

#### **4. Análisis de equipos de mercado**

A lo largo de este capítulo, se harán estudios individualizados de diferentes catálogos técnicos de bombas de calor, de diferentes firmas que las comercializan para su uso en instalaciones geotérmicas.

Tras este estudio individual se tratará de elaborar una comparación cualitativa del mercado, en aquellas variables en que esto sea posible.

En primer lugar sería interesante definir a nivel general que es un catalogo técnico. Un catalogo técnico es un documento que confecciona el fabricante de un equipo en el que se muestra información técnica relevante y referente al equipo en cuestión, desglosando esta información según los modelos de los que se conforme el campo de aplicación del fabricante.

El estudio se realizará sobre tres marcas que fabrican y distribuyen equipos de bomba de calor para aplicación geotérmica.

Las tres marcas diferentes, sobre las que se llevará a cabo el estudio, en modelos de aplicación geotérmica, son Hydron Module [10] como equipo autónomo y Econar [11] y Ciatesa [13] como maquinas enfriadoras, y se expondrá el análisis de sus especificaciones en epígrafes posteriores. Este análisis se realizará de modo comparativo entre las maquinas enfriadoras, y de forma expositivo en el caso del equipo autónomo.

La estructura de los catálogos es semejante en la mayoría de las marcas comerciales, pero el contenido de cada punto del catalogo es heterogéneo, en mayor o menos medida, según el fabricante.

Esta estructura común se basa en una descripción inicial, que describe de manera comercial al producto, para intentar convencer al comprador, tras esta pequeña descripción, se explica la clave de modelos, que muestra el tipo y la potencia de forma esquemática para designar un equipo con un conjunto de letras y números, incomprensibles sin la clave que lo explica.

Todos los catálogos muestran información técnica, aunque cada uno a su manera, es decir, todos dan potencias térmicas y datos eléctricos, pero en función del fabricante se dan con mayor o menor profundidad.

Las dimensiones y el peso, así como esquemas físicos del equipo también son comunes en todos los catálogos.

#### 4.1.HYDRON MODULE

Hydron Module ofrece soluciones de alta eficiencia, confiables y silenciosas. Su línea de productos ofrece una solución para cualquier aplicación.

Al ser un fabricante americano, que no se rige por la norma europea y si por la normativa ISO 13256 [12], que engloba las normas ARI 320/325/330, las unidades no las muestra en el sistema internacional. En el epígrafe 4.5 se hace una breve referencia a las normas por las que se rigen los catálogos técnicos.

El tipo de maquina autónoma (como la que nos ocupa en este apartado) con condensación por agua es poco común, y de ahí proviene el interés de explicar su comportamiento La estructura de los catálogos, en concreto el catálogo usado “H-Series Single-Stage, R410a, Packaged Horizontal & Vertical” es de la siguiente manera:

- Introducción del producto
- Resumen de características y características opcionales
- Resumen según modelos del rendimiento, tanto para sistemas Ground Loop como Ground Water.

**Ground Loop Heat Pump**

Model	Heating		Cooling	
	Btu/hr	COP	Btu/hr	EER
H018	14,100	3.7	17,600	18.9
H024	21,100	3.7	26,400	18.0
H030	27,200	3.7	34,100	18.5
H036	31,600	3.4	39,600	16.4
H042	36,900	3.6	46,200	18.0
H048	44,500	3.5	56,100	17.8
H060	50,200	3.5	62,700	16.2
H072	61,000	3.4	75,800	16.0



Note:  
 Rated in accordance with ISO Standard 13256-1 which includes Pump Penalties.  
 Heating capacities based on 68.0°F DB, 59.0°F WB entering air temperature.  
 Cooling capacities based on 80.6°F DB, 66.2°F WB entering air temperature.  
 Entering water temperatures: 32°F heating / 77°F cooling.

Figura 4.1

**Ground Water Heat Pump**

Model	Heating		Cooling	
	BTU/Hr	COP	BTU/Hr	EER
H018	16,200	4.3	18,400	21.7
H024	24,200	4.3	27,700	20.7
H030	31,200	4.3	35,800	21.3
H036	36,300	3.9	41,500	18.9
H042	42,400	4.1	48,500	20.7
H048	51,100	4.0	58,900	20.5
H060	57,700	4.0	65,800	18.6
H072	70,100	3.9	79,500	18.4

Note:  
 Rated in accordance with ISO Standard 13256-1 which includes Pump Penalties.  
 Heating capacities based on 68.0°F DB, 59.0°F WB entering air temperature.  
 Cooling capacities based on 80.6°F DB, 66.2°F WB entering air temperature.  
 Entering water temperatures: 50°F heating / 59°F cooling.

Figura 4.2

- Clave de los modelos

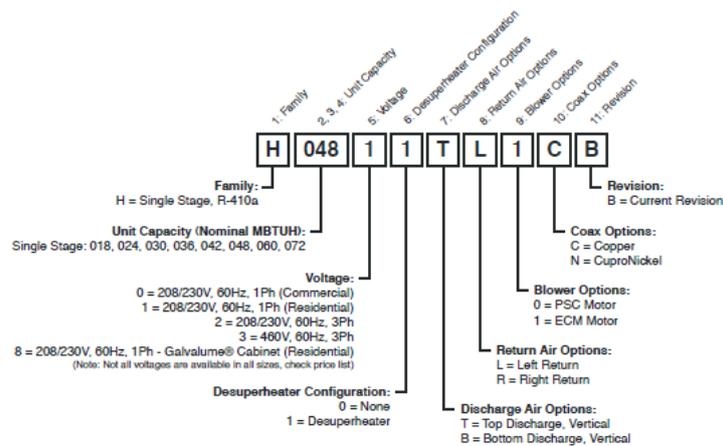


Figura 4.3

- Glosario

- CFM: flujo de aire (pies cuadrados por minuto)
- HR: Calor total expulsado (Btu/h)
- COP: Coefficient of Performance (Btu Salida/ Btu Entrada)
- KW: Potencia total absorbida (kW)
- DH = Capacidad del atemperador (Btu/h)
- LAT: Temperatura de salida de aire (°F)
- EAT: Temperaturas de entrada de aire (°F) (en refrigeración se diferencia entre bulbo seco y bulbo húmedo)
- LC: Capacidad de refrigeración latente (Btu/h)
- EER: Energy Efficiency Ratio (Btu salida/W entrada)
- SC: Capacidad de refrigeración sensible (Btu/h)
- EWT: Temperatura de entrada del agua (°F)
- LWT: Temperatura de salida del agua (°F)
- GPM: Flujo de agua (Galones por minuto)
- TC: Capacidad total de refrigeración (Btu/h)
- HC: Capacidad total de calefacción (Btu/h)
- WPD: Perdida de presión del agua (PSI – ft)
- HE: Calor total extraído (Btu/h)

- Cálculos y selección de flujo de agua

**Heating & Cooling Calculations**

Heating	Cooling
$LAT = EAT + \frac{HC}{CFM \times 1.08}$	$LAT (DB) = EAT (DB) - \frac{SC}{CFM \times 1.08}$
$LWT = EWT - \frac{HE}{GPM \times 500}$	$LWT = EWT + \frac{HR}{GPM \times 500}$
	$LC = TC - SC$

Figura 4.4

- Datos técnicos:
  - Potencia térmica (Btu/h)
  - Potencia extraída (Btu/h), solo para calefacción
  - Potencia expulsada (Btu/h), solo para refrigeración
  - Potencia Absorbida (kW)
  - Calor sensible (Btu/h), solo para refrigeración
  - COP para calefacción (Btu salida/BTU entrada)
  - EER para refrigeración (Btu salida/W entrada)
  - Temperaturas de entrada de aire (°F) (en refrigeración se diferencia entre bulbo seco y bulbo húmedo)
  - Temperatura de salida de aire (°F), solo para calefacción
  - Capacidad del atemperador (Btu/h)
  - Temperatura de entrada del agua (°F)
  - Flujo de agua (GPM, galones por minuto)
  - Caída de presión en el agua (PSI – ft)

**H018 Performance Data:  
1.5 Ton, 600 CFM, Heating**

EWT	GPM	WPD		Heating						Heating with Desuperheater					
		PSI	FT	EAT	HC	HE	LAT	KW	COP	HC	HE	LAT	KW	DH	COP
30	2.8	1.2	2.8	60	13.4	9.6	80.7	1.07	3.68	11.8	9.7	78.1	1.06	1.7	3.72
				70	13.0	9.1	90.1	1.13	3.39	11.3	9.1	87.5	1.11	1.7	3.45
				80	12.6	8.5	99.5	1.18	3.13	10.9	8.6	96.8	1.16	1.8	3.20
	3.9	2.2	5.2	60	13.8	10.0	81.4	1.08	3.75	12.1	10.1	78.7	1.06	1.7	3.84
				70	13.5	9.4	90.8	1.14	3.46	11.7	9.5	88.0	1.12	1.8	3.54
				80	13.1	8.9	100.2	1.20	3.21	11.3	8.9	97.4	1.17	1.8	3.28
	5.0	3.6	8.3	60	14.0	10.2	81.6	1.08	3.80	12.3	10.3	78.9	1.06	1.7	3.89
				70	13.6	9.7	91.1	1.14	3.52	11.8	8.3	88.3	1.12	1.8	3.59
				80	13.3	9.1	100.5	1.19	3.26	11.4	9.1	97.6	1.17	1.9	3.32

Figura 4.5

**H018 Performance Data:  
1.5 Ton, 600 CFM, Cooling**

EWT	GPM	WPD		EAT DB/ WB	Cooling					Cooling with Desuperheater					
		PSI	FT		TC	SC	HR	KW	EER	TC	SC	HR	KW	DH	EER
50	2.8	1.2	2.7	75/63	17.4	12.1	20.5	0.85	20.5	17.4	12.2	20.5	0.83	1.5	20.9
				80/67	18.9	12.6	21.8	0.87	21.7	18.9	12.7	21.7	0.85	1.5	22.2
				85/71	20.4	13.1	23.1	0.89	23.0	20.4	13.2	23.1	0.87	1.5	23.5
	3.9	2.1	4.8	75/63	17.6	12.2	20.5	0.81	21.6	17.6	12.3	20.5	0.8	1.4	21.9
				80/67	19.1	12.8	21.8	0.83	23.0	19.1	12.8	21.9	0.82	1.4	23.3
				85/71	20.6	13.3	23.1	0.84	24.4	20.6	13.3	23.1	0.83	1.5	24.7
	5.0	3.4	7.8	75/63	17.7	12.2	20.6	0.79	22.5	17.7	12.3	20.6	0.78	1.3	22.6
				80/67	19.3	12.8	22.0	0.80	24.0	19.3	12.8	22.0	0.8	1.4	24.1
				85/71	20.8	13.3	23.2	0.82	25.4	20.8	13.4	23.3	0.81	1.4	25.6

Figura 4.6

- Datos físicos
  - Ventilador: Potencia (diferencia según ECM<sup>3</sup> y PSC<sup>4</sup>)
  - Carga de refrigerante (Oz<sup>5</sup>)
  - Área afectada (m<sup>2</sup>)
- Dimensiones
- Datos eléctricos (según ECM o PSC)

**Electrical Data:  
Units With ECM Blowers**

Model	Voltage Code	60Hz Power		Compressor		ECM Fan Motor FLA	HWG Pump FLA	Ext Loop Pump FLA*	Total Unit FLA	Min Circuit AMPS	Max Fuse HACR	Min AWG	Max Ft
		Volts	Phase	LRA	RLA								
018	0	208-230	1	48.0	9.0	4.3	N/A	N/A	13.3	15.6	25	N/A	N/A
	1	208-230	1	48.0	9.0	4.3	0.5	4.0	17.8	20.1	25	12	56
	8	208-230	1	48.0	9.0	4.3	0.5	4.0	17.8	20.1	25	12	56

Figura 4.7

- Datos eléctricos del calentador eléctrico auxiliar (opcional)

**Electrical Data:  
Auxiliary Heater Electrical Data**

Model Number	Unit Model	kW	Volts	Amps	Minimum Circuit Size	Maximum Circuit Size	Fuse Size Amps (Inside Heater)	Minimum CFM
AHTR101A	018 - 072	10	240	40.0	50.0	90.0	None	600
AHTR151A	036 - 072	15	240	60.0	75.0	135.0	2 - 30 & 2 - 50	900
AHTR201A	048 - 072	20	240	80.0	100.0	180.0	4 - 50	1200

Figura 4.8

- Sistemas de control: Explica la electrónica del sistema de control en función de jumpers y conexiones eléctricas.

<sup>3</sup> ECM: Electronically Commuted Motor

<sup>4</sup> PSC: Permanent Split Capacitor

<sup>5</sup> 1 Oz = 29.57 ml

## 4.2.ECONAR

ECONAR es una empresa estadounidense afincada en Minnesota, donde se producen bombas de calor geotérmicas desde hace más de veinte años. Al ser un fabricante estadounidense y no europeo, no se rige por la norma europea EN 14511 [14], sino que se ciñe a las especificaciones de la norma ISO STANDARD 13256, al igual que los catálogos de Hydron Module.

El equipo Econar que se va a estudiar es una maquina enfriadora condensada por agua y no un equipo autónomo como el caso anterior. Econar en sus catálogos comienza dando una breve descripción de los equipos que va a detallar en el resto del documento, que seguirá la siguiente estructura:

- Descripción breve
- Leyenda

### Legend for Tables

BTU/hr	Heating or cooling capacity	HE	Heat extracted
CAP	Capacity	HR	Heat rejected
COP	Coefficient of performance (BTU/hr out ÷ BTU/hr in)	HYD	Hydronic
CFM	Cubic feet per minute	KW	Kilowatt input
DB	Dry-bulb entering air temperature	LRA	Locked-rotor amperage
DHW	Domestic hot water	MBTU/hr	Btu/hr X 1000
DWR	Domestic hot water, extra capacity	RLA	Rated-load amperage
dP	Pressure drop across heat pump (in feet of water and psi)	SR	Sensible Ratio (sensible cooling capacity ÷ total cooling capacity)
EER	Energy efficiency ratio (BTU/hr CAP ÷ watts in)	SUP	Supplemental domestic water heating
EWT	Entering water temperature (in degrees Fahrenheit)	VA	Volt-amperes
FLA	Full-load amperage	WB	Wet-bulb entering air temperature
GND	Ground		
GPM	Gallons per minute of water flow		

All Pressure Drop Ratings are for Pure Water.  
See last page for Correction Factors.  
Performance values are +/- 10%, and are subject to change without notice.

