

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE  
INSTALACIÓN DE ENSAYOS DE BOMBAS  
DE CALOR PARA ACS, REFRIGERACIÓN  
Y CALEFACCIÓN"

TRABAJO FIN DE GRADO

Noviembre -2023

AUTOR: Jesús Herrero Chico

DIRECTOR/ES: Francisco Javier Aguilar  
Valero



## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de fin de grado significa el final de una carrera.

Se lo quiero agradecer a mi familia por apoyarme en todos estos años ya que sin ellos nunca habría llegado hasta aquí.

También agradecer a mi tutor Francisco Javier Aguilar, por abrirme las puertas para realizar este proyecto de investigación.

Y por último a todos mis amigos y compañeros los cuales han hecho más amena la estancia en la universidad.





## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.3 ESTADO DEL ARTE.....	14
1.3.1 Bomba de calor.....	14
1.3.2 Tecnología fotovoltaica.....	20
2. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INSTALACIÓN DE ENSAYOS.....	27
2.1 MONTAJE Y FUNCIONAMIENTO EXPERIMENTAL.....	27
2.2 MATERIALES.....	30
2.2.1 Depósito de agua caliente sanitaria.....	31
2.2.2 Depósito de calefacción.....	31
2.2.3 Depósito auxiliar.....	32
2.2.4 Depósito inercia.....	32
2.2.5 Aire acondicionado de conducto.....	33
2.2.6 Sistema de control de cámara climática.....	33
2.2.7 Bomba de calor.....	34
2.2.8 Carga térmica. Fancoil.....	34
2.2.9 Bombas hidráulicas.....	35
2.2.10 Válvula 3 vías.....	36
2.2.11 Electroválvula.....	36
2.2.12 Vaso de expansión.....	37
2.2.13 Convertidor de corriente.....	37
2.2.14 Fuente de alimentación.....	38
2.2.15 Sistema adquisición datos.....	38
2.2.16 Sondas de temperatura.....	39
2.2.17 Caudalímetro.....	40

2.2.18 Sensor de temperatura y humedad.....	41
2.3 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN .....	41
2.3.1 Conexión termopares.....	41
2.3.2 Conexión RTD.....	42
2.3.3 Conexión caudalímetro.....	44
2.3.4 Conexión transductor de corriente.....	45
2.3.5 Conexión sensor de humedad y temperatura.....	46
2.3.6 Conexión cuadro eléctrico cámara climática 1.....	48
2.3.7 Conexión Fancoil.....	49
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
3.1 ENSAYO.....	51
3.2 PROTOCOLO DE ENSAYO .....	51
3.3 PROCESADO DE DATOS.....	70
3.4 RESULTADOS .....	75
3.4.1 Resultados ensayo 1 .....	75
3.4.2 Resultados ensayo 2 .....	82
4. CONCLUSIONES.....	85
5. BIBLIOGRAFÍA.....	86
6. ANEXOS .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mix de generación eléctrica .....	13
Figura 2. Consumo energía sector residencial.....	13
Figura 3. Esquema bomba de calor .....	17
Figura 4. Efecto fotoeléctrico .....	21
Figura 5. Disposición de los cristales de célula solar .....	21
Figura 6. Estructura célula solar .....	22
Figura 7. Curva I-V célula fotovoltaica.....	23
Figura 8. Componentes módulo fotovoltaico .....	25
Figura 9. Inversor .....	25
Figura 10. Simulación vivienda familiar .....	27
Figura 11. Esquema instalación completa .....	27
Figura 12. Detalle bomba de calor y paneles solares .....	28
Figura 13. Detalle depósito 200 L y fancoil .....	29
Figura 14. Detalle depósito ACS 200 L y depósito 300 L.....	29
Figura 15. Instalación actual.....	30
Figura 32. Depósito ACS Idrogas MAGNUS IMSL1D 200L.....	31
Figura 33. Depósito 200 L Idrogas 200-AR-T .....	31
Figura 34. Depósito auxiliar 300 L.....	32
Figura 35. Depósito inercia Idrogas 30-AR-A .....	32
Figura 29. Aire acondicionado de conducto KAYSUN KPD-52 .....	33
Figura 30. Aire acondicionado industrial RIVACOLD RC325-33ED .....	33
Figura 31. Bomba de calor THERMA V HM051MR U44 .....	34
Figura 36. Fancoil Mundo Clima MUCM-15-W7 .....	34
Figura 19. Bomba de agua Grundfos Alpha 3 32-80 180.....	35
Figura 20. Bomba de agua Grundfos Magna1 25-80 180 .....	35
Figura 21. Válvula 3 vías Sauter AKM105100 .....	36
Figura 22. Válvula automática Electro TAZ 206C-25.....	36
Figura 23. Vaso de expansión Waft .....	37
Figura 24. Transductor de corriente MACX MCR-SL-CAC-12-I-UP.....	37
Figura 25. Fuente de alimentación Omron S8VK-G.....	38
Figura 26. Sistema adquisición datos Keysight DAQ970A .....	38
Figura 27. Tarjeta adquisición de datos .....	39

Figura 16. RTD.....	39
Figura 17. Termopar tipo K.....	40
Figura 18. Caudalímetro SM6000.....	40
Figura 28. Sensor de temperatura y humedad EE210-HT6.....	41
Figura 37. Conexión termopar.....	42
Figura 38. Conexión RTD.....	42
Figura 39. Instalación termorresistencias PT100.....	43
Figura 40 Conexionado conjunto RTD.....	43
Figura 41. Esquema conexión caudalímetro.....	44
Figura 42. Conexión caudalímetro.....	44
Figura 43. Esquema conexión transductor de corriente.....	45
Figura 44. Conexión transductor de corriente.....	45
Figura 45. Detalles conexión transductor de corriente.....	46
Figura 46. Esquema conexión sensor de humedad y temperatura.....	46
Figura 47. Conexión sensor de humedad y temperatura.....	47
Figura 48. Detalles conexión sensor de humedad y temperatura.....	47
Figura 49. Conexión cuadro eléctrico.....	48
Figura 50. Cuadro eléctrico.....	48
Figura 51. Esquema conexión fancoil.....	49
Figura 52. Detalles conexión fancoil.....	49
Figura 53. Fancoil instalado.....	50
Figura 54. Numeración RTD.....	51
Figura 55. Cuadro eléctrico general.....	52
Figura 56. Configuración temperatura cámara climática 1.....	52
Figura 57. Configuración temperatura cámara climática 2.....	53
Figura 58. Protecciones cuadro cámara climática 1.....	53
Figura 59. Llaves de agua y presión de agua.....	54
Figura 60. Vinculación sistema adquisición de datos.....	55
Figura 61. Configuración 1.....	55
Figura 62. Configuración 2.....	56
Figura 63. Configuración 3.....	56
Figura 64. Configuración 4.....	57
Figura 65. Configuración 5.....	57
Figura 66. Configuración 6.....	58

Figura 67. Gráfica caudal vs intensidad .....	58
Figura 68. Conversión variables 1 .....	59
Figura 69. Gráficas temperatura vs intensidad y humedad relativa vs intensidad .....	59
Figura 70. Conversión variables 2 .....	60
Figura 71. Gráfica intensidad vs intensidad .....	60
Figura 72. Conversión variables 3 .....	61
Figura 73. Operaciones con canales 1 .....	61
Figura 74. Analizador de redes Chauvin Arnoux C.A.8334 .....	62
Figura 75. Colocación analizador de redes.....	62
Figura 76. Uso analizador de redes .....	63
Figura 77. Medidas con analizador de redes .....	63
Figura 78. Operaciones con canales 2 .....	64
Figura 79. Operaciones con canales 3 .....	65
Figura 80. Arranque de BdC con termostato .....	65
Figura 81. Arranque electroválvulas.....	66
Figura 82. Electroválvulas.....	66
Figura 83. Arranque de BdC con termostato .....	67
Figura 84. Exportación de datos 1 .....	67
Figura 85. Exportación de datos 2 .....	68
Figura 86. Exportación de datos 3 .....	68
Figura 87. Arranque fancoil.....	69
Figura 88. Fancoil arrancado .....	70
Figura 89. Diagrama P-V Bomba de calor .....	77
Figura 90. Esquema gráfico temperaturas .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de conexiones de los sensores.....	50
Tabla 2. Datos sin procesar del ensayo 1 .....	72
Tabla 3. Datos procesados del ensayo 1 .....	74

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. FP vs I.....	64
Gráfica 2. Potencia térmica y eléctrica vs temperatura de retorno.....	75
Gráfica 3. Potencia eléctrica vs calor útil aportado ensayo 1.....	76
Gráfica 4. COP ensayo 1.....	78
Gráfica 5. Temperaturas depósito ensayo 1.....	79
Gráfica 6. Temperaturas de retorno e impulsión vs caudal BdC.....	79
Gráfica 7. Comportamiento de potencia en el arranque.....	80
Gráfica 8. Comportamiento post-parada.....	81
Gráfica 9. Consumos arranque bomba interna.....	82
Gráfica 10. Potencia eléctrica vs calor útil aportado ensayo 2.....	83
Gráfica 11. Calor disipado vs aportado.....	83
Gráfica 12. COP ensayo 2.....	84
Gráfica 13. Temperaturas depósito ensayo 2.....	85

## LISTADO DE ABREVIATURAS

A	Área (m <sup>2</sup> )
AC	Corriente alterna
ACS	Agua caliente sanitaria
BdC	Bomba de calor
C <sub>p</sub>	Calor específico (kJ/kg °C)
CH	Canal
COP	Coefficiente de operación
DC	Corriente continua
E	Energía eléctrica (kWh)
EER	Eficiencia energética en refrigeración
FP	Factor de potencia
FV	Fotovoltaico

G	Irradiancia incidente ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
HR	Humedad relativa (%)
I	Intensidad (A)
m	Masa (kg)
$\dot{m}$	Flujo másico (kg/s)
P	Potencia eléctrica (kW)
SCOP	Coefficiente de operación estacional
SPF	Eficiencia energética estacional
$\dot{Q}$	Potencia térmica (kW)
Q	Energía térmica (kWh)
t	Tiempo (h)
T	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
V	Tensión eléctrica (V)
v	Volumen ( $\text{m}^3$ )
$\dot{V}$	Flujo volumétrico ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

### LETRAS GRIEGAS

$\eta$	Rendimiento (%)
$\rho$	Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

# 1. INTRODUCCIÓN

Para dar comienzo, en este apartado se dará una primera idea de lo que se va a tratar en el presente proyecto.

## 1.1 INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

En las últimas décadas, la población mundial ha sido testigo de un incremento en el uso de fuentes de energía limpia y renovable. Este crecimiento se debe a la necesidad de hacer frente a un problema mundial, conocido como cambio climático.

La generación de energía a partir de combustibles fósiles como son el carbón, petróleo y gas natural, tiene como consecuencia un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero. Este vertido de gases provoca un calentamiento de la atmósfera, ya que éstos dejan pasar los rayos de luz procedente del sol a través de ellos, pero dificultando su salida a través de la atmósfera tras rebotar en la superficie terrestre actuando como una pared de un invernadero. [1]

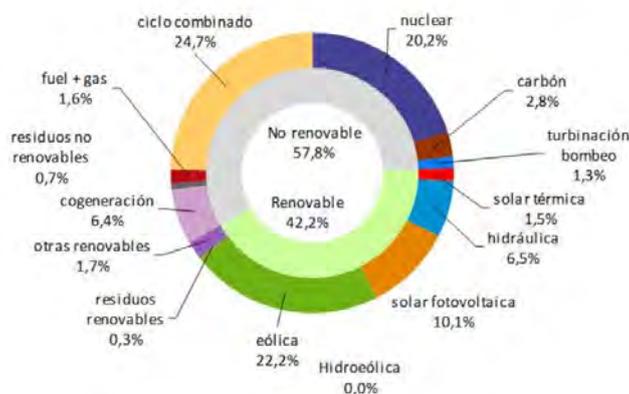
En este contexto, en diciembre de 2015 se adoptó el Acuerdo de París, acuerdo que, por primera a nivel internacional, tiene como objetivo mantener el gradiente de la temperatura media de la atmósfera por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales. [2]

Las energías renovables tales como la solar, hidroeléctrica, eólica, geotérmica y biomasa ofrecen una viable y sostenible alternativa para combatir las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. Además de emitir menos emisiones, tienen como característica principal que son prácticamente inagotables.

En 2022 en España la producción de energía sostenible supuso el 42,2% del mix energético nacional, la generación eólica se posiciona como la principal fuente de origen renovable con un 22,2% del total. Por detrás le sigue la solar fotovoltaica con un 10,1%.

