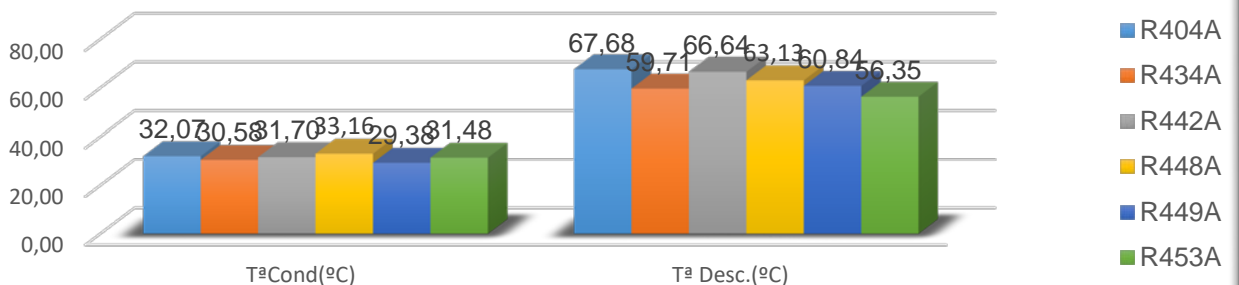
Los siguientes gráficos corresponden a los resultados obtenidos de las características de los gases refrigerantes testados en las dos cámaras en condiciones de baja temperatura. Las condiciones de ensayo que se han establecido para estos gases han sido los siguientes:

Condiciones del ensayo: Carga térmica calefactor 500w
 Ciclo calefactor 50´(ON)-10´(OFF)
 Tª Exterior 25-27°C

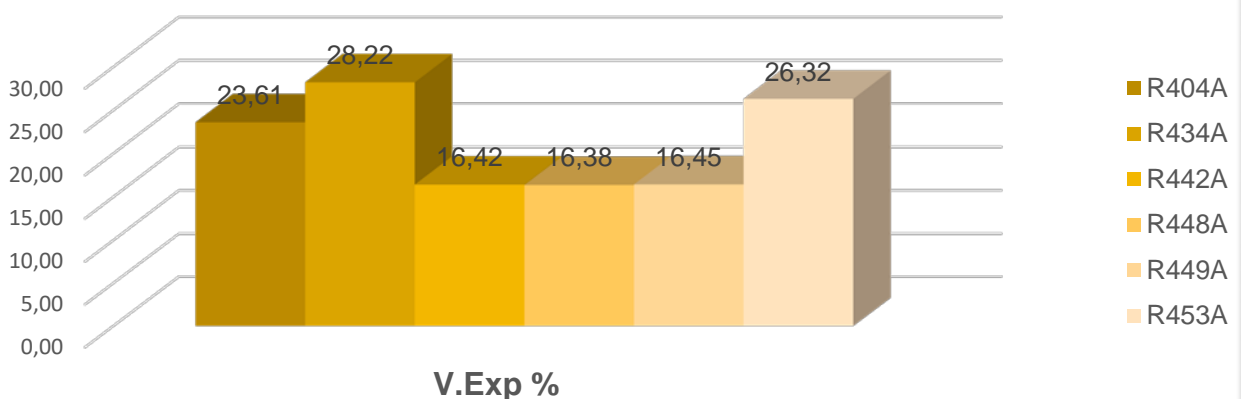
ALTA Y BAJA PRESIÓN DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS EN BAJA Tª



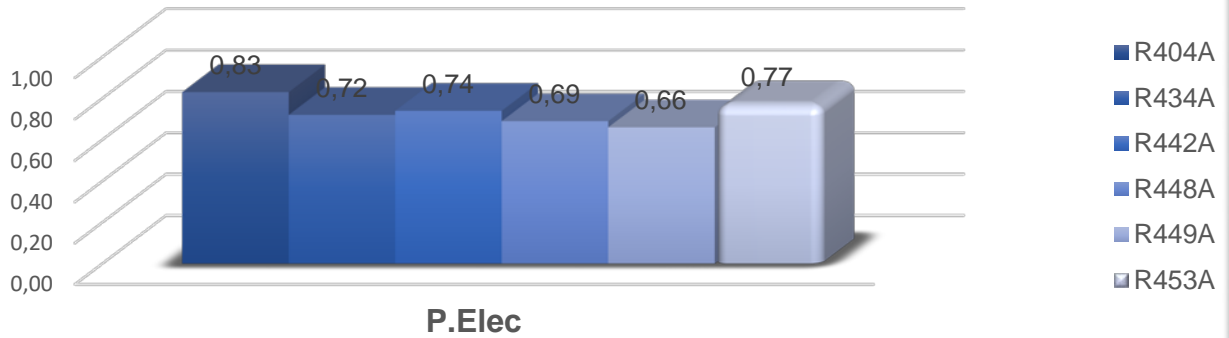
Tª CARACTERÍSTICAS DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS EN BAJA Tª