Figura 4.9

- Clave del modelo

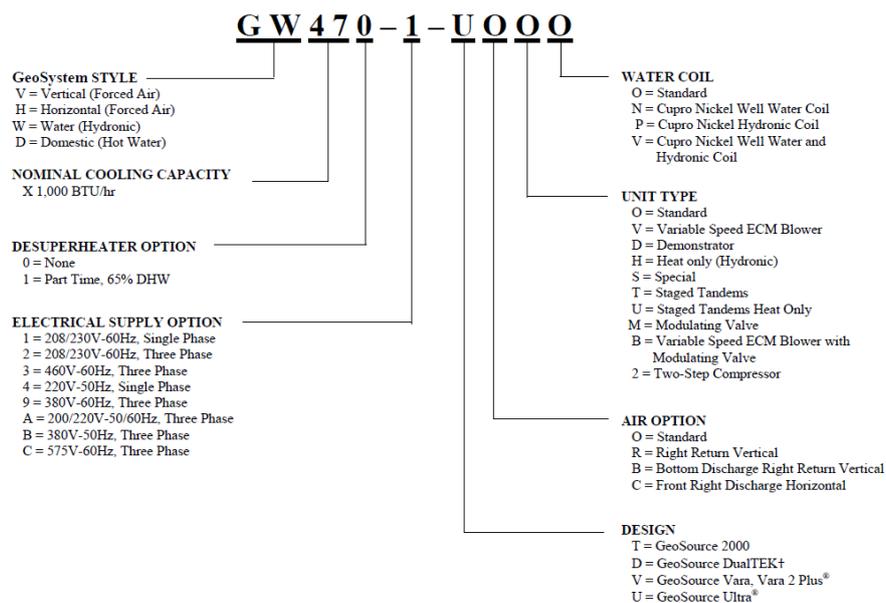


Figura 4.10

- Ratios de rendimiento

Ground Water				HEATING		COOLING	
AHRI/ISO 13256-2				50°F Grd EWT		59°F Grd EWT	
MODELS	Hyd GPM	Ground GPM	104°F Hyd EWT		53.6°F Hyd EWT		
			BTU/hr	COP	BTU/hr	EER	
GW 370/371	9	9	33,300	3.5	35,900	21.5	
GW 470/471	12	12	43,500	3.5	46,900	20.4	
GW 570/571	15	15	58,900	3.5	61,800	20.4	
GW 770/771	18	18	73,800	3.5	74,300	21.3	
GW 870/871	20	20	82,800	3.5	83,800	19.2	
GW 1100/1101	1 <sup>st</sup> Stage	20	20	53,300	3.8	62,350	22.2
	2 <sup>nd</sup> Stage	20	20	105,300	3.2	108,700	18.0

Ground Loop				HEATING		COOLING	
AHRI/ISO 13256-2				2nd Stage: 32°F EWT 1st Stage: 41°F EWT		2nd Stage: 77°F EWT 1st Stage: 68°F EWT	
MODELS	Hyd GPM	Ground GPM	104°F Hyd EWT		53.6°F Hyd EWT		
			BTU/hr	COP	BTU/hr	EER	
GW 370/371	9	9	26,700	3.0	33,200	16.5	
GW 470/471	12	12	37,000	3.0	44,500	16.4	
GW 570/571	15	15	48,000	3.0	54,400	16.3	
GW 770/771	18	18	58,800	3.0	71,500	16.9	
GW 870/871	20	20	66,400	3.0	79,800	15.5	
GW 1100/1101	1 <sup>st</sup> Stage	20	30	53,300	3.4	60,400	18.5
	2 <sup>nd</sup> Stage	20	30	97,300	2.8	100,500	14.1

Ground Loop				HEATING		COOLING	
AHRI/ISO 13256-2				2nd Stage: 32°F EWT 1st Stage: 41°F EWT		2nd Stage: 77°F EWT 1st Stage: 68°F EWT	
MODELS	Hyd GPM	Ground GPM	104°F Hyd EWT		53.6°F Hyd EWT		
			BTU/hr	COP	BTU/hr	EER	
GW 2400	1 <sup>st</sup> Stage	40	60	130,600	4.3	142,000	21.8
	2 <sup>nd</sup> Stage	40	60	222,400	3.3	240,700	15.2
GW 3600	1 <sup>st</sup> Stage	54	78	189,750	4.3	191,700	19.6
	2 <sup>nd</sup> Stage	54	78	318,000	3.3	316,500	14.6

\* Tested using AHRI/ISO 13256-2

Figura 4.11

- Opciones de configuración
- Parámetros de funcionamiento, diferencia los datos en régimen de calefacción – Figura 4.12 – y refrigeración – Figura 4.13 – :
  - Terreno:
    - Temperatura de entrada del agua (°F)
    - Flujo de agua (GPM)
    - Caída de presión (psig – ft)
    - Temperatura de salida del agua (°F)
  - Grupo hidráulico: Expresa datos para dos configuraciones de flujo y caída de presión
    - Salto térmico
    - Capacidad térmica (o frigorífica en su caso) (kBTU/h)
    - Potencia absorbida (kW)
    - COP
    - Calor extraído (kBTU/h) (o calor cedido en caso de refrigeración)
  - Refrigerante:
    - Presión de succión (no especifica unidades, pero es de suponer que es coherente con el resto de unidades y será psi)
    - Presión de carga (no especifica unidades, pero es de suponer que es coherente con el resto de unidades y será psi)

**GW 1100 and GW 1101 Heating Full Load Performance Data**

GROUND				Hyd LWT °F	HYDRONIC FLOW - 16 GPM 3.4 PSIG dP, 7.9 FT dP					HYDRONIC FLOW - 20 GPM 4.0 PSIG dP, 9.2 FT dP					REFRIGERANT PRESSURE	
EWT °F	GPM	dP psig	dP ft		TEMP RISE	CAP kBTU/h	PWR kW	COP	HE kBTU/h	TEMP RISE	CAP kBTU/h	PWR kW	COP	HE kBTU/h	Suction Pressure	Head Pressure
25	30	2.6	6.0	115	11.4	91.3	10.3	2.6	56.3	9.2	91.7	10.0	2.7	57.5	55 - 75	390 - 420
				100	11.7	93.2	8.8	3.1	63.3	9.4	93.6	8.6	3.2	64.4		330 - 355
				85	11.9	95.2	7.3	3.8	70.3	9.6	95.5	7.1	3.9	71.3		268 - 295
				70	12.1	97.1	5.8	4.9	77.4	9.7	97.5	5.6	5.1	78.2		210 - 235
30	30	2.6	6.0	115	11.9	94.9	10.3	2.7	59.9	9.5	95.3	10.0	2.8	61.1	65 - 85	390 - 425
				100	12.1	97.0	8.8	3.2	67.1	9.7	97.3	8.6	3.3	68.1		335 - 360
				85	12.4	99.0	7.3	4.0	74.2	9.9	99.4	7.1	4.1	75.2		270 - 305
				70	12.6	101.1	5.8	5.1	81.4	10.2	101.5	5.6	5.3	82.2		210 - 235

Figura 4.12

**GW 1100 and GW 1101 Cooling Full Load Performance Data**

GROUND					HYDRONIC FLOW - 16 GPM 3.4 PSIG dP, 7.9 FT dP					HYDRONIC FLOW - 20 GPM 4.0 PSIG dP, 9.2 FT dP					REFRIGERANT PRESSURE	
EWT °F	GPM	dP psig	dP ft	Hyd LWT °F	TEMP DROP	CAP kBTUh	PWR kW	EER	HR kBTUh	TEMP DROP	CAP kBTUh	PWR kW	EER	HR kBTUh	Suction Pressure	Head Pressure
50	20	1.2	2.8	35	12.2	97.8	5.7	17.3	117.1	10.2	101.8	5.7	17.8	121.3	80 - 100	220 - 260
				40	12.8	102.6	5.7	18.1	121.9	10.7	106.8	5.7	18.6	126.3	85 - 105	
				45	13.4	107.4	5.7	18.9	126.8	11.2	111.8	5.7	19.5	131.4	90 - 110	
				50	14.0	112.2	5.7	19.7	131.6	11.7	116.8	5.8	20.3	136.4	95 - 115	
				35	12.4	99.1	5.5	18.1	117.8	10.3	103.2	5.5	18.6	122.1	80 - 100	
				40	13.0	103.9	5.5	18.9	122.7	10.8	108.2	5.6	19.5	127.2	85 - 105	
	24	1.7	3.9	45	13.6	108.8	5.5	19.8	127.6	11.3	113.3	5.6	20.4	132.2	90 - 110	210 - 250
				50	14.2	113.7	5.5	20.6	132.5	11.8	118.3	5.6	21.2	137.3	95 - 115	
				35	12.6	100.4	5.3	18.8	118.7	10.4	104.3	5.4	19.4	122.6	85 - 100	
				40	13.2	105.3	5.4	19.7	123.6	10.9	109.4	5.4	20.3	127.8	90 - 105	
				45	13.8	110.2	5.4	20.5	128.6	11.5	114.6	5.4	21.3	132.9	95 - 110	
				50	14.4	115.2	5.4	21.4	133.5	12.0	119.7	5.4	22.2	138.1	100 - 115	
	30	2.6	6.0	35	12.6	100.4	5.3	18.8	118.7	10.4	104.3	5.4	19.4	122.6	85 - 100	200 - 240
				40	13.2	105.3	5.4	19.7	123.6	10.9	109.4	5.4	20.3	127.8	90 - 105	
				45	13.8	110.2	5.4	20.5	128.6	11.5	114.6	5.4	21.3	132.9	95 - 110	
				50	14.4	115.2	5.4	21.4	133.5	12.0	119.7	5.4	22.2	138.1	100 - 115	

Figura 4.13

- Dimensiones, con esquemas que facilitan la comprensión.
- Datos físicos del tipo de compresor, la válvula de expansión, la bomba de sobrecalentamiento y el peso.

	Ultra							
	37	47	57	77	87	110	240	360
Compressor	Compliant Scroll							
Expansion Device	Thermostatic							
Desuperheater Pump	1/150 HP						None	
Transformer (VA)	50 or 55						150	
Weight (lbs)	230	305	325	385	415	465	800	1010

Figura 4.14

- Datos eléctricos:
  - Tensión (V) / Fase / Frecuencia (Hz)
  - Corriente del compresor: Arranque y nominal (A)
  - Corriente máxima de la bomba (A)
  - Potencia de la bomba (HP)

Model	Voltage Phase Frequency (Hz)	Compressor		Hydronic Pump		Without PumpPAK			PumpPAK		With PumpPAK		
		RLA	LRA	HP	FLA	Total FLA	Min. Amp.	Max Fuse	HP	FLA	Total FLA	Min. Amp.	Max Fuse
		370/371	208/230-1, 60	15.4	83	1/3	3.6	--	--	--	1/3	3.6	22.6
	208/230-3, 60	11.5	77	1/3	3.6	15.1	18.0	25	--	--	--	--	--
	460-3, 60	5.1	35	1/3	1.1	6.2	7.5	10	--	--	--	--	--
	220/240-1, 50Hz	16.0	87	1/3	3.6	--	--	--	1/3	3.6	23.2	27.2	40
	200/220-3, 50Hz	13.4	81	1/3	3.6	17.0	20.4	30	--	--	--	--	--
	380-3, 50Hz	5.1	32	1/3	1.1	6.2	7.5	10	--	--	--	--	--

Figura 4.15

- Diagrama del cableado eléctrico

- Factores de corrección:
  - FC que determina la potencia absorbida y la capacidad térmica (para calefacción y refrigeración) según carga parcial.

**Ground Side Flow Rates**

NOMINAL GPM	HEATING		COOLING	
	BTU/hr	KW	BTU/hr	KW
60%	0.95	0.98	0.98	1.07
70%	0.97	0.98	0.98	1.05
80%	0.98	0.99	0.99	1.03
90%	0.99	0.99	0.99	1.02
100%	1.00	1.00	1.00	1.00
110%	1.01	1.00	1.01	0.99
120%	1.02	1.01	1.02	0.98
130%	1.03	1.01	1.02	0.98
140%	1.04	1.01	1.03	0.97
150%	1.05	1.02	1.03	0.96

**GW, Hydronic Side Flow Rates**

NOMINAL GPM	HEATING		COOLING	
	BTU/hr	KW	BTU/hr	KW
80%	0.99	1.03	0.96	0.99
90%	1.00	1.01	0.98	1.00
100%	1.00	1.00	1.00	1.00
120%	1.00	0.97	1.03	1.01
140%	1.01	0.96	1.06	1.02
160%	1.01	0.94	1.08	1.03
180%	1.01	0.93	1.09	1.04
200%	1.02	0.93	1.10	1.05

Figura 4.16

- FC que determina la caída de presión en función del flujo

Gnd Loop		Hyd Loop	
Flow GPM	dP PSIG	Flow GPM	dP PSIG
GW 370/371			
5	1.2	7	2.0
6	1.6	8	2.6
7	2.0	9	3.2
8	2.6	10	3.8
9	3.2	11	4.5
10	3.8		
11	4.5		

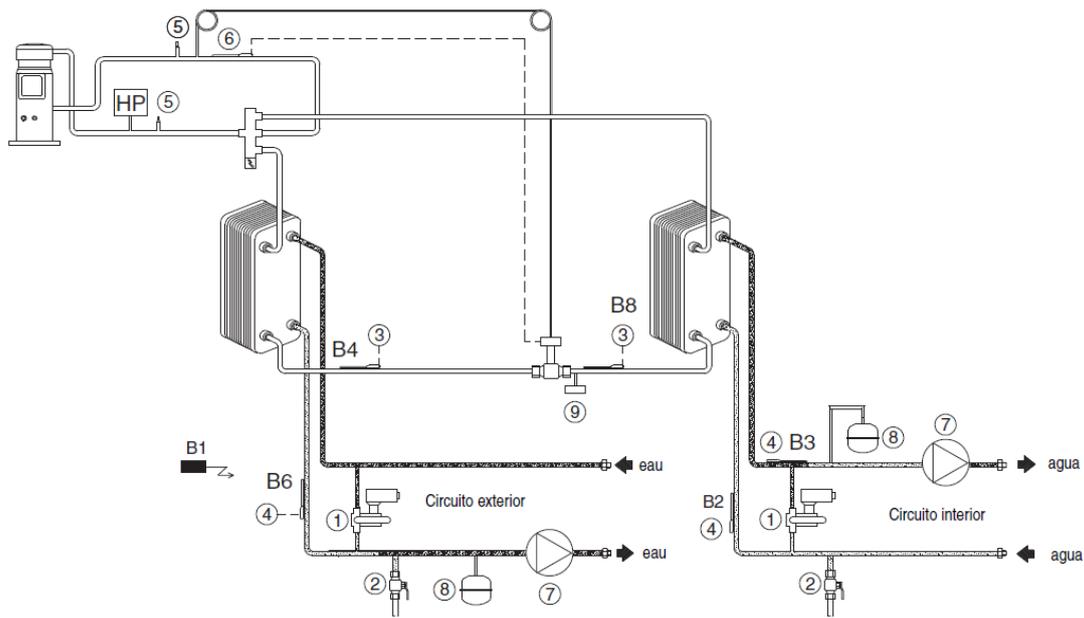
Figura 4.17

### 4.3.CIATESA

CIATESA se dedica al diseño y fabricación de equipos de aire acondicionado, climatización, refrigeración y tratamiento de aire. Para que los ingenieros puedan decantarse por sus productos, como casi todos los fabricantes, ponen a disposición del técnico que lo requiera, catálogos técnicos para la mejor comprensión de las maquinas.

Siguiendo la estructura típica, y con algunas variaciones, CIATESA, en sus catálogos técnicos, concretamente al que se va a ceñir este documento (Bombas de calor reversibles agua / agua – Modelo AGE0, con uso para climatización geotérmica), muestra una descripción inicial del equipo, así como las normativas que cumple.