A continuación, se adjunta una imagen gráfica proporcionada por Red Eléctrica. [3]

**Estructura de la generación de enero a diciembre de 2022**



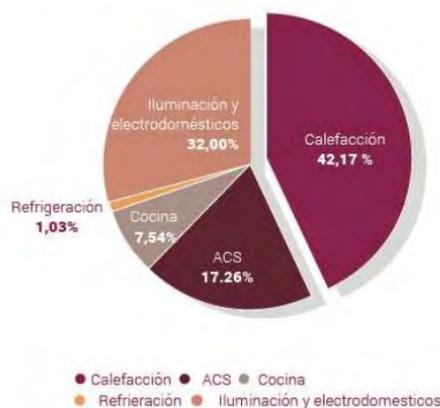
Fuente: Red Eléctrica

Figura 1. Mix de generación eléctrica

España es un país con un gran potencial en generación fotovoltaica, ya que tiene uno de los mayores niveles de radiación solar de toda Europa con 2500 horas de sol anuales haciéndolo un lugar idílico para poder generar nuestra propia energía a través del sol.

En cuanto a la demanda, dejando a un lado el sector industrial y centrándonos en el sector residencial cerca del 60% del consumo de energía final destinada en éste es empleada en calefacción y producción de agua caliente sanitaria (ACS). [4]

**Consumo de la energía final por usos del sector residencial**



Fuente: Fegeca

Figura 2. Consumo energía sector residencial

A la vista está que es una cantidad de energía muy alta, es por ello por lo que para hacerle frente al cambio climático es imprescindible aumentar la eficiencia de las bombas de calor empleadas para ACS y calefacción.

## 1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto de investigación es a analizar un tipo de bomba de calor comercial y cómo aumentar al máximo su eficiencia. Para conseguir este objetivo se instalarán una serie de elementos que en conjunto tienen la capacidad de incrementar dicha eficiencia, disminuyendo así la cantidad de energía necesaria.

Este objetivo principal se va a alcanzar a través de los siguientes objetivos secundarios:

- Diseño de una instalación experimental capaz de analizar el funcionamiento de una bomba de calor alimentada simultáneamente por energía solar y energía de la red.
- Construcción de la instalación de ensayos en el laboratorio de máquinas y motores térmicos del edificio Altet.
- Incorporación de sensores para analizar el comportamiento de cada uno de los elementos y el conjunto del sistema propuesto.
- Ejecución de una serie de ensayos para ver la eficiencia de una bomba de calor.
- Obtención de conclusiones.

## 1.3 ESTADO DEL ARTE

Antes de dar comienzo a los ensayos experimentales, se contextualizará el trabajo de investigación.

Para ello se desarrollará el estado del arte en lo que respecta a bombas de calor, y a la generación de energía eléctrica a partir de la fotovoltaica.

### 1.3.1 Bomba de calor

Iniciando este capítulo con una descripción general de la tecnología de bombas de calor. Explicando su funcionamiento, componentes, clasificación, así como los indicadores de eficiencia de éstas.

#### 1.3.1.1 Descripción general

Una bomba de calor es una máquina termodinámica que transporta energía térmica de una región de baja temperatura a una de temperatura mayor. Está formada por un circuito frigorífico clásico (compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador)

#### 1.3.1.2 Clasificación bombas de calor

A continuación, se hará una clasificación en función de:

##### **La fuente de calor natural.**

Dependiendo del entorno del que se extraiga la energía térmica y hacia donde se transmita este calor, existen distintos tipos y diseños.

Las fuentes de energía que alimentan comúnmente a las bombas de calor son el aire ambiente, agua y suelo.

- El aire es el más sencillo y fácil de conseguir, sin embargo, el aire tiene una baja capacidad calorífica volumétrica ( $0,29 \text{ Kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) lo que conlleva a emplear grandes flujos volumétricos para que su uso sea eficiente. También se debe tener en cuenta que la temperatura de aire empleado varía en función de la radiación solar, condiciones climáticas, etc.
- Por otro lado, el agua, posee una capacidad calorífica volumétrica de ( $1000 \text{ Kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) esto quiere decir que es necesario un menor flujo volumétrico de agua que de aire para extraer el mismo calor de ambos. [5]

El calor contenido en el agua se puede aprovechar de dos formas, uso de aguas subterráneas o superficial. La más utilizada es la extracción de energía de aguas subterráneas ya que su temperatura tiene una mayor estabilidad durante todo el año respecto a la superficial.

- Por último, el calor almacenado en la corteza terrestre también es empleado como aporte de energía para bombas de calor. Al igual que en las aguas subterráneas el subsuelo mantiene una temperatura muy estable.

Además, a medida que se incrementa la profundidad la temperatura del suelo aumenta unos  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  por cada 100 metros. [6]

Para facilitar la identificación de la configuración, se nombra primero la fuente de la que se extrae la energía y en segundo lugar donde se deposita dicha energía. [7]

- Bomba calor aire-aire (aeroterminia)
- Bomba calor aire-agua (aeroterminia)
- Bomba calor agua-aire
- Bomba calor agua-agua (hidrotérmica o hidrónica)
- Bomba calor tierra-aire (geoterminia)
- Bomba calor tierra-agua (geoterminia)

### **El principio del proceso.**

Según el principio de funcionamiento tenemos 3 tipos de bombas de calor.

- Bombas de calor de compresión.

Es la tipología más usada en la actualidad en aplicaciones domésticas de calefacción, su circuito termodinámico está compuesto principalmente por un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador.

Su funcionamiento se basa en hacer pasar un refrigerante en estado gaseoso por el compresor para así sobrecalentarlo. Seguidamente se hace circular a través del condensador donde cede calor al medio externo bajando su temperatura y se condensa a alta presión, a continuación, pasa a través de la válvula de expansión con la finalidad de disminuir su presión lo que provoca una bajada de temperatura y su cambio parcial de fase a vapor. Por último, entra al evaporador donde absorbe el calor que cede el medio que se desea enfriar y como consecuencia vuelve a evaporarse llegado de nuevo al estado gaseoso.

Dentro de las bombas de calor existen dos tipos según la manera en que se accione el compresor, tenemos bombas de calor donde su compresor funciona de forma eléctrica y la otra en la que el funcionamiento del compresor es mediante un motor de combustión.

- Bombas de calor por absorción.

La tecnología basada en absorción se emplea mayormente en el sector industrial. Su funcionamiento es idéntico a las bombas de calor por compresión con la salvedad que el compresor en lugar de ser mecánico es un compresor térmico.

- Bombas de calor por adsorción.

Este tipo de bomba de calor es similar a las dos anteriores, ya que también se componen de compresor, evaporador y válvula de expansión en algunos casos. La principal diferencia de esta tecnología es la forma en la que se eleva la presión del refrigerante que es direccionado hacia el condensador. En los sistemas de adsorción, en lugar de usar la compresión térmica para incrementar la presión del refrigerante se utiliza el calor procedente de distintas fuentes como la combustión de gas, energía solar o de la geotermia. [8]

Es la configuración menos empleada ya que en la actualidad se sigue investigando.

### 1.3.1.3 Principales componentes de las bombas de calor

En este apartado se concretará un poco más sobre los componentes mencionados anteriormente.

Esquema bomba de calor.



Fuente: Área tecnología

Figura 3. Esquema bomba de calor

#### Compresor

Es el componente más importante de una bomba de calor, su función es comprimir el refrigerante que circula por el circuito para así elevar su presión y su temperatura. Pueden ser accionados a través de un motor eléctrico o mediante un motor de combustión. [9]

- Según su fabricación existen compresores abiertos, semiherméticos y herméticos
- Según su funcionamiento están los compresores alternativo de pistón, rodante de pistón, de tornillo, tipo Scroll y turbocompresores.

### Condensador

Elemento donde se produce un intercambio de calor, tiene la función de transformar el refrigerante en estado gaseoso proveniente del compresor a estado líquido o mixto, disminuyendo la temperatura a través de una serie de serpentines y aletas disipadoras.

### Válvula de expansión

Tramo del ciclo donde se busca disminuir la presión y temperatura del refrigerante del circuito antes de dirigirlo al evaporador.

### Evaporador

Al igual que el condensador, tiene la función de intercambiar calor, en este caso se busca evaporar el refrigerante antes de dirigirlo al compresor. Este intercambio se produce haciendo circular el refrigerante por un serpentín el cual está en contacto con el aire exterior, transmitiendo el calor contenido en el aire al refrigerante, convirtiéndolo así de nuevo en gas.

#### 1.3.1.4 Diseño y configuración de las bombas de calor

Según el diseño y las restricciones a la hora de instalar una bomba de calor, se optará por un tipo de configuración u otro.

- Bomba de calor monobloque: En este tipo de configuración, la unidad exterior contiene en su interior todos los elementos principales del circuito de refrigeración, es decir, compresor, válvula de expansión, evaporador y condensador.

El intercambio de calor entre aire-agua se produce en el exterior de la vivienda, por lo que solo es necesario instalar 2 tuberías una de agua caliente hacia el interior y una de retorno.

Por lo que el refrigerante en ningún momento entra al interior de la vivienda, facilitando la labor de mantenimiento o reparación.

- Bomba de calor Split: La principal diferencia con la anterior configuración es que la unidad exterior contiene en su interior todos los elementos principales del

circuito de refrigeración, es decir, compresor, válvula de expansión y evaporador salvo el condensador, el cual se instala en el interior.

El intercambio de calor entre aire-agua se produce dentro de la vivienda, por lo que el refrigerante tiene que ir desde la parte exterior hacia el interior, esto complica la labor de mantenimiento o reparación ya que no todos los técnicos están preparados para ello. [10]

#### 1.3.1.5 Indicadores de eficiencia de las bombas de calor

La eficiencia en bombas de calor se define por una serie de parámetros. [11]

##### **Coefficiente de operación (COP)**

Relación entre la potencia térmica instantánea aportada y la potencia eléctrica instantánea consumida. Cuanto menor sea el gradiente de temperaturas entre el foco frío y el caliente, la bomba consumirá menor potencia eléctrica por lo que el COP será mayor.

$$COP = \frac{\text{Potencia calorífica aportada}(kW_T)}{\text{Potencia eléctrica consumida}(kW_E)}$$

Los COP de las bombas usadas en la actualidad se encuentran entre 3 y 6, es decir que por cada kW de potencia eléctrica demandada la bomba genera de 3 a 6 kW de potencia térmica.

##### **Eficiencia energética en refrigeración (EER)**

Relación entre la potencia térmica instantánea aportada y la potencia eléctrica instantánea consumida.

$$EER = \frac{\text{Potencia frigorífica aportada}(kW_T)}{\text{Potencia eléctrica consumida}(kW_E)}$$

El COP define el rendimiento de la bomba de calor cuando su uso es calefacción, para el rendimiento de BdC en refrigeración se utiliza el parámetro EER.

##### **Coefficiente de operación estacional (SCOP)**

Si se desea conocer el rendimiento de la bomba de calor a lo largo de un periodo de tiempo, por ejemplo, a lo largo de un año será necesario medir la demanda de energía

calorífica y el consumo de energía eléctrica. Los fabricantes de BdC proporcionan un COP, medido en unas condiciones de laboratorio normalizadas concretadas en la norma EN 14825:2012.

$$SCOP = \frac{\text{Demanda energía calorífica anual (kWh}_T\text{)}}{\text{Consumo energía eléctrica anual (kWh}_E\text{)}}$$

Según la nueva versión de la sección HE-4 del código técnico de la edificación, publicada en diciembre de 2019, las bombas de calor de agua caliente sanitaria deberán tener un SCOP superior a 2,5.

### **Eficiencia energética estacional (SPF)**

La mayoría de las ocasiones en las instalaciones no se cumplen las condiciones de laboratorio normalizadas, es por ello por lo que para calcular el rendimiento estacional en otras condiciones se utiliza el SPF.

$$SPF = \frac{Q(kWh_T)}{E(kWh_E)} = \frac{\text{Demanda energía calorífica anual (kWh}_T\text{)}}{\text{Consumo energía eléctrica anual (kWh}_E\text{)}}$$

#### 1.3.2 Tecnología fotovoltaica

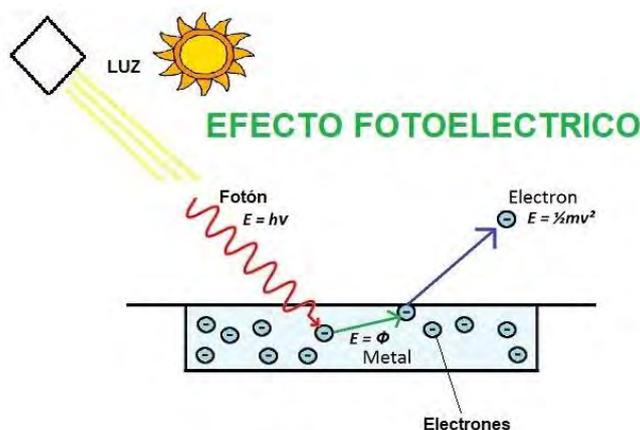
La energía fotovoltaica permite el aprovechamiento de la radiación emitida por el sol para la generación de electricidad, esto se debe al efecto fotovoltaico.