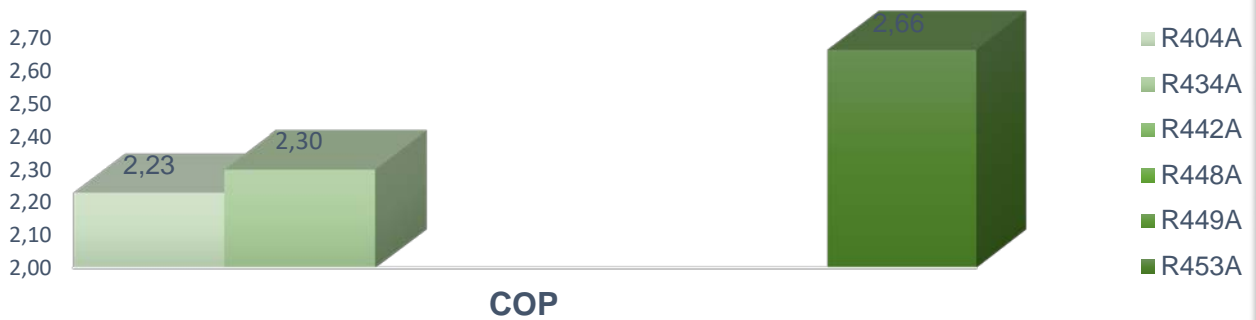
APERT.VALV.EXP.(%) DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS EN BAJA Tª



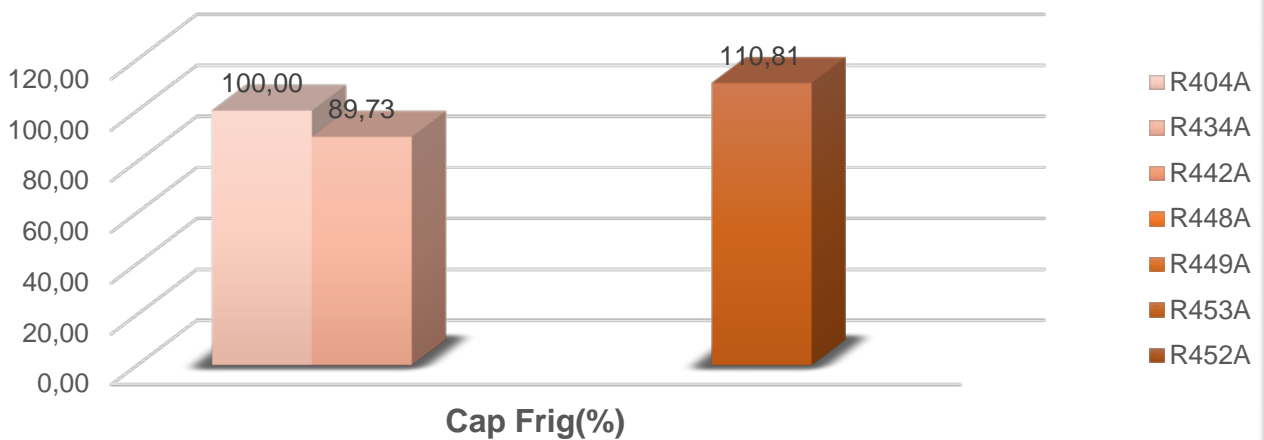
POTENCIA ELÉCTRICA DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS EN BAJA Tª



COP DEL R404 A Y SUS SUSTITUTOS EN BAJA Tª



VARIACIÓN DE LA CAPACIDAD FRIGORÍFICA DEL R 404 A Y SUS SUSTITUTOS EN BAJA Tª



16. Ilustración. CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES EN BAJA TEMPERATURA

NOTA: En estos dos últimos gráficos no aparecen valores de todos los refrigerantes ya que algunos valores se encuentran fuera de rango.