A continuación introduce un esquema hidráulico del conjunto de la máquina:



SONDAS

- |  |                          |                                 |
|--|--------------------------|---------------------------------|
| B1 Sonda de aire exterior              | ① Presostato diferencial | ⑥ Bulbo de válvula de expansión |
| B2 Sonda retorno agua                  | ② Válvula de desagüe     | ⑦ Bomba de circulación          |
| B3 Sonda salida agua                   | ③ Sonda anti-hielo       | ⑧ Vaso de expansión             |
| B8 Sonda freón intercambiador interior | ④ Sonda de regulación    | ⑨ Tapón fusible                 |
| B6 Sonda salida agua                   | ⑤ Válvula Schraeder      |                                 |
| B4 Sonda freón intercambiador exterior |                          |                                 |

Figura 4.18

Y en función del modelo, presenta los caudales mínimo y nominal para un correcto funcionamiento de la máquina:

		Ageo							
		20	30	40	50	65	80	100	120
INTERCAMBIADOR INTERIOR	Caudal mínimo (m³/h)	0,85	1,08	1,40	1,90	2,12	2,75	3,45	4,27
	Caudal nominal, modo calor captador enterrado (m³/h) (1)	1,25	1,35	1,60	2,35	2,54	3,20	4,20	5,30
	Caudal nominal, modo calor capa freática (m³/h) (2)	1,47	1,56	1,98	2,63	3,27	4,00	5,08	5,95
INTERCAMBIADOR EXTERIOR	Caudal mínimo (m³/h)	0,82	1,15	1,45	1,95	2,48	3,00	3,84	4,45
	Caudal nominal, modo calor (m³/h)	1,54	1,58	2,03	2,72	3,34	4,00	5,05	5,95

(1) régimen modo calor, captador enterrado, agua 0°C/-3°C, emisor 30°C / 35°C  
 (2) régimen modo calor, capa freática, agua, emisor 40°C/45°C

Figura 4.19

CIATESA provee de una tabla para realizar una selección rápida del modelo solo con el conocimiento de unos datos básicos: potencia frigorífica y absorbida (régimen de refrigeración), potencia calorífica y absorbida (régimen de calefacción), COP y nivel de ruido (figura 4.20)

Ageo	20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT
Nº de circuitos	1											
Potencia frigorífica (1)	5.0	6.9	9.2	11.3	5.0	6.7	9.2	12.7	15.5	18.4	23.2	27.6
Potencia absorbida compresor (1)	1.6	2.1	2.6	3.1	1.5	2.0	2.6	3.2	3.9	4.8	5.8	6.9
Potencia calorífica (2)	6.8	9.4	12.1	15.3	6.8	9.5	12.2	16.0	19.8	24.5	31.0	36.3
Potencia absorbida compresor (2)	1.5	2.0	2.4	2.9	1.4	2.0	2.5	3.1	3.7	4.6	5.5	6.6
C.O.P.	4.7	4.7	5.0	5.3	4.8	5.0	5.0	5.2	5.3	5.3	5.6	5.4
Nivel de potencia sonora dBA	53	53	53	55	53	53	53	55	58	58	58	60

(1) Potencias frigoríficas indicadas para agua fría 7 °C / 12 °C régimen condensador 30 °C / 35 °C  
 (2) Potencias caloríficas indicadas para agua caliente 35 °C / 30 °C régimen evaporador 10 °C

Figura 4.20

El fabricante desglosa (al igual que antes lo hacía gráficamente con el esquema hidráulico) los componentes del sistema, definiendo:

- Compresor (tipo, motor, protección y aislamiento acústico)
- Intercambiadores (tipo, material, tipo de aislamiento)
- Accesorios( Tipo de válvulas – de inversión y expansión – , soportes)
- Cuadro eléctrico (Normativas, existencia o no de pantalla, mando remoto, sondas, protecciones (remota, contactores, tierra))
- Modulo electrónico
- Equipos de regulación y seguridad (presostato, sondas)
- Módulos hidráulicos integrados y accesorios

Para poder analizar el comportamiento hidráulico del sistema, el fabricante facilita graficas altura caudal para cada modelo y cada circuito (interior y exterior):

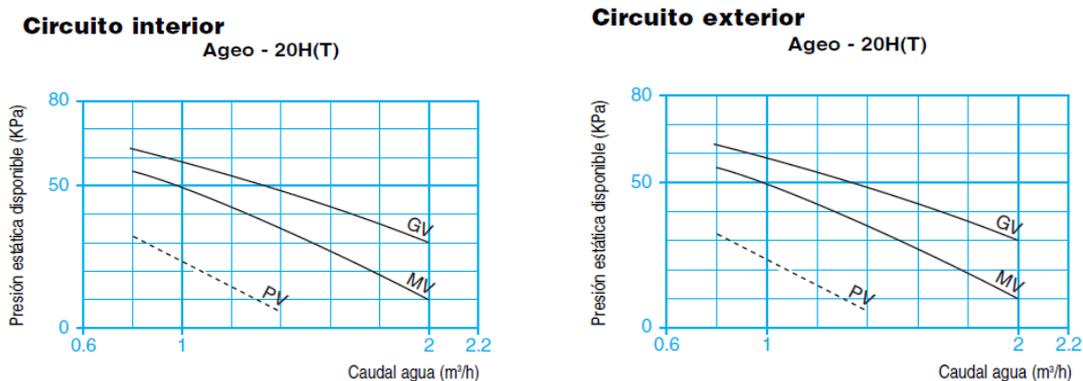


Figura 4.21

Los datos técnicos los presenta en función del modelo, las temperaturas de salida (agua caliente y fría) y el fluido caloportador (agua pura o solución glicolada). Se facilitan datos de potencias:

- $P_f$ : Potencia frigorífica valida según los limites de funcionamiento
- $P_a$ : Potencia absorbida por el compresor
- $P_c$ : Potencia calorífica valida según los limites de funcionamiento

**POTENCIAS FRIGORIFICAS Y CALORIFICAS EN MODO CALOR**

T° salida agua fría en °C	T° Salida agua caliente en °C																		
	30			35			40			45			50			55			
	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	
Solución con 40% de monopropileno glicol	-6	3,4	1,3	4,3	3,3	1,4	4,6	3,1	1,6	4,6	2,9	1,8	4,6	2,7	2,1	4,6	2,3	2,4	4,5
	-4	3,7	1,3	4,9	3,6	1,4	4,9	3,4	1,6	4,9	3,2	1,8	5,9	2,9	2,1	4,9	2,6	2,4	4,8
	-2	4,0	1,3	5,2	3,8	1,4	5,2	3,7	1,6	5,2	3,5	1,8	5,2	3,2	2,1	5,1	2,9	2,4	5,1
	0	4,4	1,3	5,6	4,2	1,4	5,6	4,0	1,6	5,5	3,8	1,8	5,5	3,5	2,1	5,4	3,2	2,3	5,4
	2	4,7	1,3	5,9	4,5	1,4	5,9	4,3	1,6	5,8	4,1	1,8	5,8	3,8	2,1	5,7	3,4	2,3	5,6
20H Agua pura	5	5,5	1,3	6,7	5,2	1,4	6,6	5,0	1,6	6,6	4,7	1,8	6,5	4,4	2,1	6,4	4,1	2,3	6,3
	6	5,9	1,3	7,2	5,6	1,5	7,0	5,2	1,6	6,8	4,9	1,9	6,7	4,6	2,1	6,6	4,3	2,3	6,5
	7	6,2	1,3	7,4	5,8	1,5	7,2	5,4	1,6	7,0	5,1	1,9	6,8	4,8	2,1	6,7	4,4	2,3	6,6
	8	6,3	1,3	7,6	6,0	1,5	7,4	5,6	1,6	7,2	5,3	1,8	7,1	4,9	2,1	6,9	4,6	2,3	6,8
	10	6,7	1,3	8,0	6,4	1,5	7,8	6,0	1,6	7,6	5,7	1,8	7,4	5,3	2,1	7,3	4,9	2,3	7,2
	12	7,2	1,3	8,4	6,8	1,5	8,2	6,4	1,6	8,0	6,0	1,8	7,8	5,7	2,1	7,7	5,3	2,3	7,5
	15	7,9	1,3	9,1	7,5	1,5	9,0	7,1	1,6	8,7	6,7	1,9	8,5	6,3	2,1	8,3	5,9	2,3	8,2
	18	8,8	1,3	10,0	8,4	1,4	9,8	8,0	1,6	9,6	7,5	1,9	9,3	7,0	2,1	9,0	6,5	2,3	8,7
	20	9,3	1,3	10,6	8,9	1,4	10,3	8,5	1,6	10,1	7,9	1,9	9,7	7,4	2,1	9,5	7,0	2,3	9,2

Figura 4.22

También se presentan datos técnicos de cada uno de los componentes del sistema:

Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT	
Compresor	Número	1												
	Tipo	SCROLL												
	Regulación potencia	%												
	Velocidad de rotación	rpm												
	Fluido refrigerante R 410A	0,68	0,74	0,88	1,48	0,68	0,74	0,88	1,48	1,55	1,85	2,95	2,95	
	Volumen de aceite POE	1,1	1,25	1,66	1,1	1,25	1,95	1,66	1,77	3,25	3,25			
Intercambiador Interior	Número / circuito	1 / 1												
	Tipo	Placas soldadas												
	Volumen de agua	1,04	1,24	1,62	2,38	1,04	1,24	1,62	2,38	2,76	3,7	4,17	4,17	
Módulo hidráulico Interior	Volumen del vaso de expansión	8										12		
	Presión de llenado del vaso de expansión	bar												
	Capacidad de agua máx. de la instalación agua pura / agua glicolada	250 / 120									375 / 180			
	Capacidad de agua mín. de la instalación	38	40	52	66	40	52	66	83	102	127	148		
Intercambiador exterior	Bomba de circulación número de velocidades / Presión disponible 30/35°C 10°C	2 / 48		2 / 36	2 / 39	2 / 48	2 / 36	2 / 39	2 / 45	2 / 40	2 / 58	2 / 42		
	Número / circuito	1 / 1												
	Tipo	Placas soldadas												
	Volumen de agua	1,04	1,24	1,62	2,38	1,04	1,24	1,62	2,38	2,76	3,7	4,17	4,17	
Módulo hidráulico exterior	Volumen del vaso de expansión	8										12		
	Presión de llenado del vaso de expansión	bar												
	Capacidad de agua máx. de la instalación agua glicolada	214									321			
	Bomba de circulación número de velocidades / Presión disponible 30/35°C 10°C	3 / 39	3 / 45	3 / 38	3 / 39	3 / 45	3 / 38	3 / 57	3 / 58	3 / 44	3 / 19			

Figura 4.23

Así como las características eléctricas:

- Alimentación
- Intensidad nominal, máxima y de arranque (A)
- Acometida eléctrica
- Conexiones (mm<sup>2</sup>)
- Disyuntor (Am)

Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT			
Alimentación eléctrica		230V - 1ph +neutro + Tierra - 50Hz					400V - 3ph +neutro + Tierra - 50Hz									
	Compresor	A	13,9	17,5	22,2	27	3,4	4,8	7,6	10,3	11,2	14,3	16,4	20,5		
Intensidad nominal	Bomba circuito interior mín./máx.	A	0,57 / 0,96					0,65 / 1,10			1,75 / 2,02					
	Bomba circuito exterior mín./máx.	A	0,57 / 0,96		0,65 / 1,10		0,57 / 0,96		0,65 / 1,10		1,75 / 2,02					
	Regulación	A	0,18													
	Intensidad máxima del grupo (1)	A	16	19,6	24,5	31,8	5,5	6,9	9,84	12,54	14,5	17,6	19,7	24,72		
	Intensidad arranque del compresor	A	23	29	39	43	21,5	30	48	64	74	101	111	118		
Acometida eléctrica			3G4		3G6		3G10		5G2,5		5G4		5G6			
Conexiones termostato, sonda exterior, sonda piscina, entradas T/N		mm²	0,2 - 1,5													
Conexiones válvula by-pass verano/Invierno, bobina contactor bomba pozo, kits de control de circuitos		mm²	1,5													
Disyuntor (no incluido) ( curva C o D )		Am	20		25		32		10		16		20		25	

(1) Intensidad correspondiente a la intensidad máxima del compresor en funcionamiento  
 (2) Cable con 2 o 3 conductores cargados, tipo PVC, para temperaturas inferiores a 60°C  
 Nota: para condiciones diferentes, consulte las normas en vigor.

Figura 4.24

Niveles sonoros:

Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT			
	Nivel de presión global	dB(A)	34		36		34		36		39		41		44	
	Nivel de presión global con aislamiento fónico	dB(A)	31		33		31		33		36		38		41	

Nivel de presión sonora a 5 metros, a 1,5 metros del suelo, en campo libre, directividad 2.

Figura 4.25

Se incluyen también esquemas para la conexión con agua de pozo o intercambiadores enterrados.

Esquema de dimensiones con diámetros de conexiones y pesos según modelo:

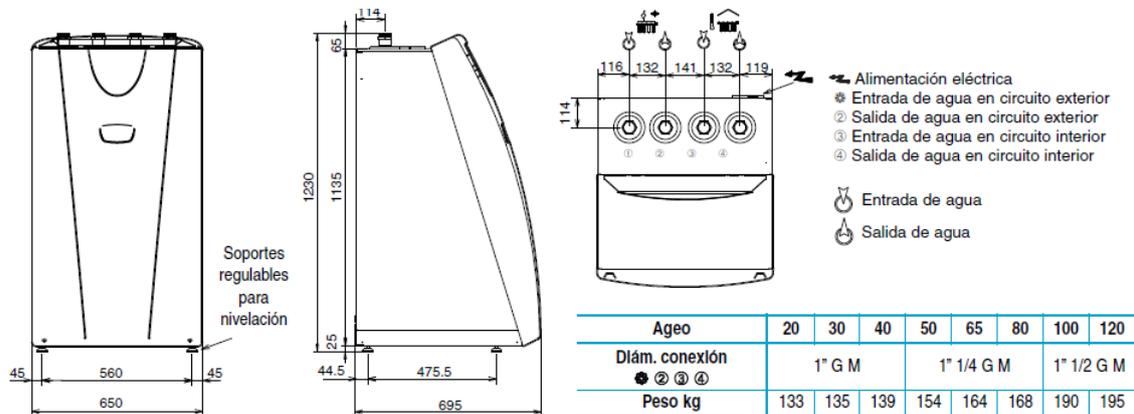


Figura 4.26

CIATESA finaliza el catálogo con una serie de consejos útiles de utilización e instalación, tales como la ubicación de la bomba para su mejor acceso, consejos sobre conexiones hidráulicas y eléctricas, puesta en funcionamiento y mantenimiento.

#### **4.4. Estudio comparativo**

Ya se ha visto como se estructuran los catálogos técnicos de equipos de climatización. Entre las marcas seleccionadas, se encuentran dos fabricantes de enfriadoras (ECONAR y CIATESA) y un equipo autónomo (HYDRON).

Antes de entrar a evaluar los comportamientos de cada modelo, se va a realizar un análisis cuantitativo sobre la implicación de la variación de las temperaturas de condensación y evaporación en la potencia desarrollada y el COP/EER.

Así, en modo calefacción, como se verá en los epígrafes correspondientes, y como es de esperar, un aumento de la temperatura de evaporación reduce el salto isentrópico del compresor incrementando el COP, y por tanto, la potencia que desarrolla la maquina. En cambio, al aumentar la temperatura de condensación, manteniendo la temperatura de evaporación, se produce una disminución del COP y de la potencia térmica.