##### 1.3.2.1 Efecto fotoeléctrico

La producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar es posible gracias a dicho efecto. La luz tiene una naturaleza dual comportándose como partículas denominadas fotones. Los átomos tienen electrones los cuales se sitúan en capas de energía diferentes, estos pueden escapar de estas capas si se les aporta la suficiente energía.

En materiales semiconductores como el silicio y el germanio, cuando la luz solar incide sobre ellos los fotones transfieren la energía que tienen a los electrones de valencia, liberándolos así de sus enlaces electrónicos. Esto provoca que se creen huecos cargados positivamente en el lugar donde se situaban los electrones. Tanto los electrones como los

huecos generados se mueven aleatoriamente a través del material, para evitar que se recombinen, se crea un campo eléctrico interno, lo cual genera una corriente eléctrica aprovechable, este suceso se conoce como efecto fotoeléctrico.



Fuente: Área tecnología

Figura 4. Efecto fotoeléctrico

### 1.3.2.3 Célula solar

La célula solar es el dispositivo electrónico donde se produce el efecto fotoeléctrico y donde se convierte la energía solar en energía eléctrica.

Las células más usadas son las de silicio, debido a que es un material muy abundante por lo tanto barato. En función de la composición de los cristales de silicio existen 3 tipos de células.



Fuente: Autosolar Colombia

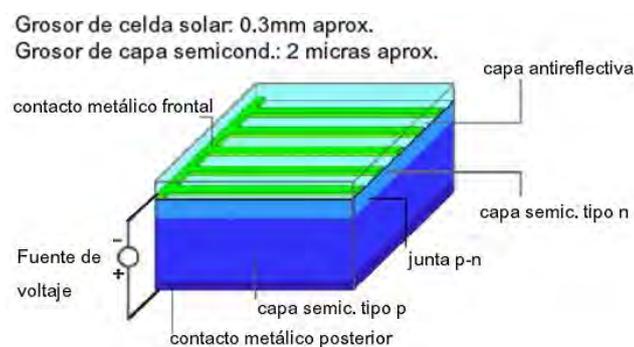
Figura 5. Disposición de los cristales de célula solar

### 1.3.2.4 Estructura celular solar

La estructura interna de una célula fotovoltaica viene dada por una serie de elementos apilados.

- **Capa anti-reflectiva:** Su diseño tiene como objetivo reducir las pérdidas por reflexión.
- **Contacto metálico frontal:** Malla metálica encargada de garantizar una colección adecuada de electrones del dispositivo, dejando pasar la mayor cantidad de luz sin producir una resistencia eléctrica elevada.
- **Capa semiconductor tipo n:** semiconductor dopado con sustancias que tienen 5 electrones de valencia en su última capa, uno más que el silicio. La densidad de electrones es superior a la de los huecos, por lo que el portador mayoritario es el electrón.
- **Capa semiconductor tipo p:** semiconductor dopado con sustancias que tienen 3 electrones de valencia en su última capa, uno menos que el silicio. La densidad de huecos es superior a la de los electrones, por lo que el portador mayoritario es el hueco.
- **Unión PN:** Unión entre ambos semiconductores. En la que se genera un desequilibrio dada la diferencia de concentración de electrones y huecos de cada semiconductor.
- **Contacto metálico posterior:** Chapa metálica que cubre toda la parte posterior de la célula.

Representación gráfica de lo comentado anteriormente.



Fuente: Ecoefecto

Figura 6. Estructura célula solar

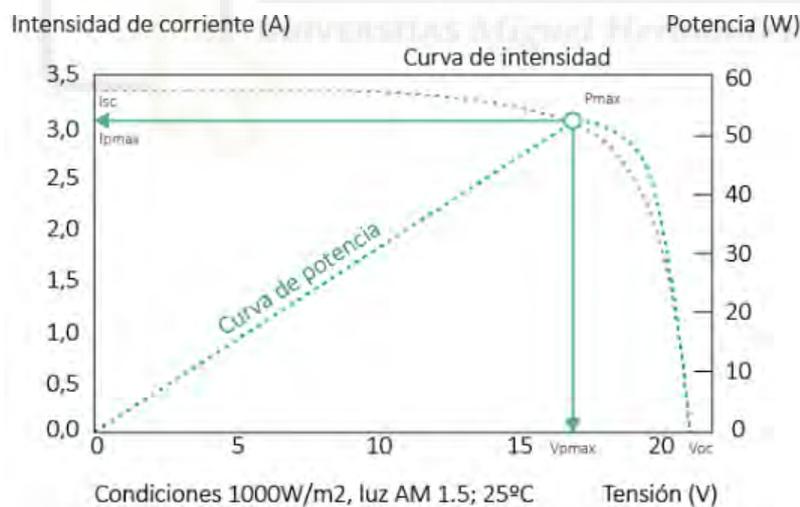
### 1.3.2.5 Curvas características célula solar

La manera de caracterizar una célula solar es mediante su curva característica, en la que se representa la curva I-V.

Los parámetros que definen la curva I-V son:

- Intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ ): Valor máximo de intensidad que circula por la célula al cortocircuitarla.
- Intensidad de pico o máxima ( $I_{pmax}$ ): Valor correspondiente a la intensidad para el punto de máxima potencia.
- Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ): Voltaje máximo medida en bornes de la célula cuando no está conectada a ninguna carga.
- Tensión de pico o máxima ( $V_{pmax}$ ): Tensión correspondiente al punto de máxima potencia.
- Potencia máxima ( $P_{max}$ ): Dada por el producto de la tensión e intensidad máximas.

Curva I-V



Fuente: AutoSolar

Figura 7. Curva I-V célula fotovoltaica

### 1.3.2.6 Eficiencia célula solar

La eficiencia de una célula fotovoltaica se define como el cociente entre la potencia eléctrica máxima que esta entrega a la carga y la irradiancia incidente.

$$\eta = \frac{P_{MAX}}{P_{INC}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{A * G}$$

Donde A es el área de la célula, G es la irradiancia incidente. Y FF es el factor de forma que se define como:

$$FF = \frac{P_{MAX}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{P_{MAX}} * V_{P_{MAX}}}{I_{SC} * V_{OC}}$$

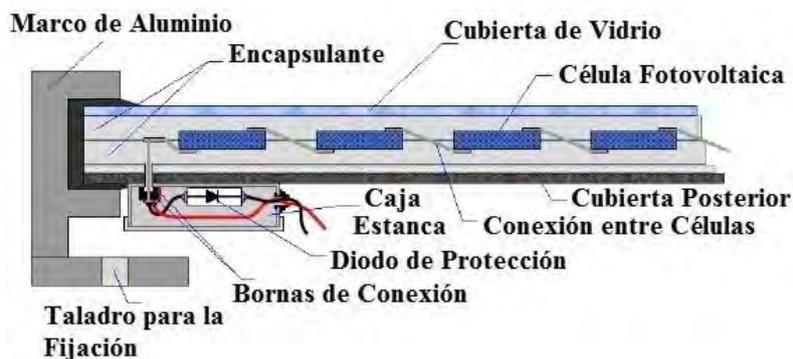
Según la composición de la célula FV la eficiencia será:

- Células de silicio monocristalino.  $\eta \approx 15\% - 21\%$
- Células de silicio policristalino.  $\eta \approx 13\% - 16\%$
- Células de silicio amorfo.  $\eta \approx 7\% - 13\%$

### 1.3.2.7 Módulos fotovoltaicos

Un panel o módulo fotovoltaico es una combinación de células fotovoltaicas (normalmente entre 36 y 96) conectadas entre sí de una forma determinada para llegar a los niveles de tensión y corriente deseados. Las conexiones entre células se hacen en serie y en paralelo, para conseguir el voltaje necesario comúnmente se conectan en serie y después de conectan en paralelo para conseguir la corriente deseada. Es imprescindible que todas las células de un mismo módulo tengan unas características eléctricas iguales, evitando así desequilibrios y funcionamiento erróneo.

- Componentes módulo fotovoltaico: Las células solares que componen el módulo se encuentran protegidas con distintos tipos de protección como protección frente a esfuerzos mecánicos, a condiciones climáticas y también cuentan con aislamiento eléctrico.



Fuente: Ingemecánica

Figura 8. Componentes módulo fotovoltaico

### 1.3.2.8 Inversor

La tecnología FV en un primer nivel produce corriente continua, es por ello por lo que es necesario convertir esa corriente continua a corriente alterna.

El equipo encargado de esta función es el inversor, el cual mediante ayuda de dispositivos electrónicos conmutan la señal DC convirtiendo la señal en una señal AC cuadrada. Esta señal se convierte a una onda sinusoidal a través de la aplicación de una serie de filtros de potencia.

Además de convertir la señal DC a AC el inversor debe regular la frecuencia y la tensión de esta. Si la instalación está conectada a red el inversor debe copiar la señal de red para poder sincronizar ambas señales. Si la instalación es aislada el inversor suele llevar un regulador integrado, adapta la tensión y la intensidad para proteger las baterías.



Fuente: Ecofener

Figura 9. Inversor

### 1.3.2.9 Baterías

En instalaciones aisladas, para acumular la energía generada por los paneles solares se instalan baterías.

Existen multitud de tipos de acumuladores según su composición interna, pero para la elección de estos hay que tener una serie de parámetros en cuenta. Se nombrarán únicamente para no extender la redacción.

- Capacidad
- Energía
- Rendimiento energético
- Densidad de energía
- Régimen de carga/descarga
- Voltaje nominal
- Profundidad de descarga.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INSTALACIÓN DE ENSAYOS

### 2.1 MONTAJE Y FUNCIONAMIENTO EXPERIMENTAL

La instalación simula una vivienda en la que se ha instalado una bomba de calor, con el fin de proporcionar agua caliente sanitaria, refrigeración y calefacción. Para contribuir a la lucha contra el cambio climático la BdC se alimentará a través de una instalación fotovoltaica. Además, a través de sistemas electrónicos se optimizará la generación y el consumo de la energía generada por los paneles solares.

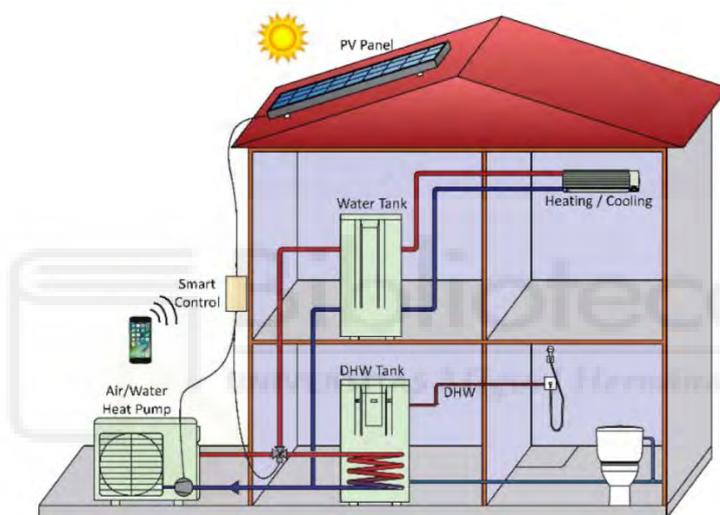


Figura 10. Simulación vivienda familiar

En la siguiente imagen se muestra una representación en AutoCAD de la instalación completa.

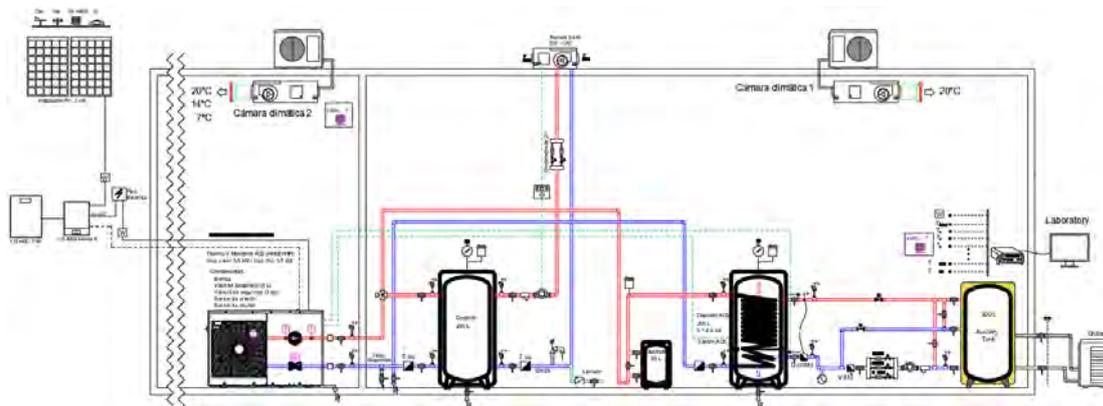


Figura 11. Esquema instalación completa

Para simular el consumo de ACS de una familia promedio, se instalará un depósito de ACS de 200 L con 3 válvulas automáticas que permitirán estudiar diferentes consumos. Estos pueden ser individualmente de 4,6 y 10 L/min o combinaciones de estos.