En modo de refrigeración se tiene el mismo resultado, salvo que la potencia útil y la potencia expulsada al ambiente, están en el lado contrario de la maquina, así al aumentar la temperatura de condensación se reduce el EER y la potencia, y al aumentar la temperatura de evaporación se incrementa el EER y la potencia

En principio el objetivo era comparar el comportamiento de las enfriadoras en regímenes de calefacción y refrigeración, pero una vez que se han analizados los datos de una de las marcas (CIATESA) se ha llegado a la conclusión de que pese a ser un catalogo de una bomba de calor reversible y de hacer referencias a la refrigeración, tan solo mostraba valores en régimen de invierno. Así, se ha realizado una comparación en régimen de calefacción de las marcas ECONAR y CIATESA. Con respecto a la refrigeración se ha realizado un análisis de los modelos de la marca ECONAR.

Se ha realizado el análisis en condiciones EUROVENT. EUROVENT es el Comité europeo de Fabricantes de equipos de Ventilación, Acondicionamiento de Aire y Refrigeración, cuyos objetivos primordiales son representar a los fabricantes europeos con las asociaciones nacionales sobre temas internacionales y europeos, informar a sus miembros de toda legislación relevante que emane de la Unión Europea u otros organismos, elaborar e implantar normas europeas y desarrollar un sistema fiable de recolección de estadísticas globales, de forma que certifiquen las características de los equipos acordes a la normativa y estableciendo una base común para todos los fabricantes.

Máquinas enfriadoras:

- Refrigeración: agua fría 7°C, régimen condensador 30°C
- Calefacción: agua caliente 45°C régimen evaporador 10°C

Equipo autónomo

Este tipo de equipos no tienen aún unas condiciones estándar definidas por lo que se han utilizado las siguientes:

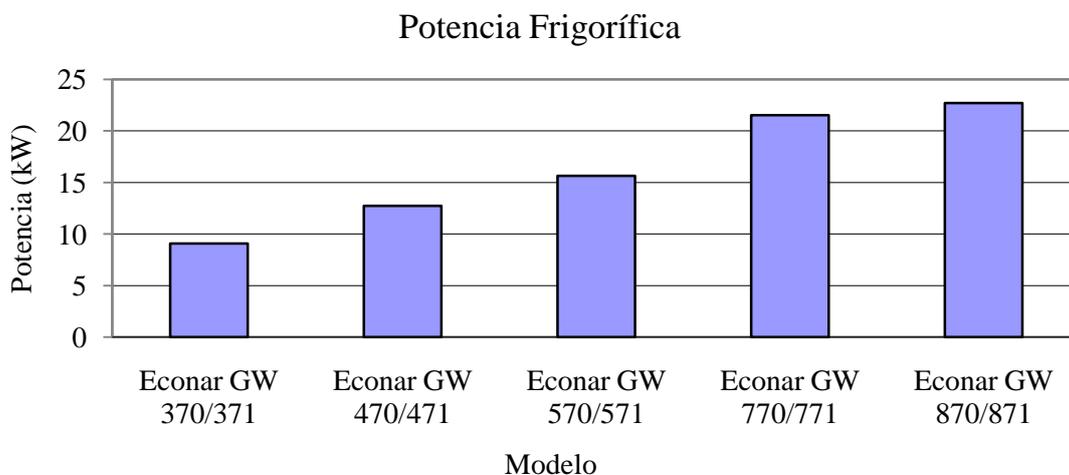
- Refrigeración
  - Temperatura de bulbo seco del aire: 27°C
  - Temperatura de bulbo húmedo del aire: 19°C
  - Temperatura del agua a la entrada: 35°C
- Calefacción
  - Temperatura de bulbo seco del aire: 20°C
  - Temperatura del agua a la entrada: 7°C

#### 4.4.1. Máquinas enfriadoras

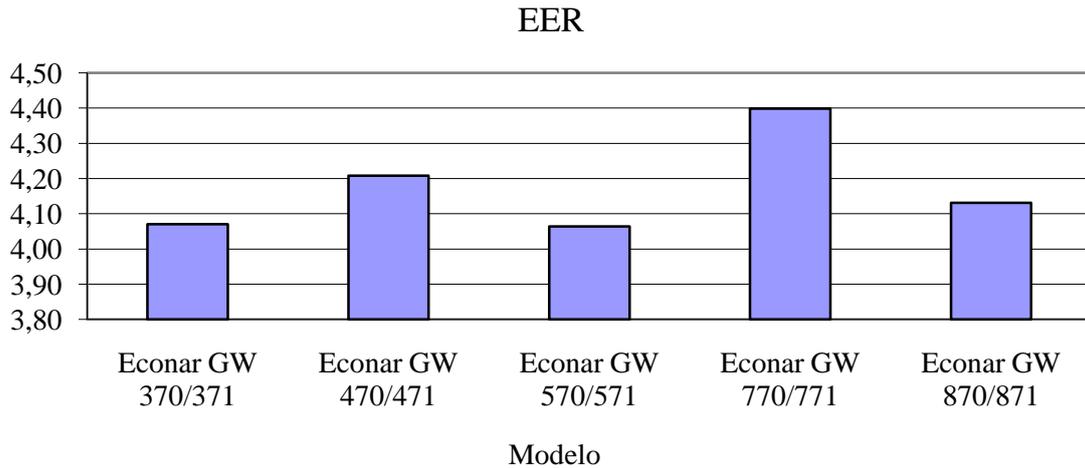
##### 4.4.1.1. Refrigeración

Como ya se ha mencionado, para el régimen de refrigeración solo se tienen datos referentes al fabricante ECONAR, por lo que se hará un estudio de comportamiento según los modelos de dicha marca, sin hacer un estudio comparativo con el resto de fabricantes.

A continuación se muestra la potencia frigorífica y el EER de cada modelo:

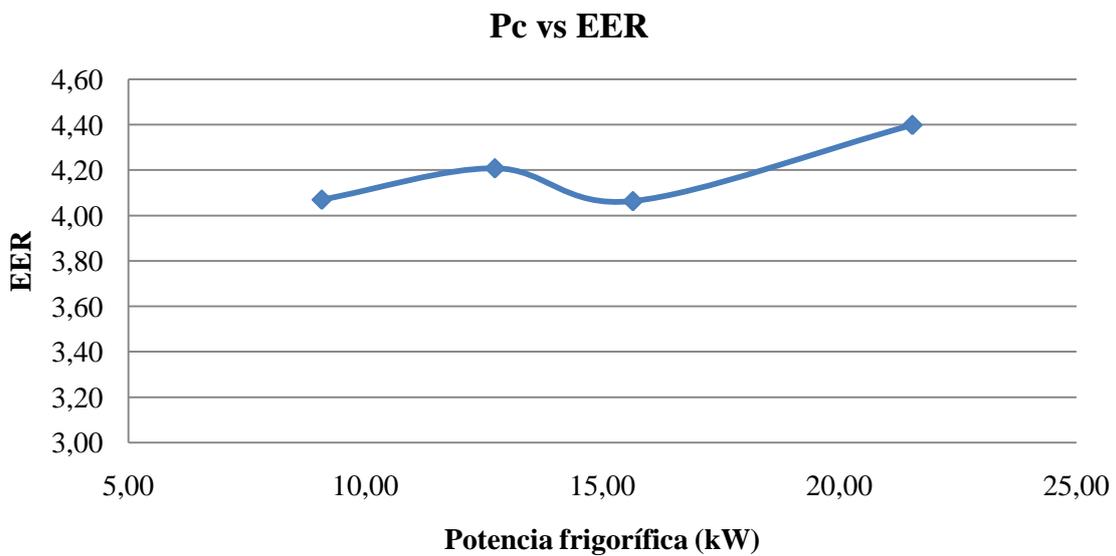


Gráfica 4.1



Gráfica 4.2

Se puede ver a continuación como varía el EER al aumentar la potencia que desarrolla la maquina:

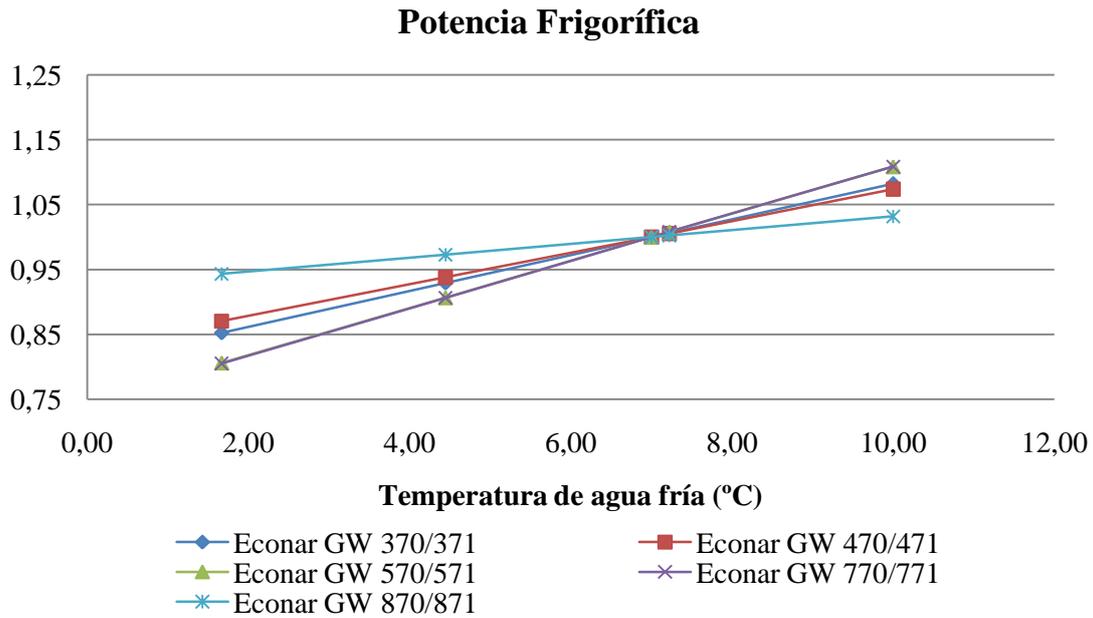


Gráfica 4.3

Se ha estudiado la variación de la potencia frigorífica que desarrolla la máquina en función tanto de la temperatura del agua fría como de la temperatura del condensador.

Para todas las representaciones se ha referido cada potencia (también el EER o COP, según proceda, y en todos los epígrafes) a las condiciones EUROVENT, para así poder realizar una comparación sea cual sea la potencia que desarrolle la máquina.

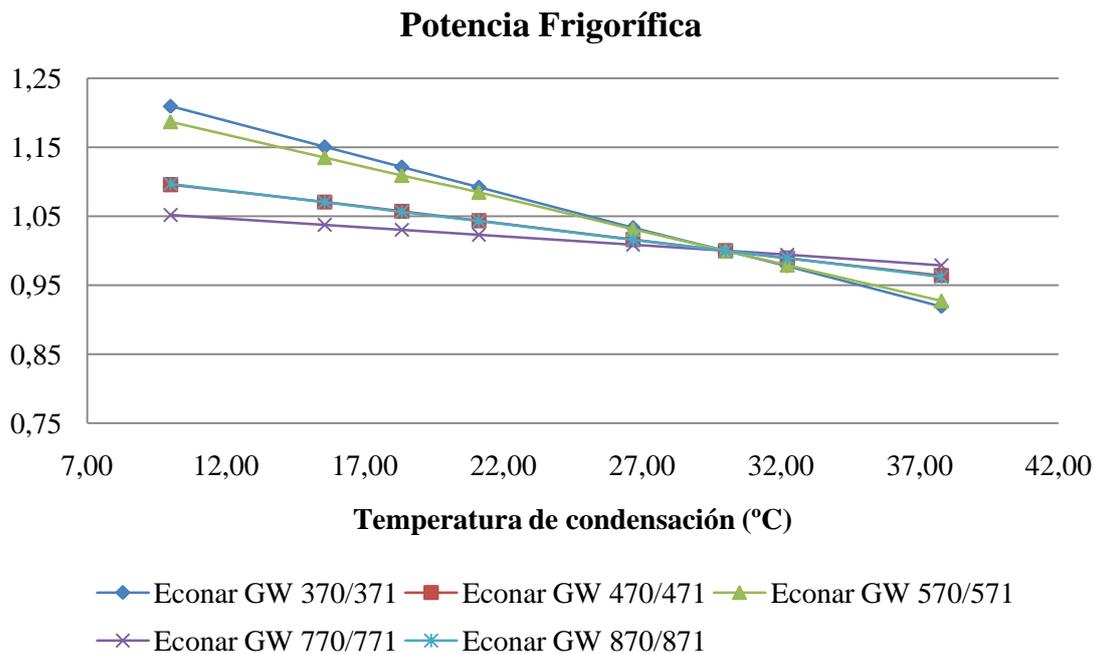
En primer lugar se ha fijado la temperatura del condensador a 30°C y se ha variado la temperatura del agua fría desde los 1,67°C hasta los 10°C.



Gráfica 4.4

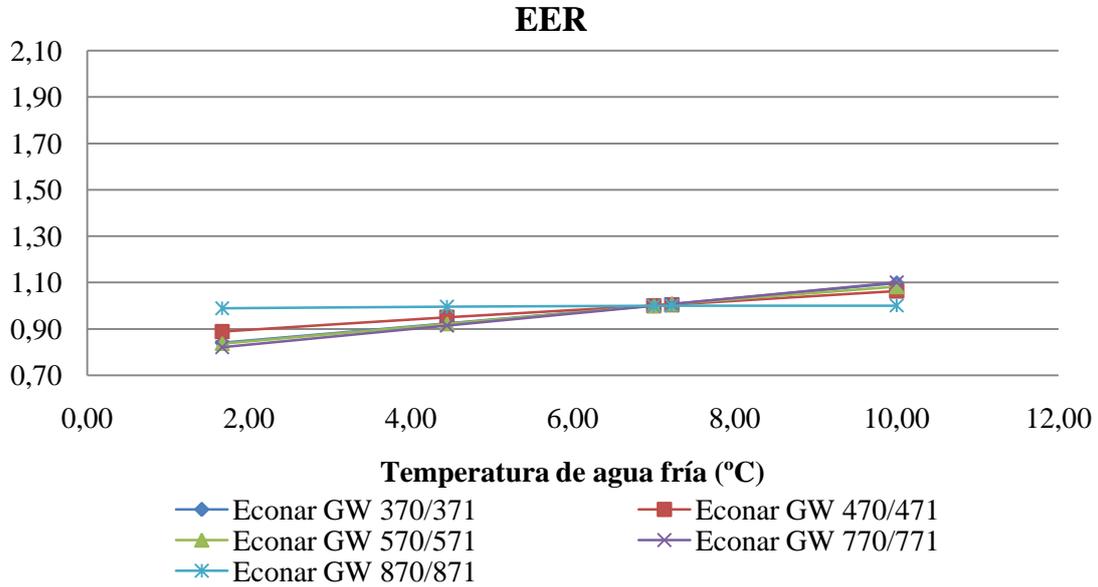
Atendiendo a los valores de la grafica, se ve como todos los modelos se comportan del a forma semejante al variar la temperatura, excepto el de mayor potencia (GW 870/871) que varia tan solo sensiblemente su comportamiento en función de la temperatura de salida del agua fría.

Variando ahora la temperatura de condensación y fijando la temperatura del agua fría en 7°C, se tiene que la variación de la capacidad distingue dos grupos de modelos, siendo dos de ellos muy sensibles (GW 570/571 y GW 370/371) y los otros tres (GW 470/471, GW 770/771 y GW 870/871) no tanto, pero aun así sensibles.



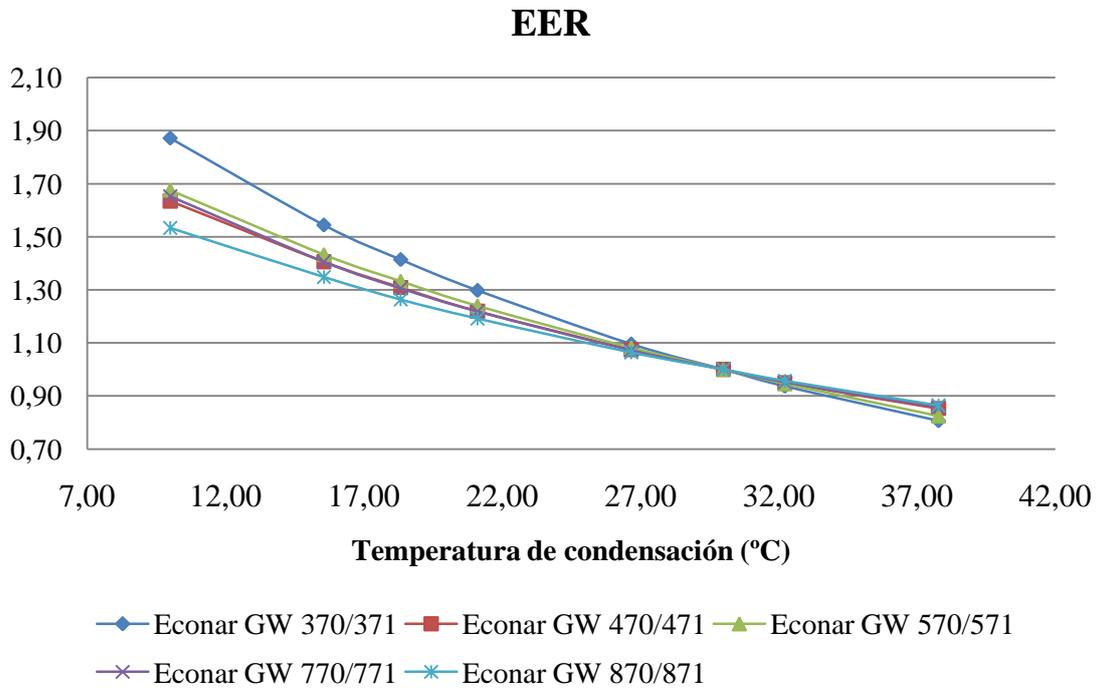
Gráfica 4.5

Si se observa ahora la evolución del EER frente a esta misma temperatura del agua fría, se ve como efectivamente, el modelo que variaba muy poco, mantiene constante el EER, y el resto de modelos, se comportan de la misma forma.



Gráfica 4.6

En lo referente al EER según la temperatura de condensación se observa que todos los modelos se comportan de la misma forma, siendo considerablemente sensibles.

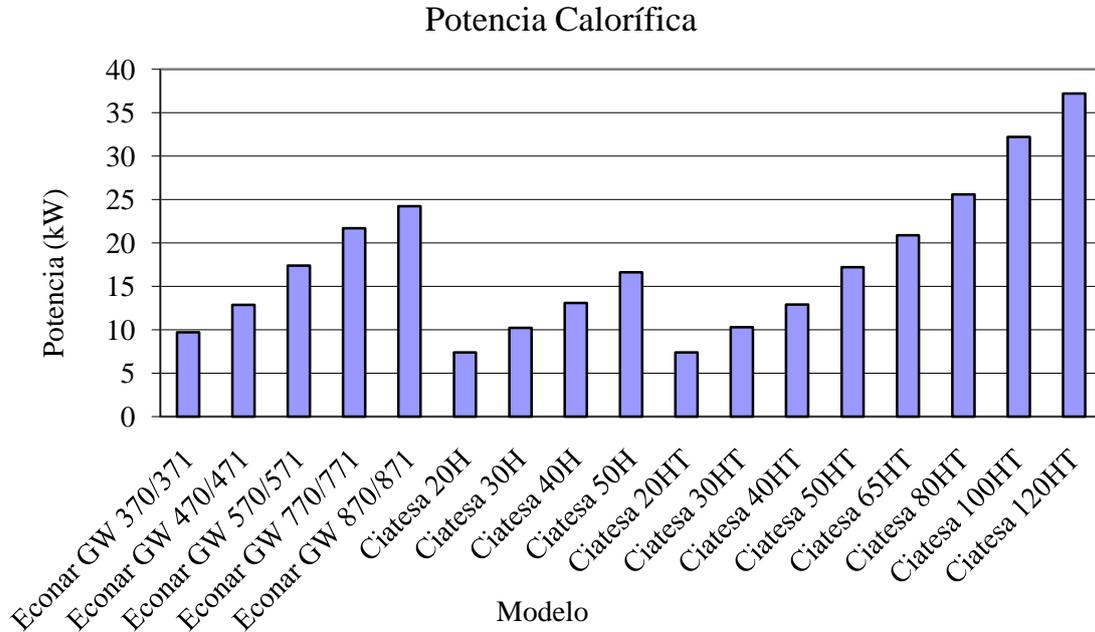


Gráfica 4.7

#### 4.4.1.2. Calefacción

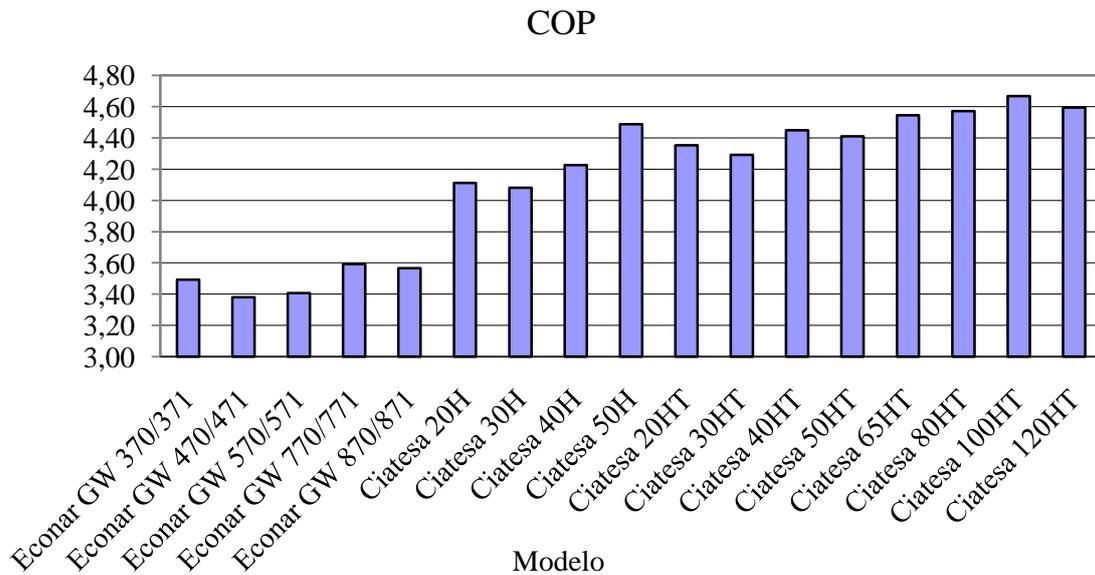
El proceso seguido para la refrigeración, se repite ahora para la calefacción, con la salvedad de que en este caso se compraran dos marcas diferentes y sus modelos.

Se muestra a continuación la potencia calorífica en kW y el COP en función del modelo:



Gráfica 4.8

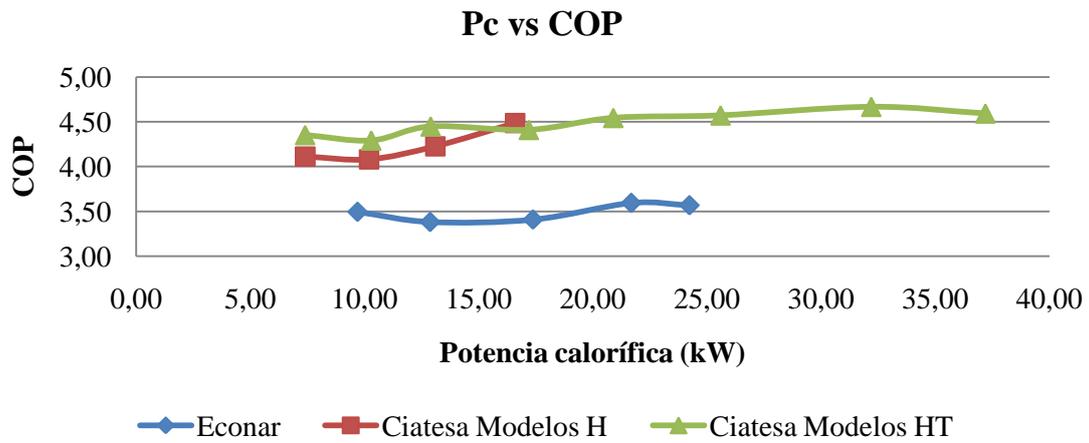
Se pueden observar tres grupos, uno de ECONAR, donde se ve como aumenta la capacidad con cada modelo y dos de CIATESA, donde se aprecian dos familias diferentes, la familia H y la familia HT, comprobándose una variación en función del modelo.



Gráfica 4.9

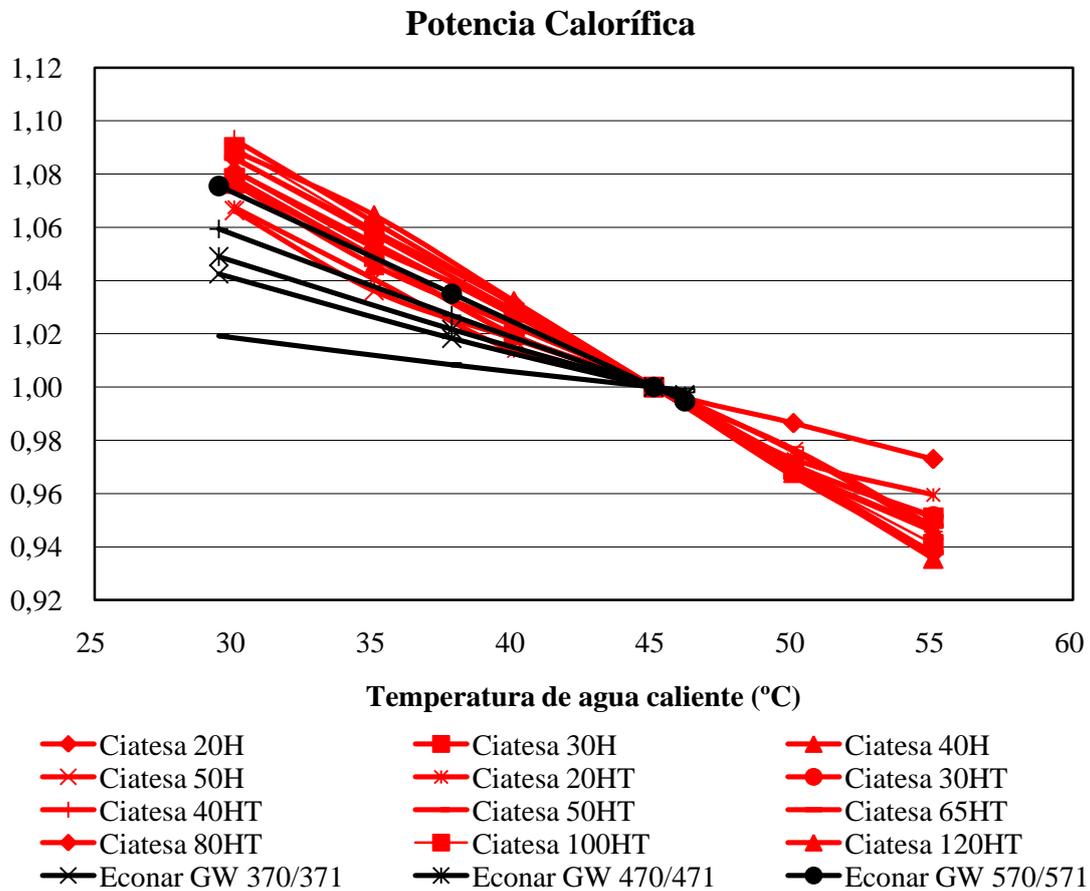
Se comprueba en esta grafica, que pese a tener valores de potencia semejantes, el COP de CIATESA es mucho mayor, ya que, a modo de ejemplo, se puede ver como el modelo ECONAR GW 370/371, el CIATESA 30H y el CIATESA 30HT tienen aproximadamente la misma potencia, el COP de CIATESA es entre un 14% (30H) y un 19% (30HT) mayor. Así con valores de potencia semejantes se observa también que la familia HT de CIATESA es más eficiente que la H.

Se ve ahora la variación del COP en función de la potencia desarrollada, para cada uno de los tres grupos de bombas que se comentaba anteriormente.



Gráfica 4.10

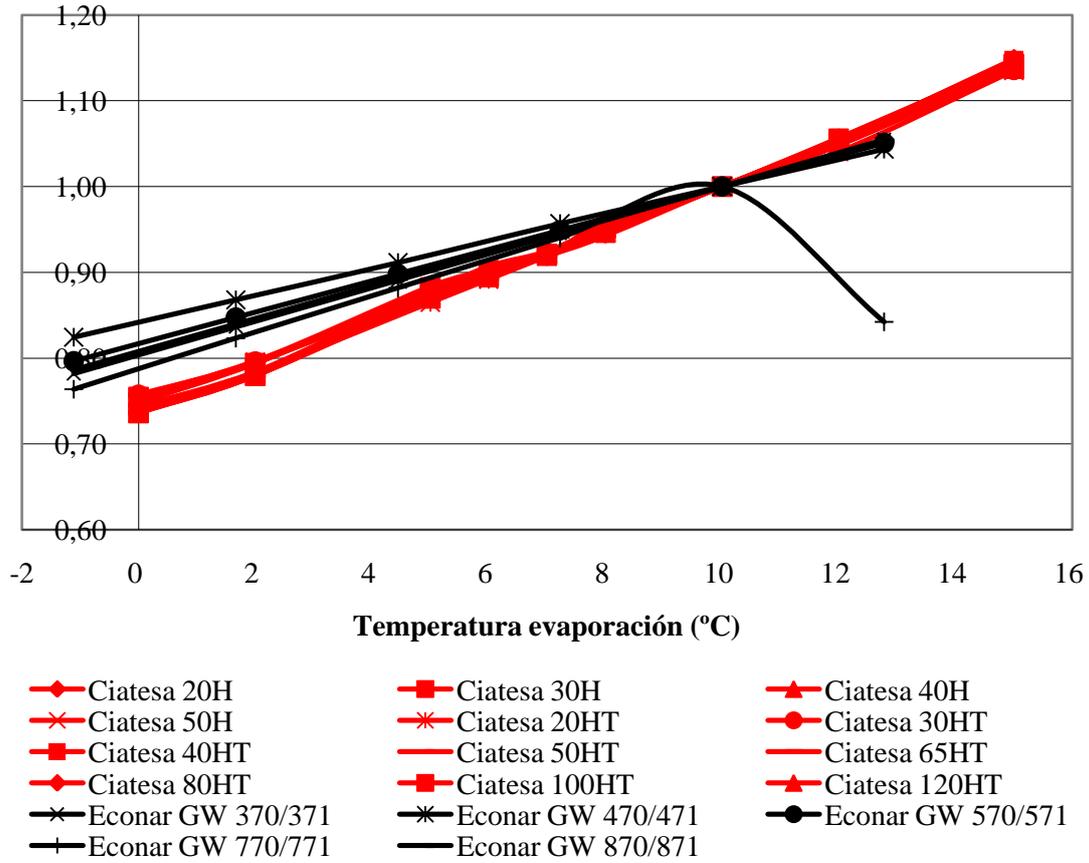
Al igual que ocurría con la refrigeración, se han realizado comparaciones en función tanto de la temperatura de agua caliente (45°C) como de la temperatura del evaporador (10°C). Así se tiene en función de la temperatura de agua caliente se tiene:



Gráfica 4.11

Si se observa ahora la variación en función de la temperatura de evaporación, se aprecia cómo se comportan de forma diferente cada marca, pero de la misma manera cada modelo de cada fabricante. Además la diferencia entre ambas marcas es mínima. Se ve como el comportamiento de uno de los modelos de ECONAR se desvía notablemente a alta temperatura, eso se achaca a un error en el catálogo, ya que no tiene sentido ese comportamiento tan discordante.