Conectado al depósito de ACS se encuentra el depósito auxiliar de 300 L, cuya función es junto a un intercambiador, enfriar el agua de ACS, evitando su desperdicio, simulando el agua consumida por la familia. El depósito de 30 L se usará como depósito de inercia para acumular una cantidad de agua mayor.

Por otro lado, el depósito de 200 L tiene la función de imitar el suelo radiante, para la disipación del calor se instalará un fancoil.

Además, para un mayor ahorro energético, en la cornisa del edificio Altet se realizará una instalación de paneles solares, con su correspondiente inversor, regulador. La instalación tiene una potencia de 2 kW. La instalación FV será alimentará a la bomba de calor.

Para tener un mayor detalle de la instalación se ha ampliado la imagen.

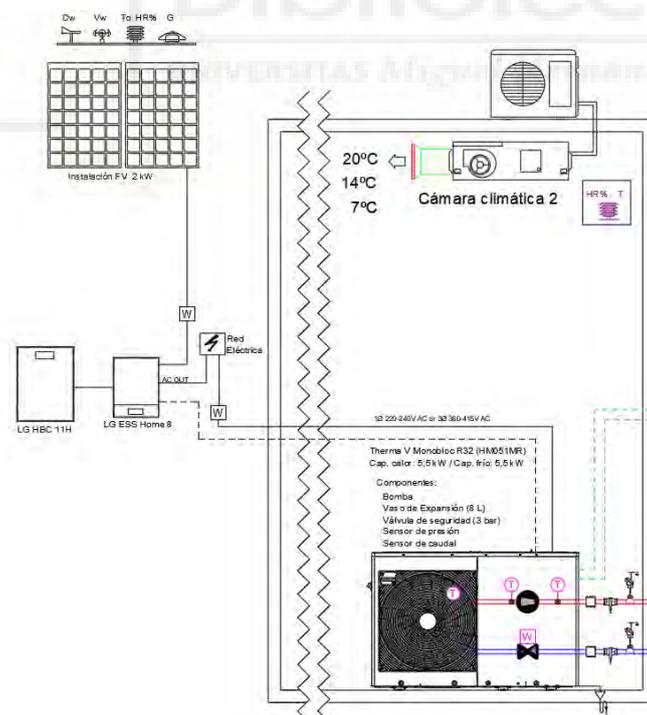


Figura 12. Detalle bomba de calor y paneles solares

En esta primera imagen se puede observar la cámara climática 2, en la cual se halla la BdC y su alimentación a través de los paneles solares situados en el tejado del edificio.

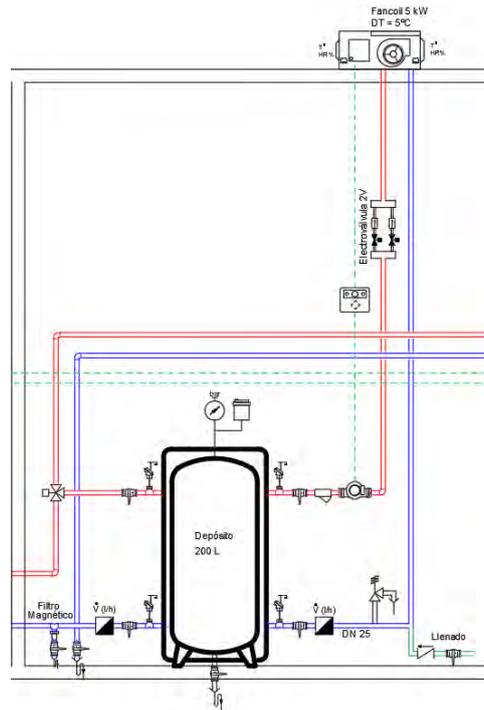


Figura 13. Detalle depósito 200 L y fancoil

En este detalle se aprecia dentro de la cámara climática 1 el depósito de 200 L y el fancoil situado en el techo de ésta.

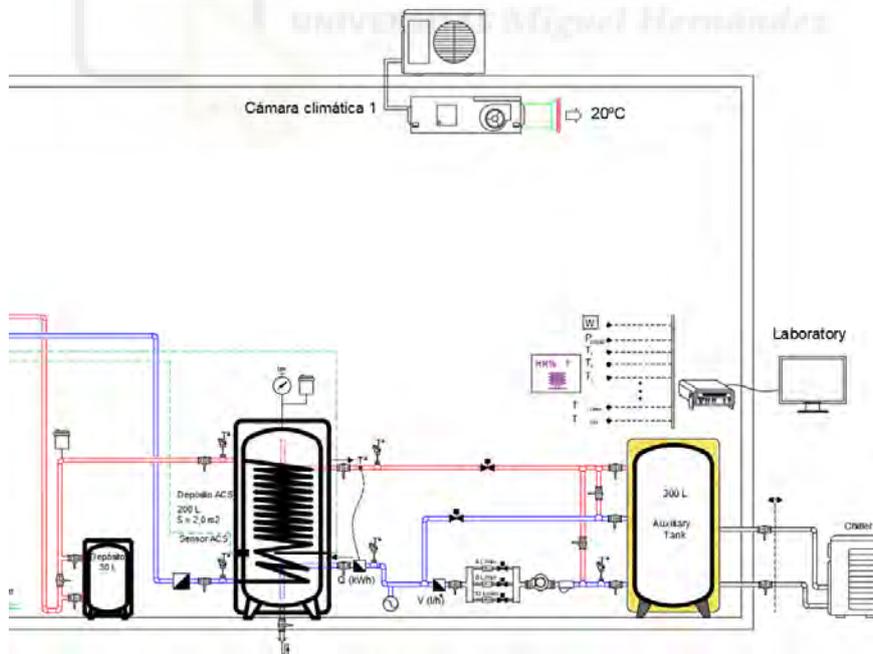


Figura 14. Detalle depósito ACS 200 L y depósito 300 L

Por último, se representa el depósito de inercia, de ACS y el auxiliar. Además, en el interior de esta cámara climática se instalará todo el sistema de adquisición de datos.

Es importante tener en cuenta que en el transcurso del presente trabajo solo se abordará la parte de calefacción y refrigeración, ya que por razones externas no se ha podido completar el resto de la instalación. Los compañeros venideros podrán continuar con la instalación en un futuro y finalizarla.

Por lo que en realidad la instalación con la que se realizará los ensayos queda de la siguiente forma:

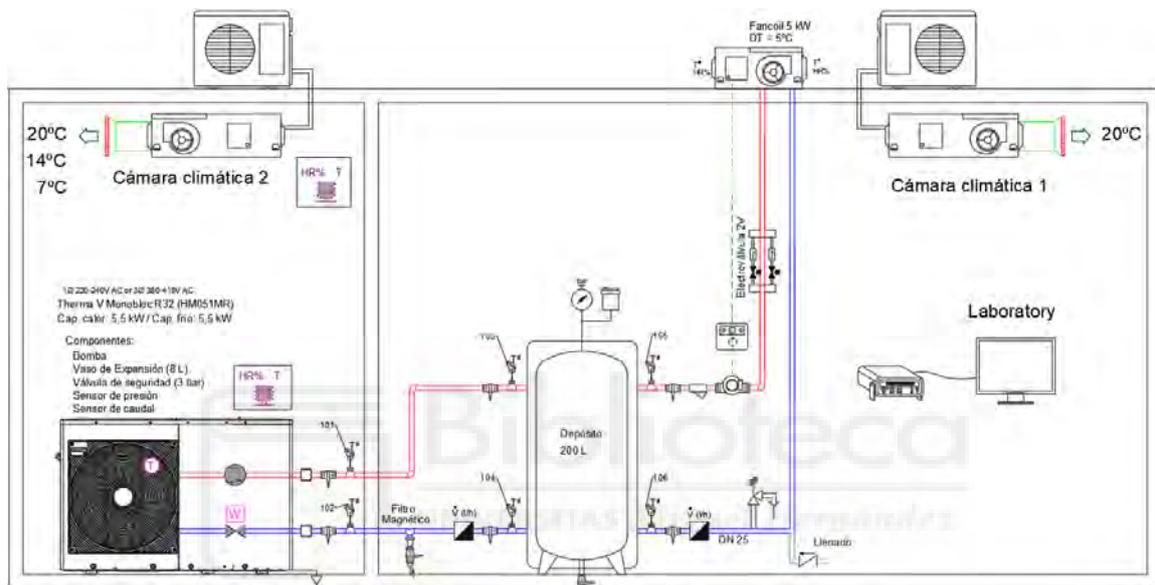


Figura 15. Instalación actual

## 2.2 MATERIALES

En el transcurso de este capítulo, se desarrollará el listado de componentes que van a ser utilizados durante la investigación. En primer lugar, se describirán cada uno de los componentes referidos a la instalación y seguidamente a los componentes específicos de la parte de sensorización. Por último, se comentará el montaje y la conexión eléctrica de toda la sensorización.

### Equipos instalación

### 2.2.1 Depósito de agua caliente sanitaria

El depósito de ACS que se ha elegido es el MAGNUS IMSL1D 200L de la marca Idrogas, con una capacidad de 186L. Fabricado para una presión y temperatura máxima de 0,8 MPa y 95 °C respectivamente. A través de sus paredes las pérdidas son de 1,4 kWh/24h. [23]



Figura 16. Depósito ACS Idrogas MAGNUS IMSL1D 200L

### 2.2.2 Depósito de calefacción

Para simular el sistema de calefacción se ha elegido un depósito de la mano de Idrogas, modelo 200-AR-T. Con una capacidad de 200 L y un rango de temperatura del agua permitidos entre -10 °C y 100 °C. Y una presión máxima de 6 bar.



Figura 17. Depósito 200 L Idrogas 200-AR-T

### 2.2.3 Depósito auxiliar

Para el aprovechamiento del agua usada en los ensayos, se instalará un depósito auxiliar de capacidad de 300 L. Tiene una presión y temperatura máxima de funcionamiento de 8 bar y 90 °C. El intercambiador situado en la parte inferior del depósito tiene una capacidad de 15 L. Una presión y temperatura máxima de 25 bar y 200 °C. [24]



Figura 18. Depósito auxiliar 300 L

### 2.2.4 Depósito inercia

Para aumentar la eficiencia se instalará un depósito de inercia de 30 L. El modelo a instalar es el 30-AR-A la marca de Idrogas. Diseñado para trabajar entre -10 °C y 100 °C, con una presión máxima del agua de 6 bar.



Figura 19. Depósito inercia Idrogas 30-AR-A

### 2.2.5 Aire acondicionado de conducto

Para regular las temperaturas de la cámara climática 1, usaremos un sistema de aire acondicionado por conductos inclinados de la marca KAYSUN modelo KPD-52. Este equipo contiene en su interior el refrigerante R410A y puede generar un caudal de aire de 728 m<sup>3</sup>/h. La capacidad de refrigeración es de 4,98 kW y una capacidad de calefacción de 5,57 kW.



Figura 20. Aire acondicionado de conducto KAYSUN KPD-52

### 2.2.6 Sistema de control de cámara climática

#### Aire acondicionado industrial

Por otro lado, para la cámara climática 2, se ha instalado un aire acondicionado industrial de la marca RIVACOLD el modelo RC325-33ED. El aire pasa por un circuito frigorífico y el rango de temperaturas que puede generar es de -40 °C a 100 °C.