### Potencia Calorífica

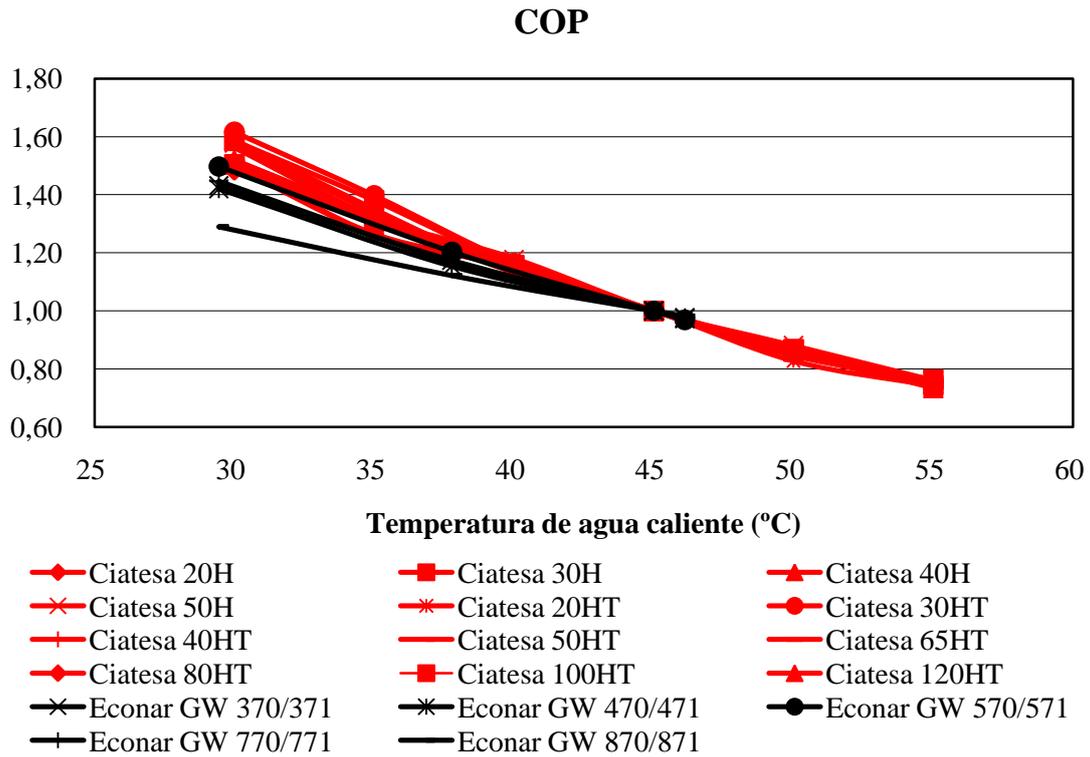


Gráfica 4.12

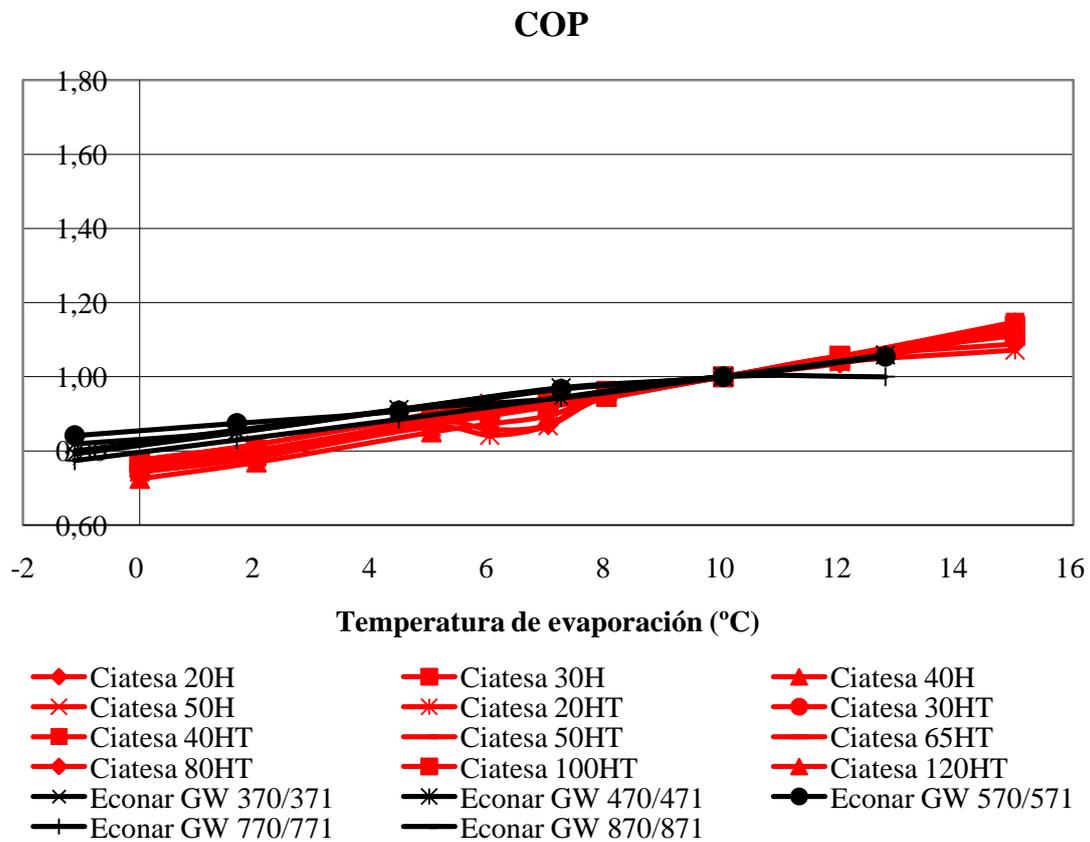
Donde se ve de rojo las curvas de CIATESA y de negro las curvas de ECONAR. Se puede observar que el comportamiento de CIATESA es más homogéneo que el de ECONAR, teniendo ésta más sensibilidad en función de la temperatura del agua caliente.

El comportamiento del COP se mantiene más equitativo salvo por el modelo de mayor potencia de la marca ECONAR, que difiere brevemente.

Analizando ahora el COP, se ve como el comportamiento, al igual que con la capacidad, es homogéneo para cada marca, y no muy distante en cada fabricante. Se ven las variaciones en función de la temperatura de agua caliente y de evaporación.



Gráfica 4.13



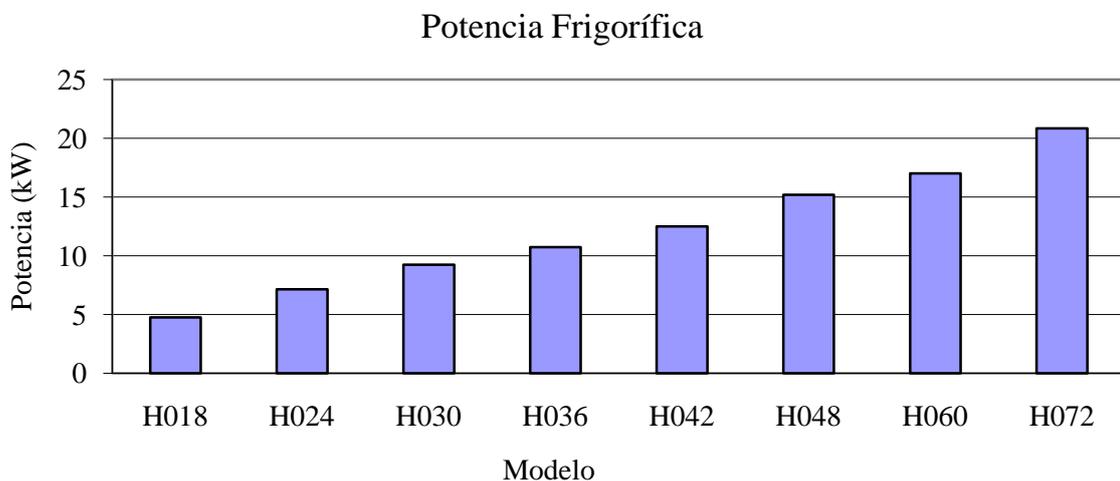
Gráfica 4.14

#### 4.4.2. Equipo autónomo

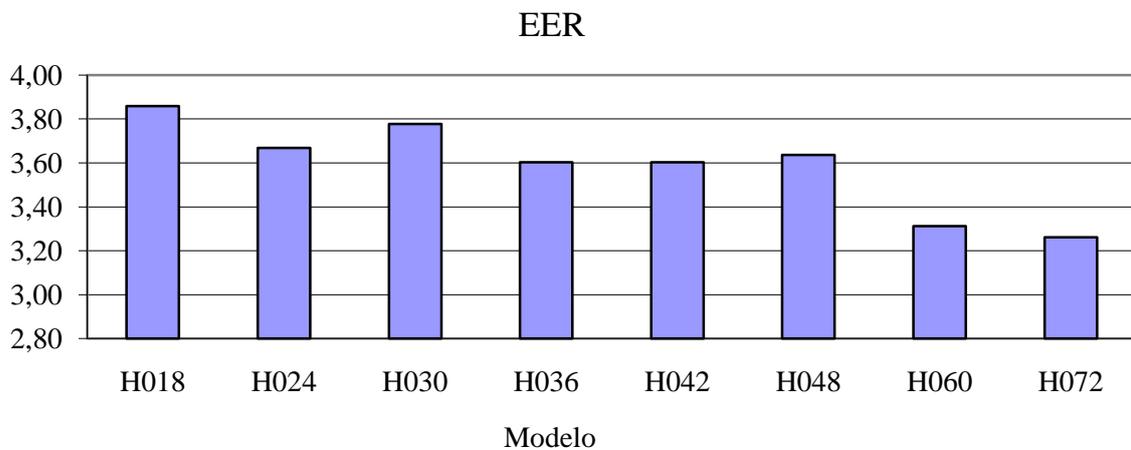
Para estudiar el comportamiento de cada modelo del fabricante HYDRON, se ha llevado a cabo el mismo procedimiento que con las máquinas enfriadoras. Se han referenciado los parámetros (potencias frigorífica y calorífica, COP y EER) a los valores de las condiciones que se han considerado al inicio del capítulo y se han representado, tanto para la variación de la temperatura del aire como la del agua, tanto en régimen de invierno como de verano.

##### 4.4.2.1. Refrigeración

Se muestra a continuación una representación de la potencia que desarrolla cada modelo y su EER y atendiendo a las gráficas se ve que a medida que se aumenta la potencia se condensa el rendimiento.

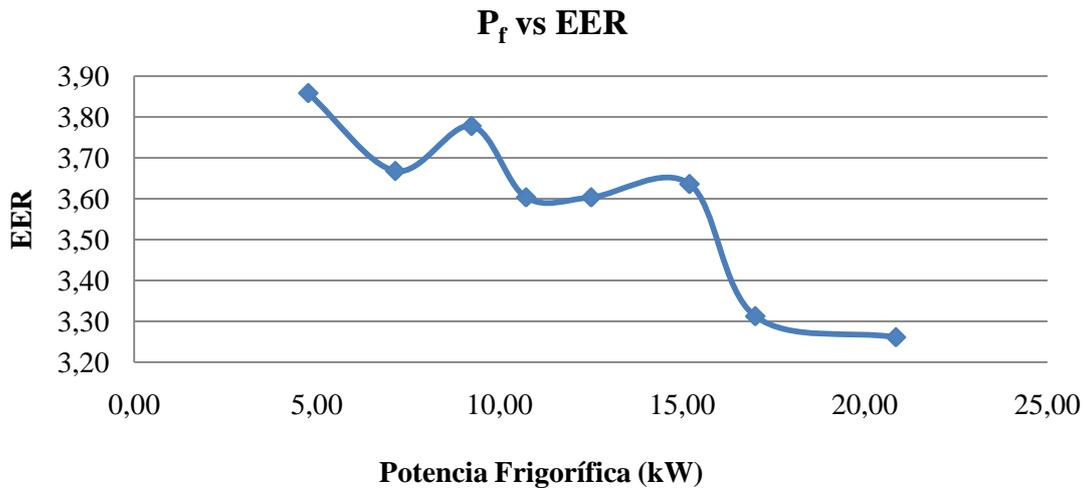


Gráfica 4.15



Gráfica 4.16

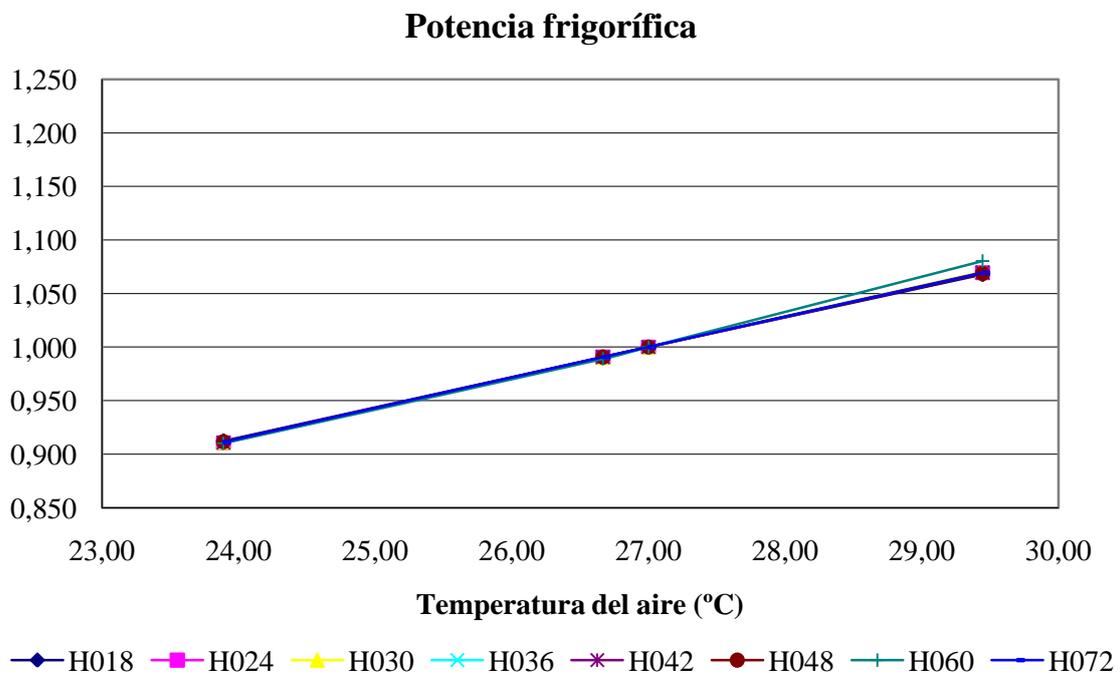
Se muestra a continuación la variación de la potencia frigorífica frente al EER:



Gráfica 4.17

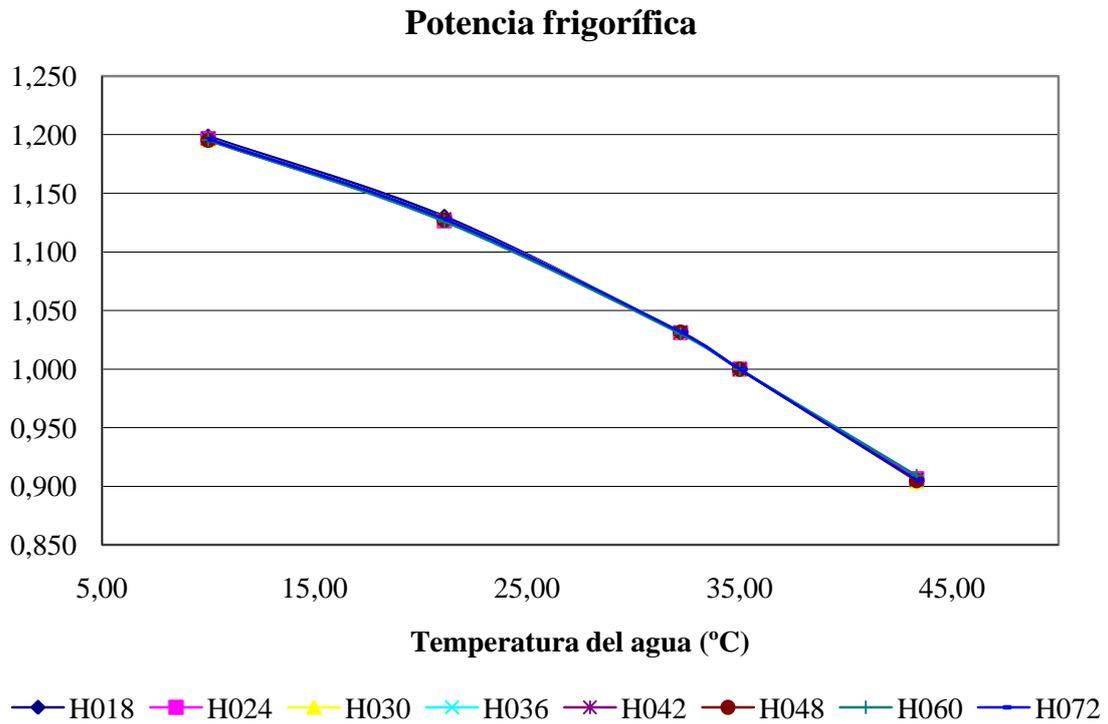
En todos los casos salvo discrepancias puntuales se puede afirmar que el proceso que ha llevado a cabo la marca para la construcción del catalogo ha sido el inverso al que se ha llevado a cabo en este proyecto, es decir, se ha ensayado un modelo en unas condiciones dadas y se ha extrapolado al resto de modelos y condiciones, por lo que los comportamientos de los diferentes modelos son idénticos.

En función de la temperatura del aire (temperatura del agua: 35°C):



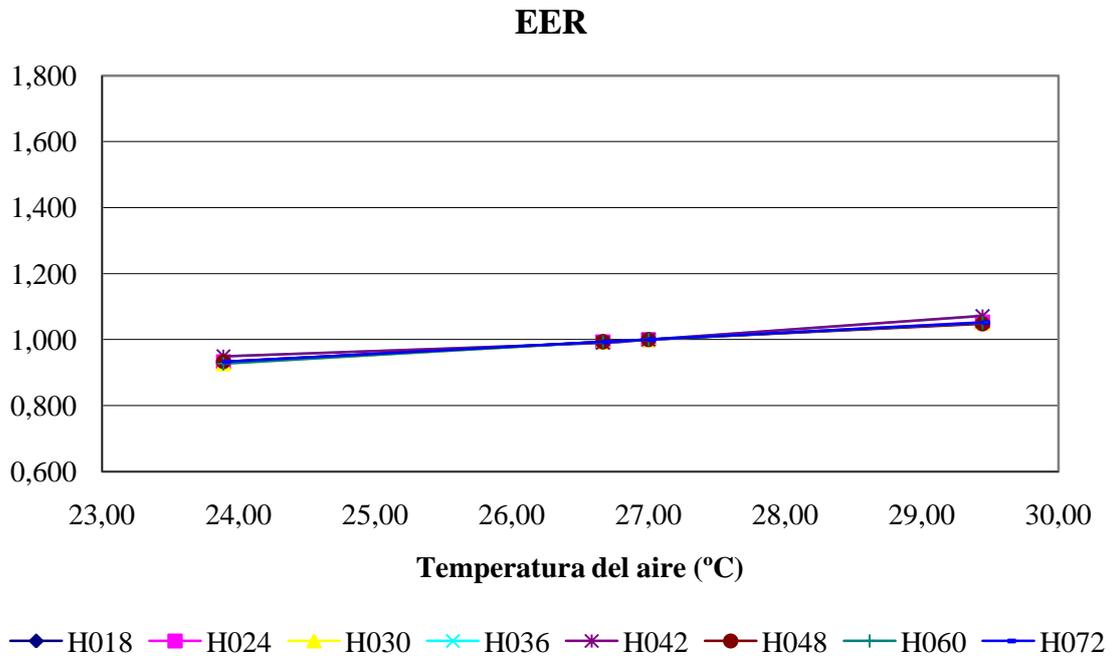
Gráfica 4.18

En función de la temperatura del agua (temperatura del aire 27/19 °C <sup>6</sup>):



Gráfica 4.19

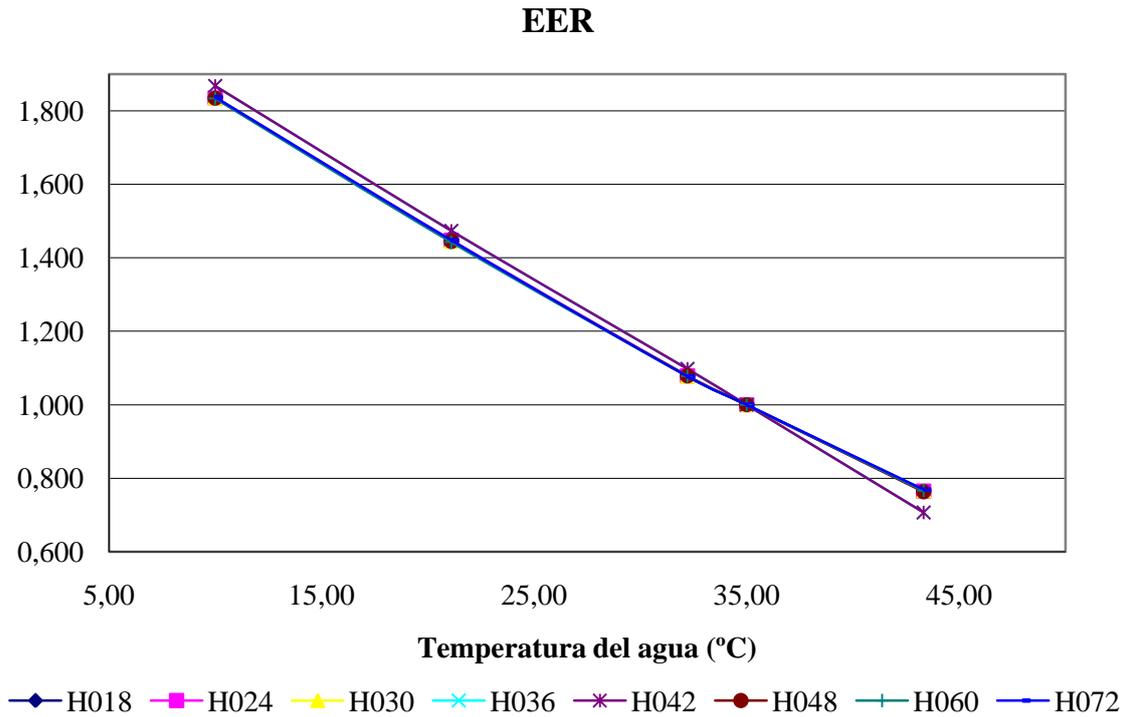
En función de la temperatura del aire (temperatura del agua: 35°C):



Gráfica 4.20

<sup>6</sup> Temperatura de bulbo seco/temperatura de bulbo húmedo

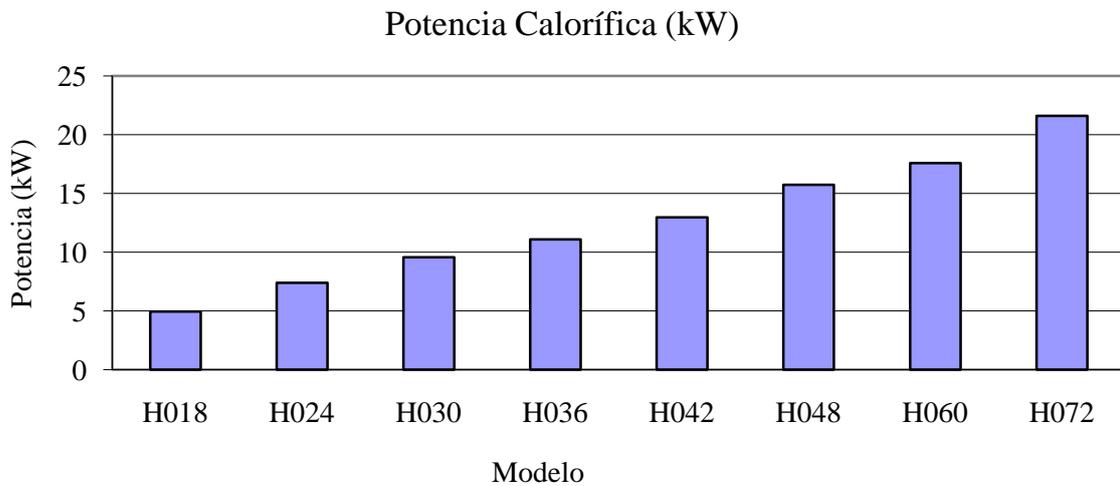
En función de la temperatura del agua (temperatura del aire 27/19 °C <sup>7</sup>):



Gráfica 4.21

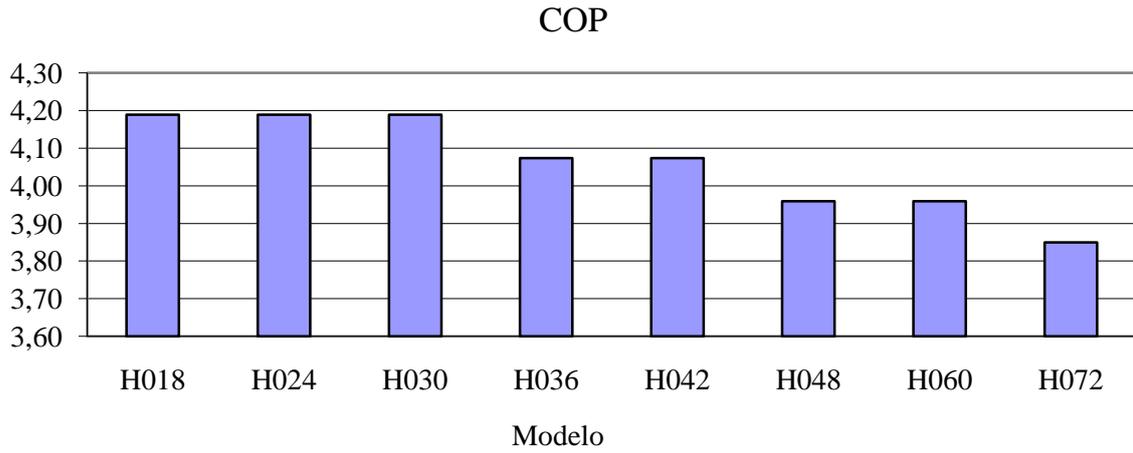
#### 4.4.2.2. Calefacción

Además de las variaciones con las temperaturas, se muestra a continuación una representación de la potencia que desarrolla cada modelo y su COP y atendiendo a las gráficas se ve que a medida que se aumenta la potencia se condensa el rendimiento.



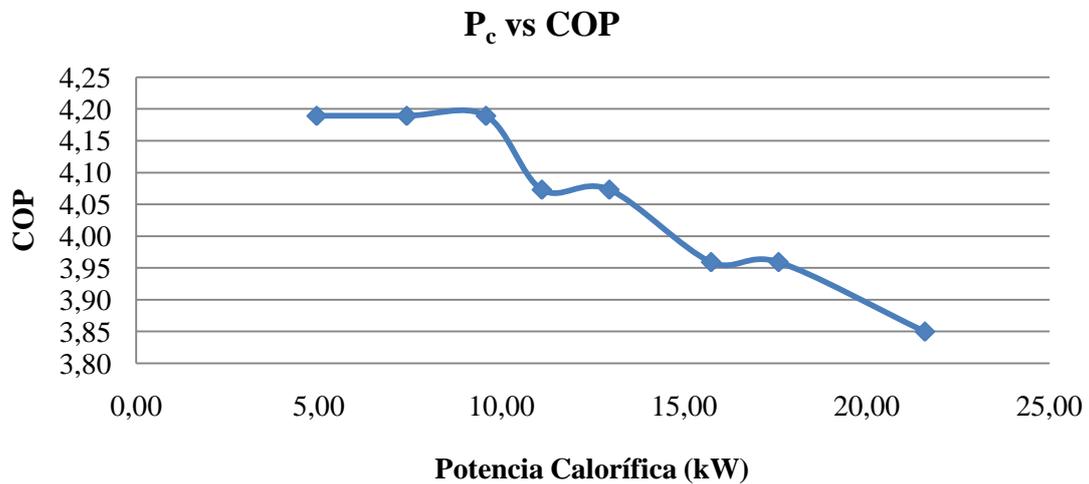
Gráfica 4.22

<sup>7</sup> Temperatura de bulbo seco/temperatura de bulbo húmedo



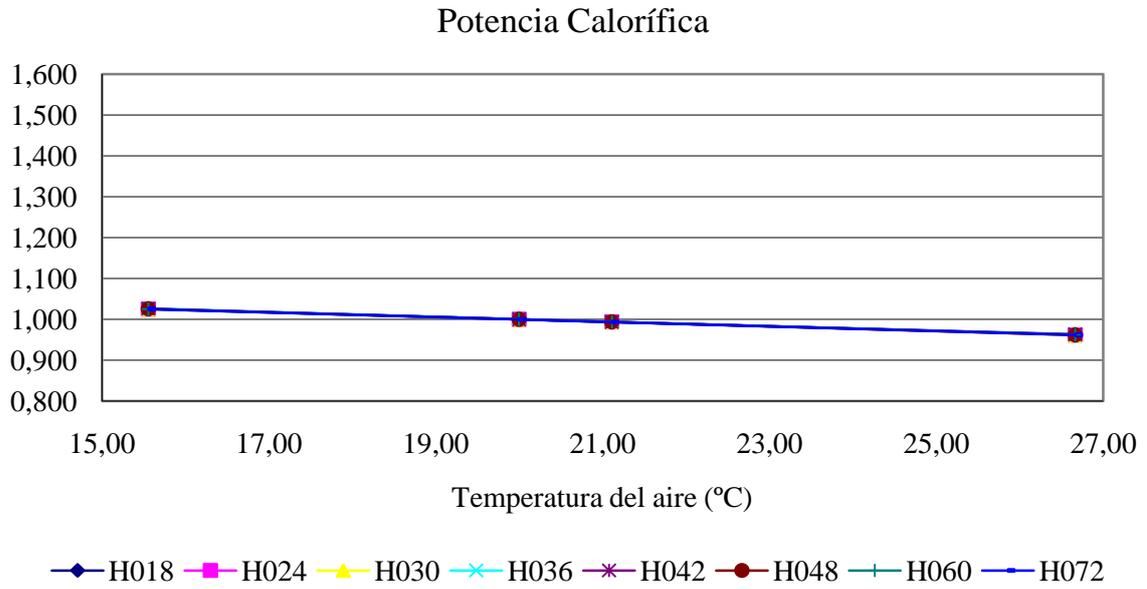
Gráfica 4.23

Se muestra también como varia el COP según aumenta la potencia de la maquina.