Figura 21. Aire acondicionado industrial RIVACOLD RC325-33ED

### 2.2.7 Bomba de calor

La bomba de calor a utilizar es de la marca LG concretamente el modelo THERMA V HM051MR U44. Tiene una capacidad térmica de 5,5 kW y el refrigerante es el R32. Con una alimentación monofásica 220-240 V y frecuencia de 50 Hz. Con un COP en calefacción de 2,7 para una temperatura de aire exterior (OAT) de 7 °C hasta una temperatura de agua saliente (LWT) de 55 °C. Con un COP de 3,6 para OAT= 2 °C y LWT=35°C. Con un COP de 4,7 para OAT= 7 °C y LWT=35°C. [22]

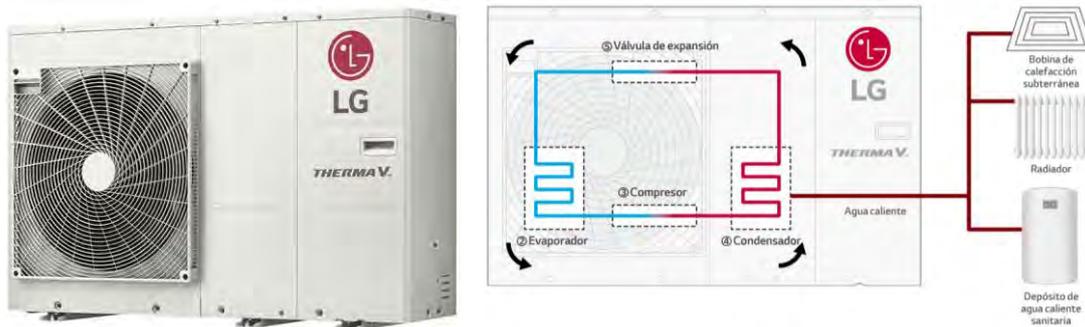


Figura 22. Bomba de calor THERMA V HM051MR U44

### 2.2.8 Carga térmica. Fancoil

Para la simulación de la calefacción se usará el depósito de 200 L y un fancoil el cual será el encargado de disipar el calor del agua proveniente del depósito. El modelo a instalar es el MUCM-15-W7 de la marca Mundo Clima. Tiene 3 posibles caudales 865/626/441 m<sup>3</sup>/h con una presión máxima de funcionamiento de 1,6 MPa y una temperatura máxima de entrada de 80 °C. La capacidad de refrigeración y calefacción es variable según el caudal de agua empleado (3 posibilidades). [25]



Figura 23. Fancoil Mundo Clima MUCM-15-W7

### 2.2.9 Bombas hidráulicas

La bomba de agua encargada de bombear el agua desde el depósito de 200l hasta el fancoil será de la marca Grundfos el modelo Alpha 3 32-80 180. Con un caudal nominal de 1,98 m<sup>3</sup>/h, consume entre 0,04 A y 0,44 A. La presión máxima de trabajo es de 10 bar (1 MPa) y el rango de temperaturas del agua está comprendido entre 2 °C y 110 °C. [15]



Figura 24. Bomba de agua Grundfos Alpha 3 32-80 180

Por otro lado, para el bombeo de agua proveniente del depósito auxiliar, se empleará una bomba de agua de la marca Grundfos concretamente el modelo Magna1 25-80 180. Consume entre 0,09 A y 1,03 A. La presión máxima de trabajo es de 10 bar (1 MPa) y el rango de temperaturas del agua está comprendido entre -10 °C y 110 °C. [16]



Figura 25. Bomba de agua Grundfos Magna1 25-80 180

### 2.2.10 Válvula 3 vías

Para redirigir el agua según nos convenga en cada momento montaremos una válvula de 3 vías, en concreto el modelo Sauter AKM105100. Este modelo en concreto tarda 30 segundos en variar su posición. Consume 2,4W a un voltaje de 230V y el motor produce un torque de 4Nm. [17]



Figura 26. Válvula 3 vías Sauter AKM105100

### 2.2.11 Electroválvula

Para regular el caudal en la instalación de manera remota se instalarán diversas válvulas automáticas, se ha elegido el modelo TAZ 206C-25 de la marca ELECTRO. Está diseñada para tuberías de 25 mm. El rango de presión admisible es de 0,5 a 10 bar. Permite regular caudales de hasta 147 l/min y soporta fluidos hasta temperaturas de 80 °C



Figura 27. Válvula automática Electro TAZ 206C-25

### 2.2.12 Vaso de expansión

Se montará un vaso de expansión de la marca Waft, con una capacidad de 24l y un rango de temperaturas de 10 °C y 70 °C. Con una presión máxima de trabajo de 10 bar (1 MPa) y una precarga de fábrica de 2 bar (0,2 MPa). [18]



Figura 28. Vaso de expansión Waft

### 2.2.13 Convertidor de corriente

El convertidor o transductor de corriente MACX MCR-SL-CAC-12-I-UP, se usará en nuestro proyecto para medir la corriente consumida por la bomba de calor, así como su voltaje. Permite convertir corrientes alternas de 5 A o 12 A en señales analógicas de salida entre 0 mA y 20 mA o 4 mA y 20 mA, configurable mediante un selector DIP. Con una tensión de alimentación entre 19,2 V AC/DC y 253 V AC/DC. [19]



Figura 29. Transductor de corriente MACX MCR-SL-CAC-12-I-UP

#### 2.2.14 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación utilizada en nuestro proyecto es de la marca Omron el modelo S8VK-G. En realidad, esta fuente de alimentación actúa como un transformador de tensión, ya que a la entrada tenemos 100-240V AC y a la salida 24V DC. Emplearemos este aparato ya que ciertos instrumentos como el caudalímetro y las electroválvulas necesitan una alimentación de 24V. [20]



Figura 30. Fuente de alimentación Omron S8VK-G

#### 2.2.15 Sistema adquisición datos

Para la recogida de los datos de caudal, intensidades, temperaturas, voltajes entre otras se usará el equipo de adquisición de datos de la mano de Keysight, concretamente el DAQ970A. Este permite realizar escaneos a intervalos con almacenamiento de hasta 100.000 lecturas de fecha y hora, y viene con la posibilidad de conectar un disco duro. Además, tiene la opción de configurar cada uno de sus canales de manera independiente.



Figura 31. Sistema adquisición datos Keysight DAQ970A

Cabe recalcar que el DAQ970A está capacitado para introducir 3 tarjetas de adquisición de datos o módulos multiplexores en su parte posterior. Cada una de ellas posee 20 canales principales más 2 de intensidad. Cada canal viene con dos conexiones marcadas con las letras H(High) y L(Low). [21]



Figura 32. Tarjeta adquisición de datos

### Equipos sensorización

#### 2.2.16 Sondas de temperatura

##### **Termorresistencias (RTD)**

Las termorresistencias utilizadas para la obtención de medidas de la instalación son, sondas Pt100 con cabezales de terminales industriales. Se utilizarán para medir las distintas temperaturas en las tuberías de agua. Constan de una conexión de 4 hilos, lo cual proporciona una gran estabilidad y una precisión clase B. El tubo de protección tiene una longitud de 150 mm y un diámetro de 6 mm. El abanico de medida de temperatura es de -20 °C a +200 °C. [12]

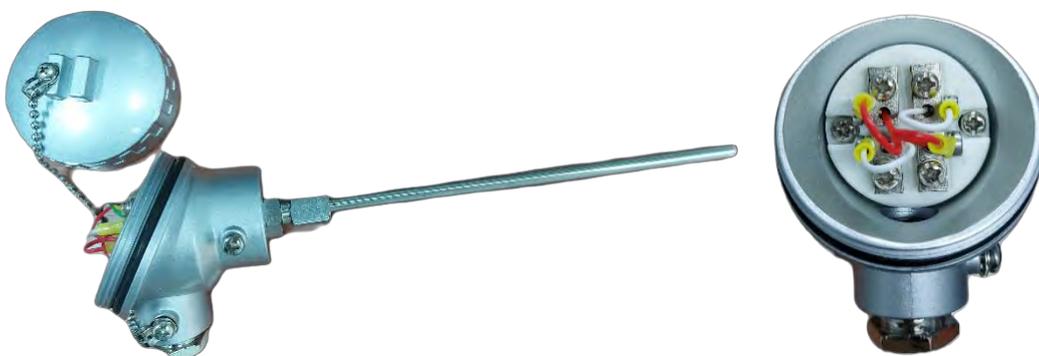


Figura 33. RTD

### Termopar Tipo k

Es un sensor capaz de medir rangos de temperatura elevados de  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Está formado por dos cables de metales diferentes que en un extremo se unen entre sí, esta unión se conoce como junta caliente la cual se colocará sobre el objeto que se desea medir su temperatura mientras que la otra unión llamada junta fría toma una temperatura de referencia. A través de la diferencia de temperatura entre ambas uniones se obtienen unos parámetros de tensión eléctrica los cuales se traducen a temperatura. [13]



Figura 34. Termopar tipo K

### 2.2.17 Caudalímetro

El caudalímetro SM6000 es un sensor de flujo volumétrico magnético-inductivo. Con capacidad de detectar cantidad de caudal volumétrico, cantidad consumida y temperatura media. Posee un rango de medición entre  $0,1\text{ l/min}$  y  $25\text{ l/min}$ , así como un rango de visualización entre  $-30\text{ l/min}$  y  $30\text{ l/min}$ . El rango de temperatura del líquido conductor permitido es entre  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dispone de dos salidas digitales y una analógica. La salida analógica de corriente está comprendida entre  $4\text{ mA}$  y  $20\text{ mA}$ , y la de tensión entre  $0\text{ V}$  y  $10\text{ V}$ . [14]



Figura 35. Caudalímetro SM6000

### 2.2.18 Sensor de temperatura y humedad

Para tener datos de temperatura y humedad relativa del ambiente, se ha elegido el sensor EE210-HT6 el cual incluye el elemento de medida EE210P. Según su ficha técnica el rango de temperaturas está comprendido entre -20 °C y 80 °C, la humedad relativa se mide desde el 0% hasta el 100%. Ambas señales proporcionan una salida de 4-20mA. Es también conocido como termohigrómetro.



Figura 36. Sensor de temperatura y humedad EE210-HT6

## 2.3 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN

La instalación se realizará en el laboratorio de máquinas y motores térmicos de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Para el montaje de la presente instalación, se aprovecharán equipos del anterior proyecto experimental como las cámaras climáticas, la parte desde el depósito de ACS antiguo (sin incluir este) hasta el depósito auxiliar. El resto de la instalación se montará desde 0, con la ayuda del técnico de laboratorio, profesor y de una empresa externa. Quedando conforme se muestra en la figura 15.

### 2.3.1 Conexión termopares

Los termopares son sondas de temperatura compuestas por 2 hilos de materiales distintos, el de color blanco es de Níquel y el verde es una aleación de Níquel-Cromo.

Para la instalación de estos es importante tener en cuenta que por cuestiones de pérdidas por resistencia de los hilos del termopar vienen de fábrica con una longitud máxima, si para la sensorización se necesita una longitud superior habrá que utilizar el cable extensor

que es de mayor sección y sin longitud máxima. La unión entre ambos se realizará a través de un conector respetando el color de los hilos.

A la hora de conectar el termopar al módulo multiplexor es menester respetar el siguiente orden, High (H) al hilo verde (NiCr) y el Low (L) al blanco (Ni).

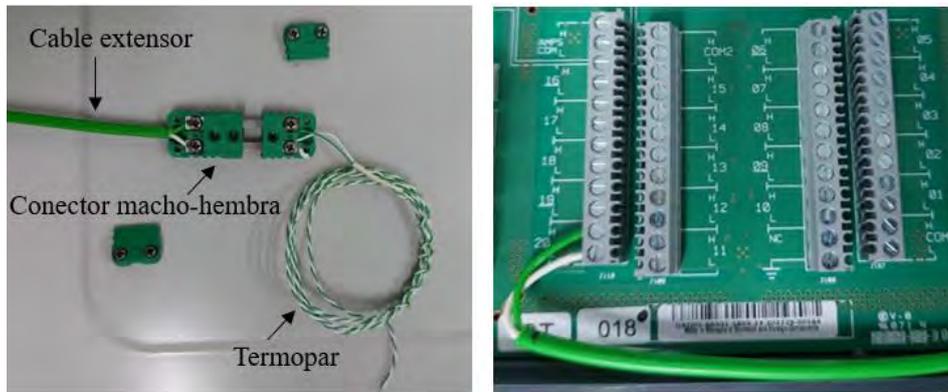


Figura 37. Conexión termopar

### 2.3.2 Conexión RTD

En la conexión de las sondas RTD se tendrán en cuenta una serie de aspectos.

En primer lugar, es necesario saber que el cabezal de las RTD tiene 2 placas de platino separadas verticalmente y que la conexión se realizará mediante un cable de 4 hilos con los colores verde, rojo, marrón y blanco. Se debe respetar que el positivo corresponde al High (H) y el negativo al Low (L), como se puede observar en el esquema de conexión.

Por otro lado, es muy importante que cuando se conecten a la tarjeta de adquisición de datos se respete un espacio de 10 canales es decir que si se usa el CH01 para 2 hilos la otra pareja de hilos se inserte en el CH11.

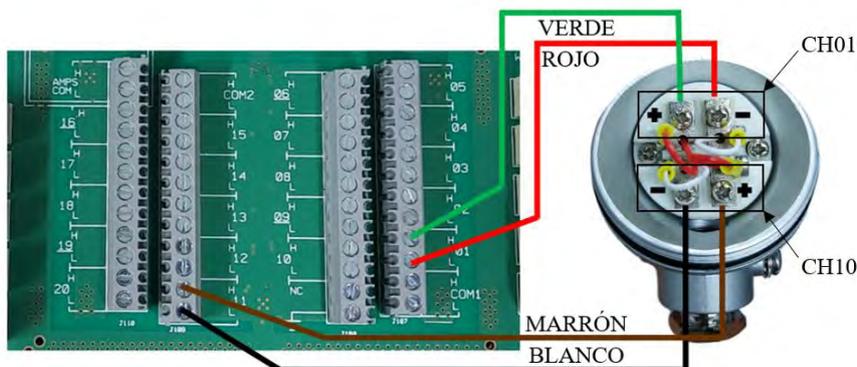


Figura 38. Conexión RTD



Figura 39. Instalación termorresistencias PT100.