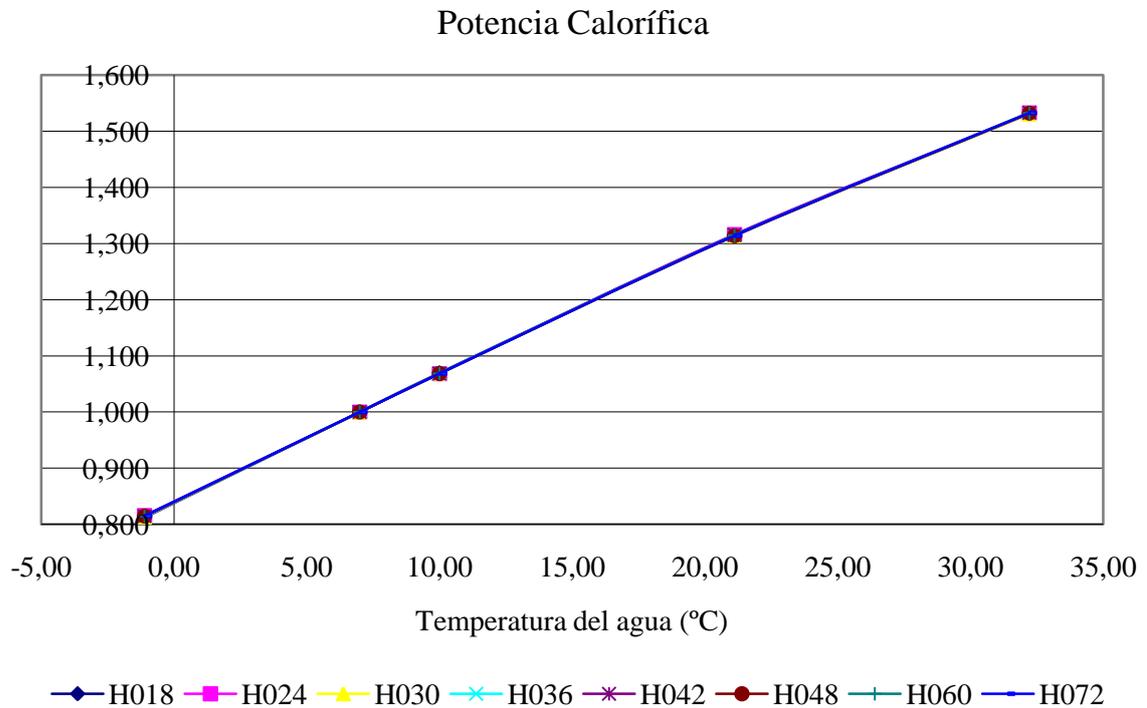
Al igual que con la refrigeración, en el régimen de invierno se puede afirmar que se han extrapolado los resultados a todos los modelos y condiciones.

En función de la temperatura del aire (temperatura del agua: 7°C):



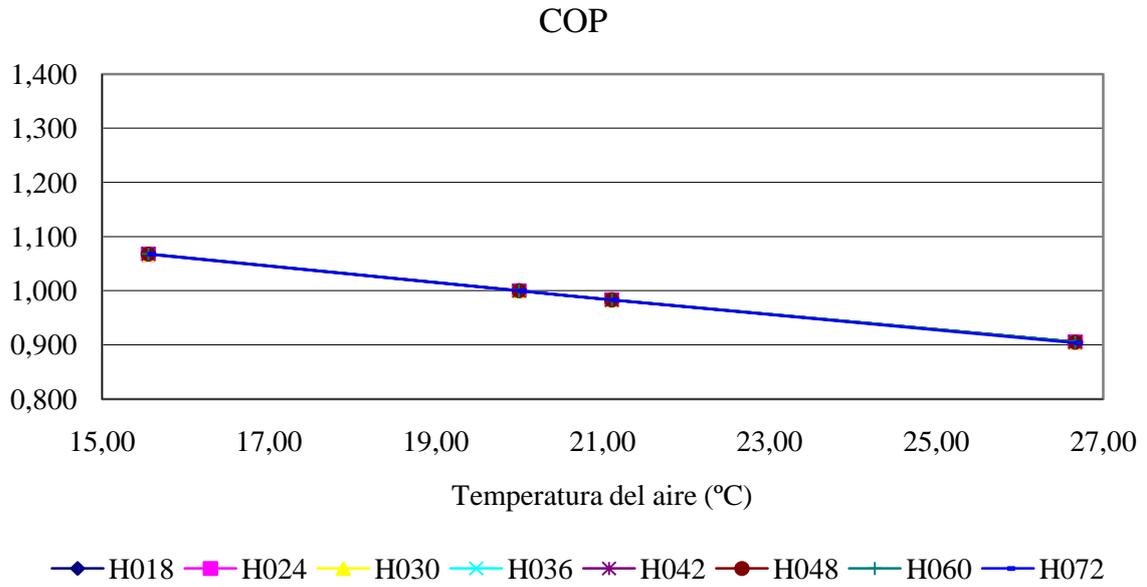
Gráfica 4.24

En función de la temperatura del agua (temperatura del aire: 20°C):



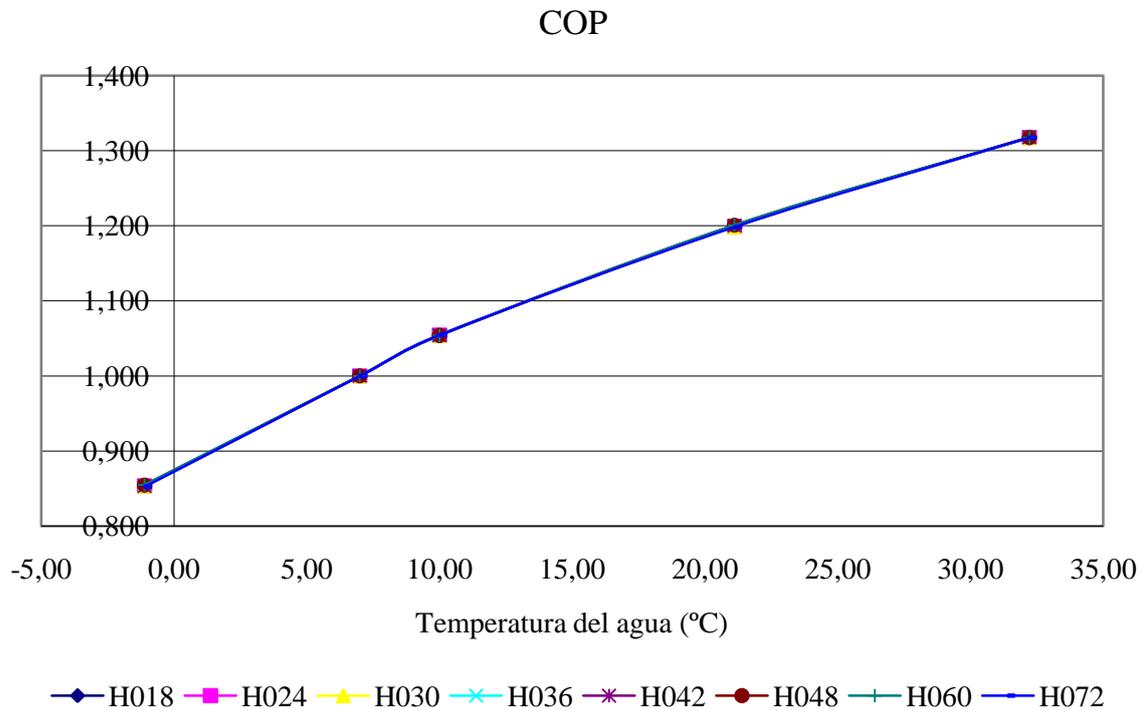
Gráfica 4.25

En función de la temperatura del aire (temperatura del agua: 7°C):



Gráfica 4.26

En función de la temperatura del agua (temperatura del aire: 20°C):



Gráfica 4.27

Desde un punto de vista global se puede ver como la variación con la temperatura del agua es mucho más acusada en todos los regímenes, tanto para la potencia como para el rendimiento (COP/EER).

### 4.4.3. Resumen

Como resumen a todo lo visto anteriormente se va a hacer una revisión de lo estudiado.

En la tabla que sigue se puede ver, en régimen de refrigeración, el EER medio y los límites superior e inferior de este valor, para cada fabricante.

	Rango		
	EER Medio	Límite inferior	Límite superior
<b>Econar</b>	4,17	4,06	4,40
<b>Ciatesa</b>	-	-	-
<b>Hydron</b>	4,06	3,85	4,19

Tabla 4.1 EER medio según fabricante.

En el caso de calefacción se puede apreciar en la tabla siguiente los valores medios de COP para cada marca de bomba de calor.

	Rango		
	COP Medio	Límite inferior	Límite superior
<b>Econar</b>	3,49	3,38	3,59
<b>Ciatesa</b>	4,40	4,08	4,67
<b>Hydron</b>	3,59	3,26	3,86

Tabla 4.2 COP medio según fabricante.

Como resumen final se muestra una tabla donde se pueden ver los datos de regresiones lineales sobre la potencia y el rendimiento (EER/COP) – Tasa de variación media (pendiente) y Ordenada en el origen - con los que se puede ver en función de la temperatura, la potencia que desarrollaría la máquina, así como el rendimiento al que estaría sujeto.

Además, para las máquinas estudiadas, con sus catálogos técnicos, se ha podido calcular el incremento porcentual medio al variar la temperatura que proceda en cada caso. Se puede observar un decremento al aumentar la temperatura caliente en equipos condensados por agua, y el incremento al aumentar la temperatura fría.

Del mismo modo, en el caso del equipo autónomo, al aumentar la temperatura caliente, el rendimiento y la potencia caen, como también aumentan al aumentar la temperatura fría.

			<b>Tasa de variación media</b>	<b>Ordenada en el origen</b>	<b>Incremento Medio (%)</b>	<b>Temperatura que varía</b>
<b>Econar</b>	<b>Frio</b>	POTENCIA	0,4310	13,3250	7,31	Agua fría
		EER	0,0973	3,4914	6,47	Agua fría
		POTENCIA	-0,1026	19,3050	-2,75	Condensador
		EER	-0,1226	7,8846	-11,62	Condensador
	<b>Calor</b>	POTENCIA	-0,0524	19,5380	-2,31	Agua caliente
		COP	-0,1125	8,4747	-17,83	Agua caliente
		POTENCIA	0,2916	13,9260	6,36	Evaporador
		COP	0,0617	2,8739	5,86	Evaporador
<b>Ciatesa H</b>	<b>Calor</b>	POTENCIA	-0,0570	14,3770	-2,40	Agua caliente
		COP	-0,1357	10,4600	-13,66	Agua caliente
		POTENCIA	0,3052	8,8154	5,39	Evaporador
		COP	0,1073	3,1413	5,25	Evaporador
<b>Ciatesa HT</b>	<b>Calor</b>	POTENCIA	-0,1191	25,8080	-2,82	Agua caliente
		COP	-0,1402	10,9100	-13,34	Agua caliente
		POTENCIA	0,5469	15,0540	5,59	Evaporador
		COP	0,1101	3,3745	5,05	Evaporador
<b>Hydron</b>	<b>Frio</b>	POTENCIA	0,3514	2,6952	5,61	Aire interior
		EER	0,0780	1,4873	4,17	Aire interior
		POTENCIA	-0,1051	15,7910	-6,68	Agua condensación
		EER	-0,1182	7,7496	-19,80	Agua condensación
	<b>Calor</b>	POTENCIA	-0,0718	14,0470	-2,10	Aire interior
		COP	-0,0593	5,2509	-5,32	Aire interior
		POTENCIA	0,5702	1,3531	17,55	Agua evaporación
		COP	0,1264	1,5349	12,12	Agua evaporación

Tabla 4.3

## 4.5. Normativa

Para la elaboración de los catálogos que se han utilizado en este documento, se han seguido normativas, tanto europeas como no europeas, por los fabricantes de las bombas de calor. Estas normas son la norma europea EN 14511 y la norma ISO Standard 13256.

### 4.5.1. EN 14511

La norma europea EN 14511 es una norma de aplicación en los países miembros<sup>8</sup> del CEN (Comité Europeo de Normalización). Además esta normativa reemplaza las normas EN 255, EN 814 y EN 12055.

Esta normativa es la normativa para “Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor con compresor accionado eléctricamente para la calefacción y refrigeración de locales” (Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling, en su versión original)

La normativa EN 14511 tiene 4 partes bien diferenciadas en Términos y Condiciones, Condiciones de Ensayo, Métodos de Ensayo y Requisitos.

- EN 14511-1: Términos y condiciones: Terminología y definiciones bases de la evaluación y determinación de los rendimientos de los equipos. Simbología empleada, independiente del idioma utilizado.
- EN 14511-2: Condiciones de Ensayo: Condiciones de prueba para los equipos a los que se refiere la norma. También especifica las condiciones ambientales y los requerimientos eléctricos, así como el procedimiento de los ensayos y las tolerancias permitidas.
- EN 14511-3: Métodos de ensayo para la evaluación de la potencia.
- EN 14511-4: Requisitos: Especifica los requisitos mínimos que aseguran que los equipos son aptos para el uso designado por el fabricante cuando se utilizan para la calefacción y/o la refrigeración de locales.

---

<sup>8</sup> Los miembros del CEN, donde se aplican las normas Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumania, Republica Checa, Suecia y Suiza.

#### **4.5.2. ISO Standard 12356**

La normativa ISO Standard 12356 es una normativa que engloba las normas ARI 320, ARI 325 y ARI 330. ARI representa el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (Air-conditioning and Refrigeration Institute)

La norma ARI 320 tiene como propósito establecer definiciones, clasificación, requisitos de ensayos, requisitos de eficiencia y algunos aspectos menos relevantes de las bombas de calor condensadas por agua (WATER SOURCE HEAT PUMPS). Este estándar pretende servir de guía para ingenieros, fabricantes, instaladores y usuarios. Tiene un ámbito de aplicación residencial, comercial e industrial.

Las normas ARI 325 y 330 son homologas a la ARI 320 en los casos de agua subterránea (GROUND WATER HEAT PUMPS) y bombas de calor condensadas a través de un intercambiador enterrado (GROUND LOOP HEAT PUMPS)