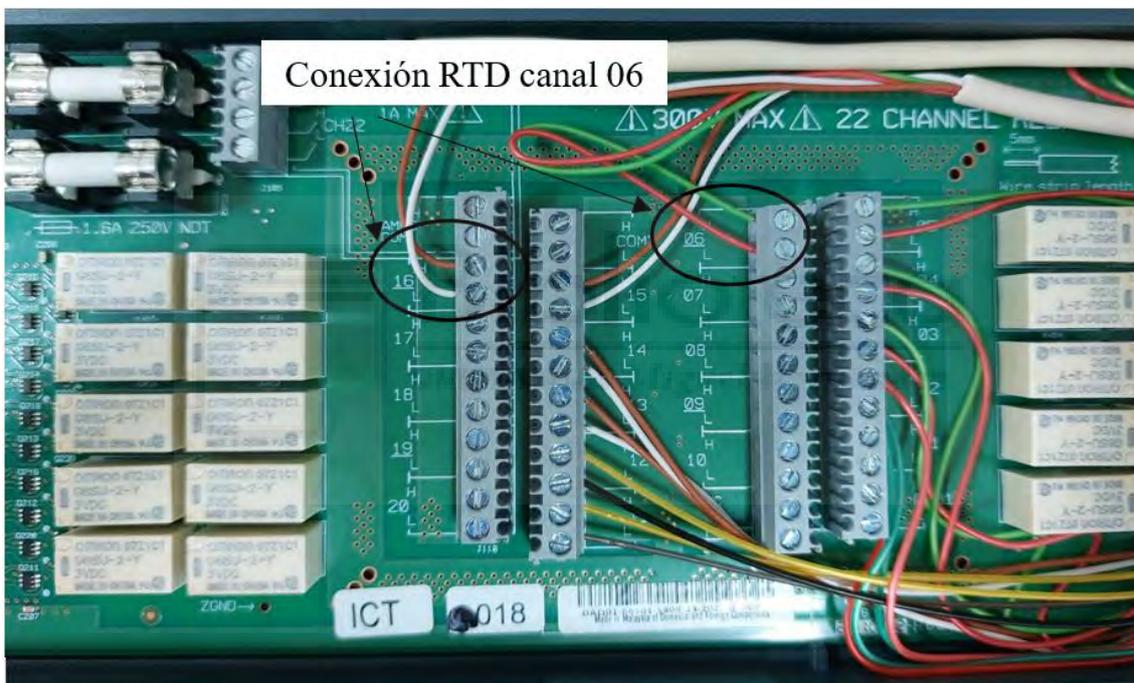


Figura 40 Conexionado conjunto RTD.

### 2.3.3 Conexión caudalímetro

A continuación, se representa gráficamente el conexionado del caudalímetro.

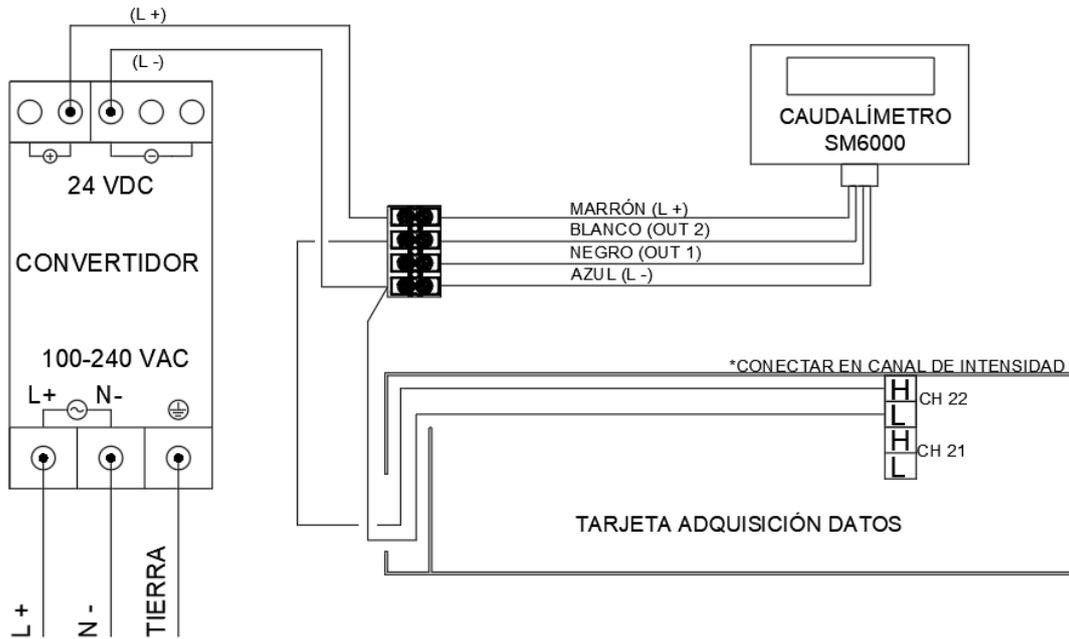


Figura 41. Esquema conexión caudalímetro

Como el caudalímetro es un instrumento con una alimentación de 24V DC será necesario conectarlo a una fuente de alimentación (convertidor).

El caudalímetro viene con un cable de fábrica de 4 colores, 2 de alimentación y 2 de señal, el marrón (L+) se unirá al positivo de la fuente de alimentación. El azul (L-) al negativo de la fuente. Por otro lado la señal se conectará a la tarjeta de adquisición de datos de Keysight, el cable blanco (OUT 2) se conectará al High (H) del canal 21 o 22 ya que estos son los canales de lectura de intensidad de la tarjeta. Como los canales 21 y 22 miden intensidad y se quiere lectura de caudal, será necesario realizar una conversión posteriormente en el software. Por último se conectará un cable desde el negativo (L-) de la fuente de alimentación al Low (L) del mismo canal que hemos conectado el OUT 2.

Es importante no conectar el cable negro del caudalímetro ya que daría error.



Figura 42. Conexión caudalímetro

### 2.3.4 Conexión transductor de corriente

En este apartado se analizará la conexión del transductor de corriente.

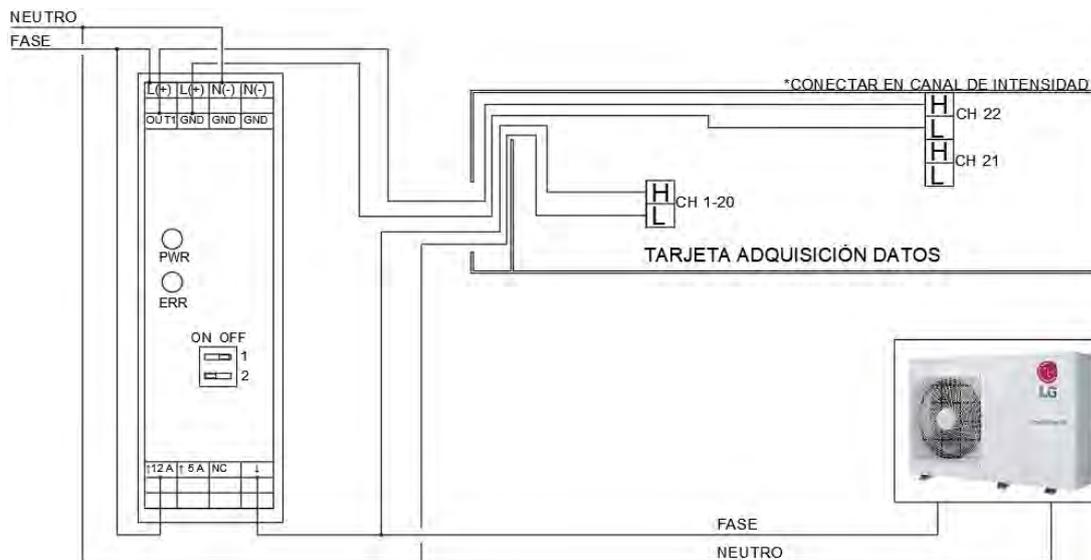


Figura 43. Esquema conexión transductor de corriente

Este equipo se empleará en la medición de consumo de la bomba de calor, se alimentará a una tensión de 230V. Para la medición de potencia se necesitará saber la tensión de la bomba de calor y la intensidad que demanda.

El transductor suministra una salida de 4-20 mA, proporcional a la intensidad que circula través de la BDC con un máximo de 12 A. Se intercalará el transductor entre la fase de alimentación de la BDC.

Se conectará la fase al High (H) y el neutro al Low (L), ambos a un canal del 1 al 20 para medir el voltaje. Por otro lado, para leer la intensidad se unirá el pin OUT1 con el High (H) y el GND al Low (L) importante que sea en un canal de intensidad CH21 o CH22.

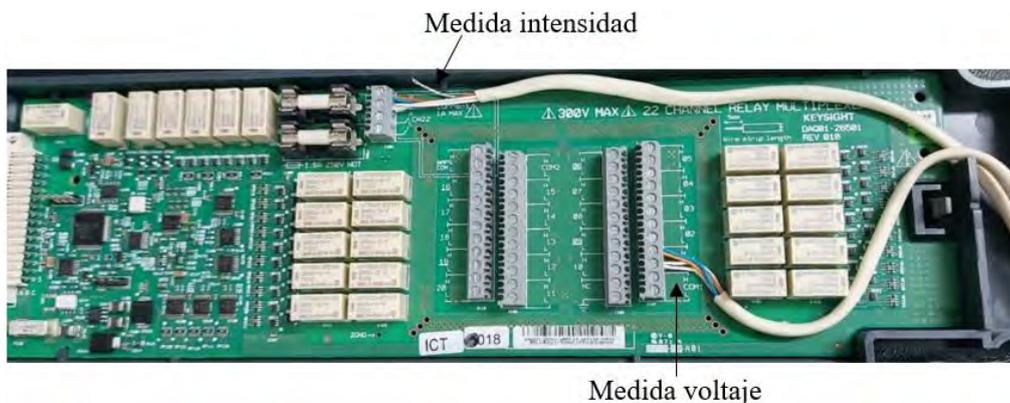


Figura 44. Conexión transductor de corriente



Figura 45. Detalles conexión transductor de corriente

### 2.3.5 Conexión sensor de humedad y temperatura

En la cámara climática 2 se instalará un sensor de humedad y temperatura. Este sensor está compuesto por 2 elementos, el sensor de humedad y temperatura (EE210P) de forma cilíndrica con un cable de 4 hilos y una caja de conexiones con carcasa (EE210-HT6). A la hora de unir ambos se respetará el orden de colores y pines, el equipo se alimentará a 24VDC desde el convertidor enlazando el (L+) con el pin 1 de la caja de conexiones y para poder leer los datos de T y RH se conectarán el pin 2 y 3 al High (H) de los canales de intensidad y desde el convertidor se sacarán dos (L-) que se llevarán al Low (L) de estos dos canales. En la siguiente imagen se podrá visualizar el esquema de conexiones.

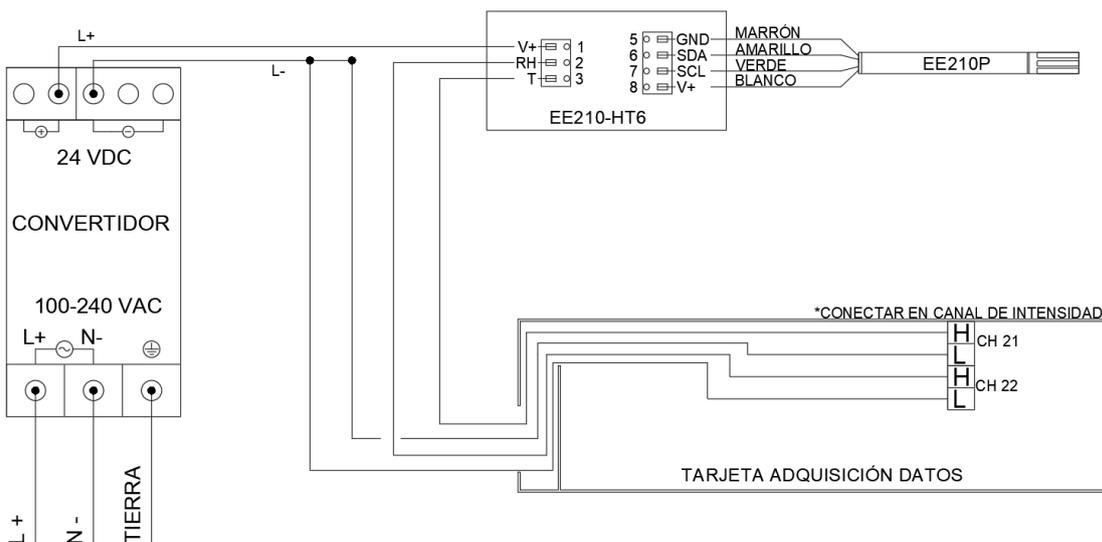


Figura 46. Esquema conexión sensor de humedad y temperatura

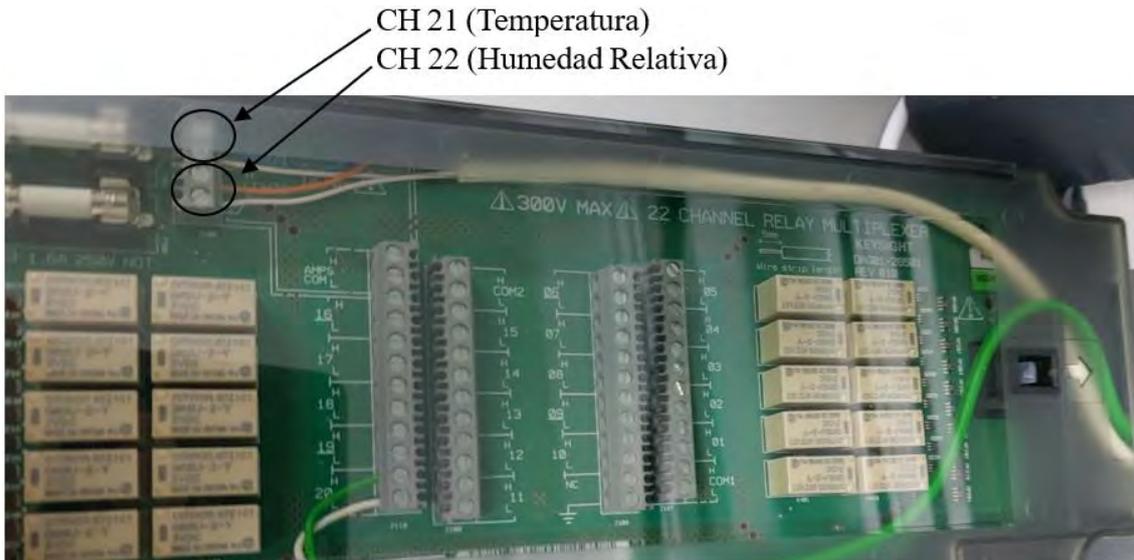


Figura 47. Conexión sensor de humedad y temperatura

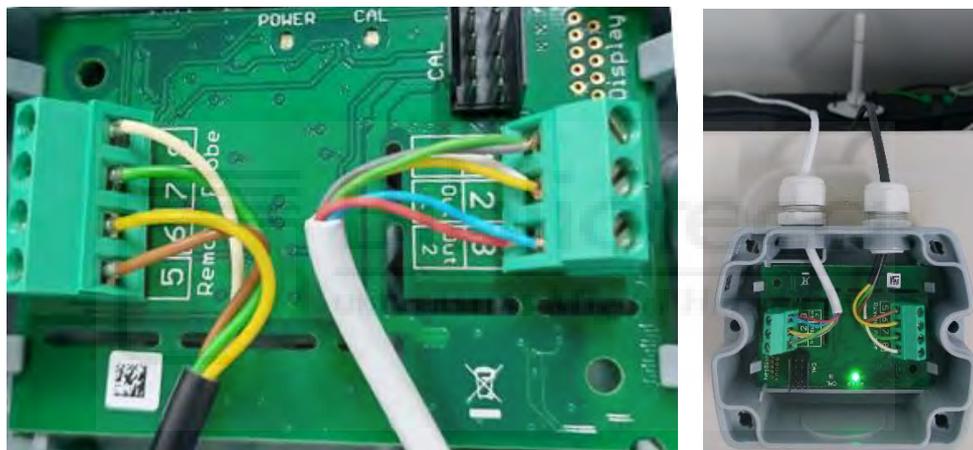


Figura 48. Detalles conexión sensor de humedad y temperatura

### 2.3.6 Conexión cuadro eléctrico cámara climática 1

En el siguiente esquema, se detallan las conexiones de todos los equipos situados en el cuadro eléctrico, como las protecciones de este, las 2 fuentes de alimentación de 24 V, el transductor de corriente, los interruptores de las electroválvulas, etc.

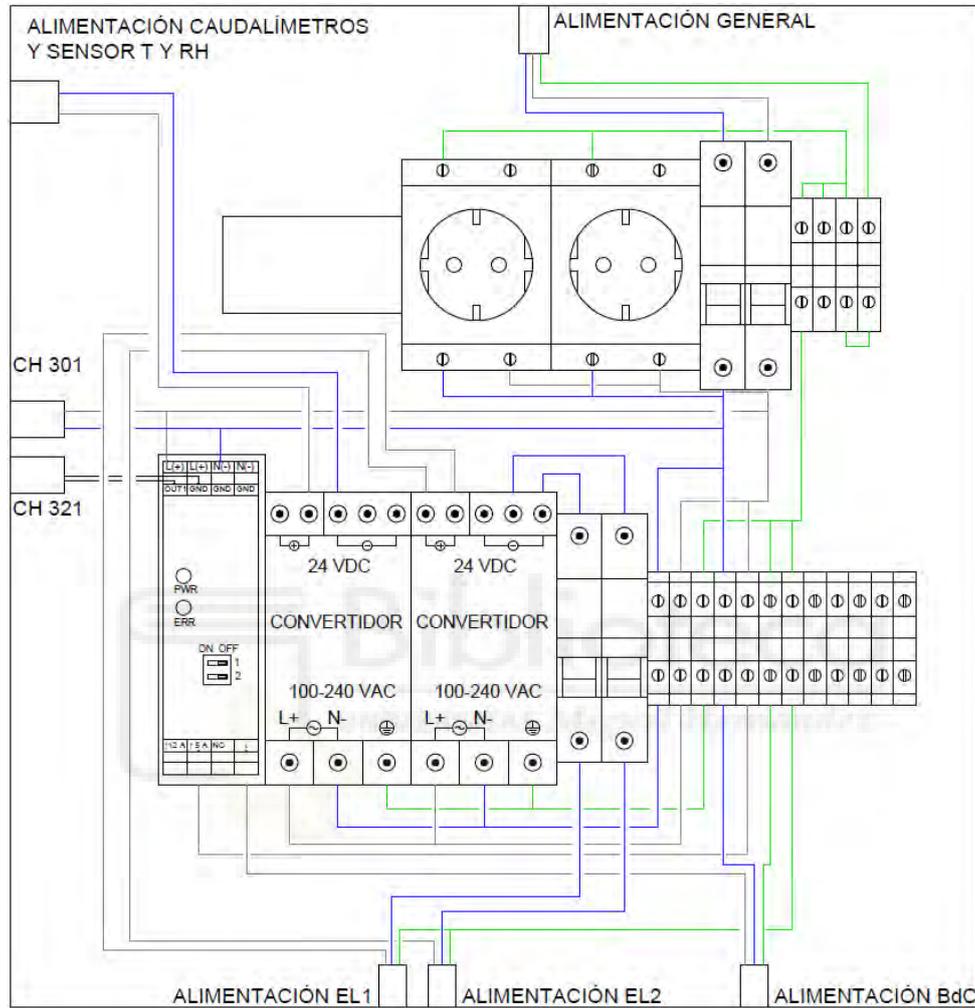


Figura 49. Conexión cuadro eléctrico



Figura 50. Cuadro eléctrico

### 2.3.7 Conexión Fancoil

A la hora de instalar el fancoil es necesario seguir el esquema de conexiones proporcionado por el fabricante. Para alimentar el equipo, se conectará a una toma monofásica de 230 V 50Hz.

Por un lado, se alimentará directamente la placa conectando la fase (L) y el neutro (N) y derivando la placa a tierra. Por otro lado, se alimentará al interruptor de 3 posiciones, uniendo la fase de 230 V al interruptor y el neutro al (N) de la placa.

Este interruptor tiene como función ajustar la velocidad del aire que entra al fancoil.

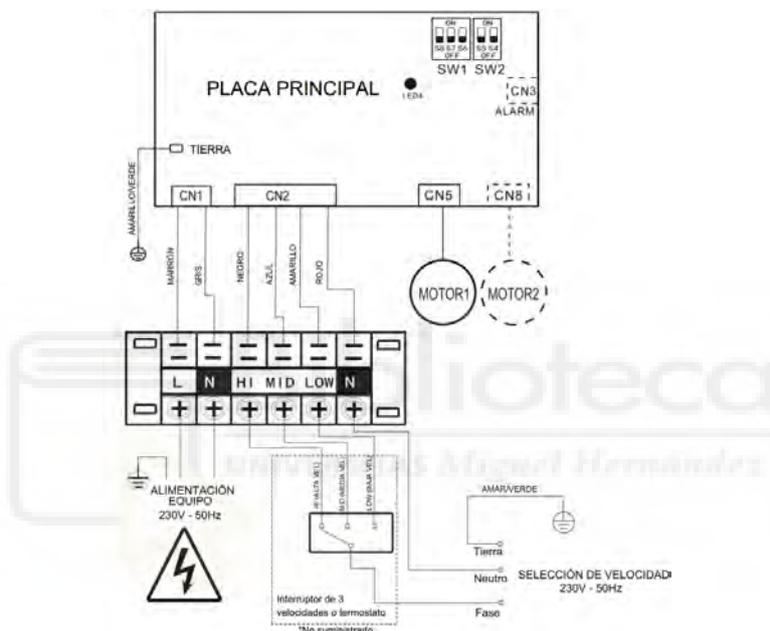


Figura 51. Esquema conexión fancoil

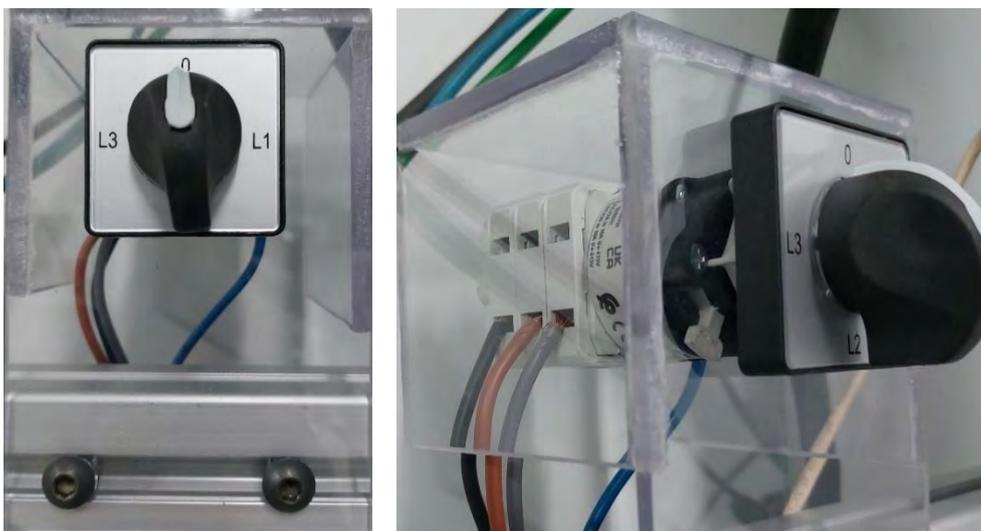


Figura 52. Detalles conexión fancoil



Figura 53. Fancoil instalado

### **RESUMEN CONEXIONES**

En la siguiente tabla se mostrará un esquema de todas las conexiones correspondientes a los distintos canales del sistema de adquisición de datos Keysight.

Canal	Tipo de Sonda	Variable	Definición
101	Temp 4-Wire RTD	$T_{w1}$	Temperatura agua impulsión BdC
102	Temp 4-Wire RTD	$T_{w2}$	Temperatura agua retorno BdC
103	Temp 4-Wire RTD	$T_{w3}$	Temperatura agua entrada primario del depósito
104	Temp 4-Wire RTD	$T_{w4}$	Temperatura agua salida primario del depósito
105	Temp 4-Wire RTD	$T_{w5}$	Temperatura agua entrada secundario del depósito
106	Temp 4-Wire RTD	$T_{w6}$	Temperatura agua salida secundario del depósito
121	DC Current	$Q_{BdC}$	Caudalímetro primario (BdC)
122	DC Current	$Q_F$	Caudalímetro secundario (Fancoil)
220	Temp (Type K)	$T_{CC}$	Termopar C.Climática 2
221	DC Current	I	Temperatura Termohigrómetro
222	DC Current	I	Humedad Relativa Termohigrómetro
301	AC Voltage	V	Voltaje BdC
321	DC Current	I	Intensidad BdC
902	Potencia	P	Potencia Consumida BdC

Tabla 1. Resumen de conexiones de los sensores

En la siguiente imagen se muestra la numeración de las RTD de forma gráfica.

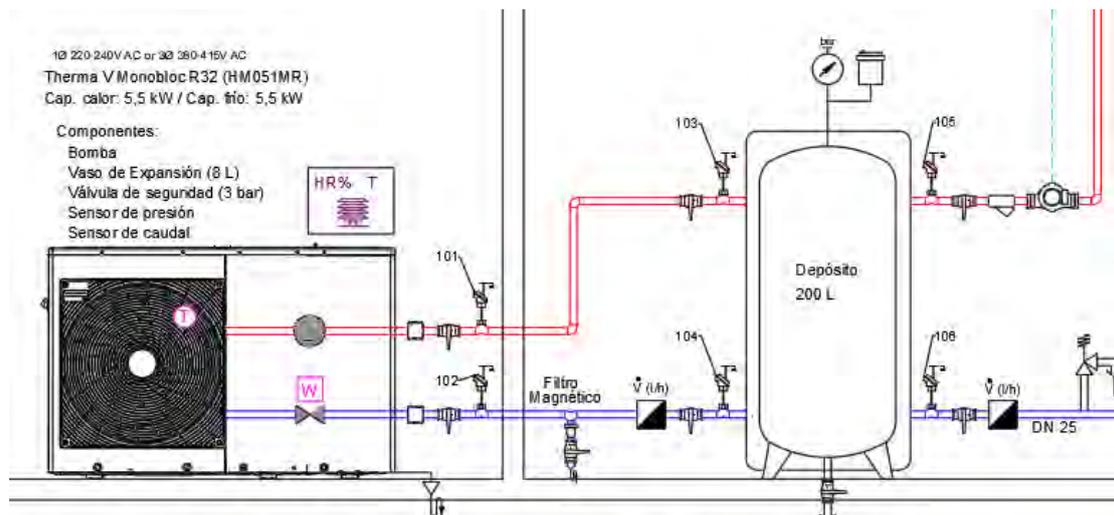


Figura 54. Numeración RTD

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ENSAYO

El ensayo tiene como objetivo abastecer de energía térmica el agua contenida en el depósito de 200 L a través de la bomba de calor. Se realizarán dos mediciones, una en la que se caliente únicamente el depósito y otra en la que se consuma esa energía (disipación en fancoil). En ambos casos se sacará su SPF.

Se recopilarán los datos a través del software y se exportarán para su posterior análisis.

#### 3.2 PROTOCOLO DE ENSAYO

En el siguiente capítulo, se detallará el procedimiento necesario para realizar 2 ensayos en la instalación descrita.

##### ENSAYO 1. Calentamiento de depósito sin carga térmica

**1º Protecciones:** El encargado del ensayo se dirigirá hacia el cuadro eléctrico general situado en la pared junto a la cámara climática 2. Subir tanto el interruptor diferencial como el interruptor magnetotérmico, alimentando así eléctricamente la instalación.



Figura 55. Cuadro eléctrico general

**2º Condiciones de ensayo:** Arrancar los aparatos de refrigeración de ambas cámaras climáticas, estableciendo una temperatura de consigna según las temperaturas deseadas para realizar el ensayo.



Figura 56. Configuración temperatura cámara climática 1

La temperatura de la cámara climática 1 se configurará en 25 °C.



Figura 57. Configuración temperatura cámara climática 2

Por otro lado, en la cámara climática 2 la temperatura de consigna será de 18 °C, es importante configurar el termostato de la cámara en modo calor ya que la bomba de calor está trabajando en calefacción por lo que aportara frío al ambiente.

**3° Alimentación cuadro:** Ya dentro de la cámara climática 1, el operario se dirigirá al cuadro eléctrico situado en la pared de perfilería, encima del depósito de 200 L. Subirá el interruptor magnetotérmico para dar corriente a la instalación.

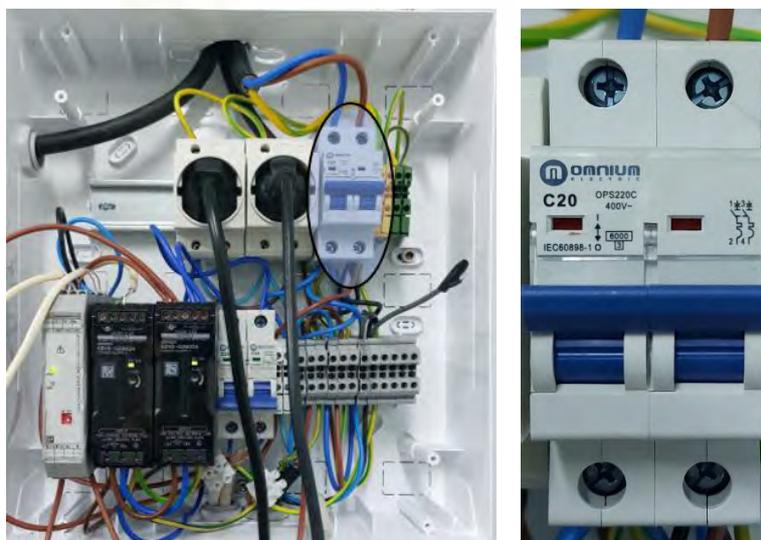


Figura 58. Protecciones cuadro cámara climática 1

**4° Presión circuito:** Comprobar la presión a través del manómetro instalado en el depósito de 200 L, asegurando que esta esté a 1,5 bar. Si no es así será necesario purgar el circuito de agua, esto se realizará abriendo la llave de paso de agua situada en el exterior de la cámara climática 1 y seguidamente abriendo con precaución la llave situada en la manguera blanca junto al depósito de inercia hasta alcanzar la presión deseada.

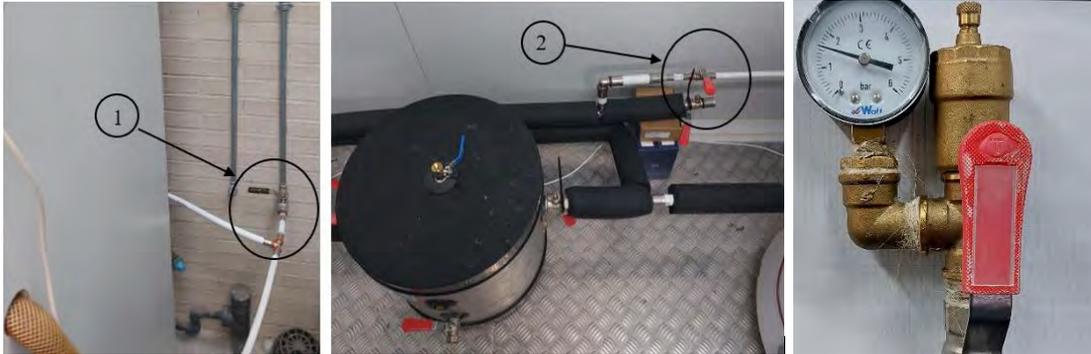


Figura 59. Llaves de agua y presión de agua

**5° Sistema de adquisición de datos:** Encender el sistema de adquisición de datos Keysight DAQ970A situado en la balda.

**6° Software:** Abrir y configurar el programa BenchVue.

El software que se empleará en el presente proyecto es el BenchVue de la mano de Keysight. Entre otras opciones esta aplicación permitirá al usuario configurar los controles y mediciones provenientes de los sensores, visualizar las mediciones en tiempo real. Además de permitir el registro y la exportación de datos e imágenes. [26]

#### **6.1° Configuración del software:**

El primer paso al abrir la aplicación será enlazar la tarjeta de adquisición de datos. Para ello se pulsará dos veces sobre el botón “Add” situado en la parte derecha de la pantalla. Se buscará en la lista de equipos el modelo del proyecto es decir el DAQ970A.

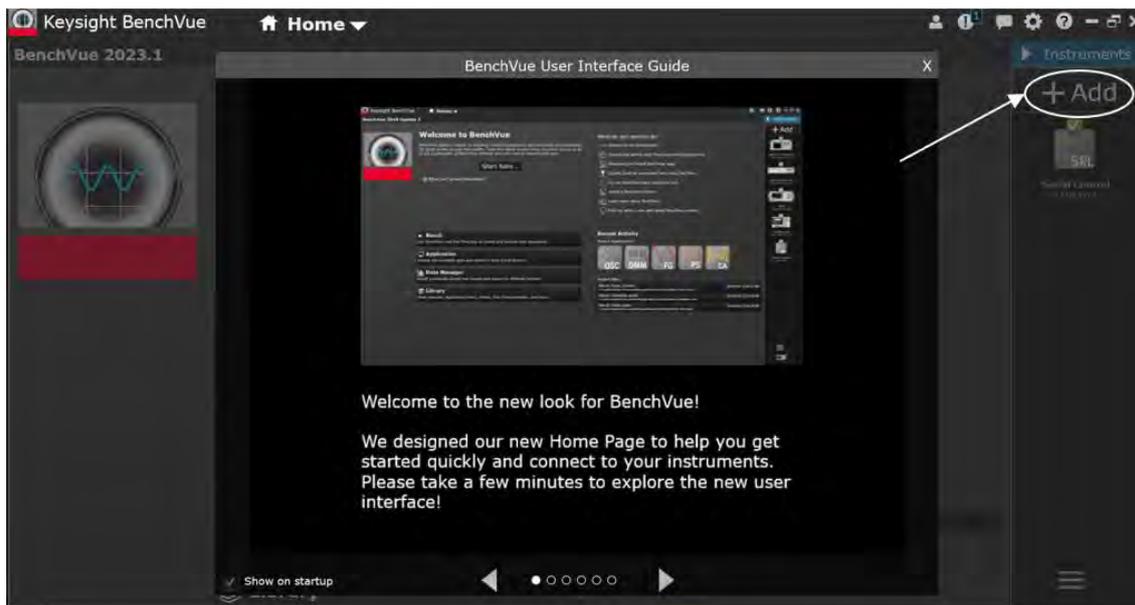


Figura 60. Vinculación sistema adquisición de datos

Una vez enlazado, se configurará la tarjeta para la lectura de los datos provenientes de los sensores instalados. En la pantalla principal se pulsará en “Graphics Setup”, a continuación, en la barra de la izquierda se accederá al botón “Tabla”.

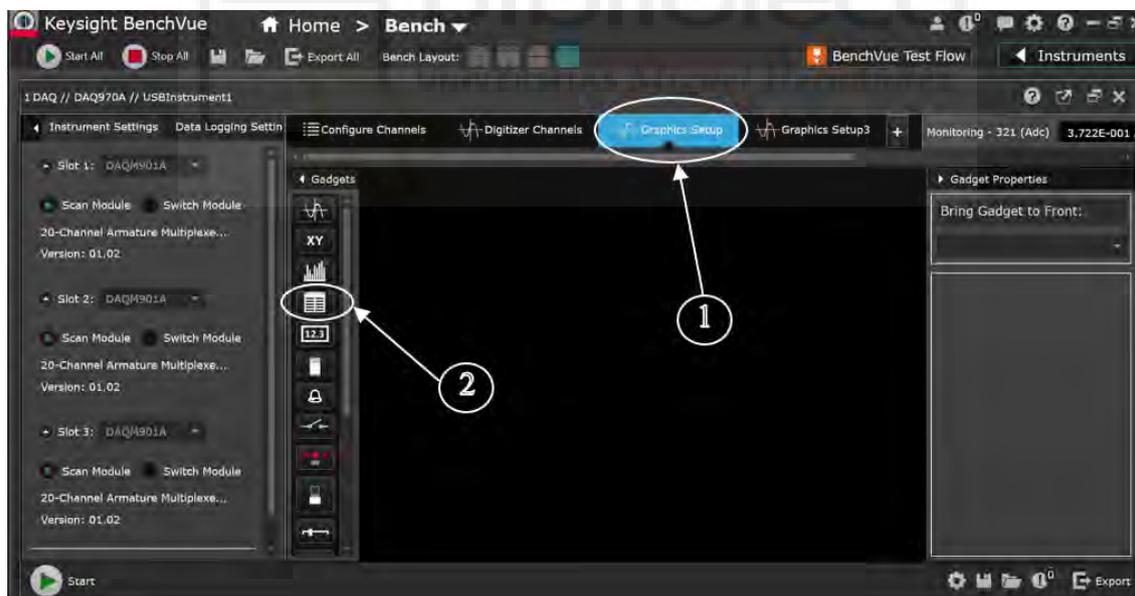


Figura 61. Configuración 1

Una vez dentro aparecerá una pantalla con el nombre de “Data Grid”. En esta interfaz se activarán los canales. Por ejemplo, para activar el CH O1 de la tarjeta de adquisición 1, se pulsará en el desplegable y se elegirá el canal deseado.



Figura 62. Configuración 2



Figura 63. Configuración 3

Una vez activados todos los canales que se deseen, se irá a la opción “Configure Channels”. En esta interfaz el software permite al usuario configurar cada canal para que el equipo sepa qué tipo de sensor o variable se le asigna a cada uno de ellos.

Por ejemplo, el CH 101 tiene conectado una RTD de 4 hilos, por lo que se elegirá esa opción en el desplegable. Es importante recordar que al conectar una RTD se ocupa el CH X y el CH X+10, BenchVue automáticamente configura el CH X+10.

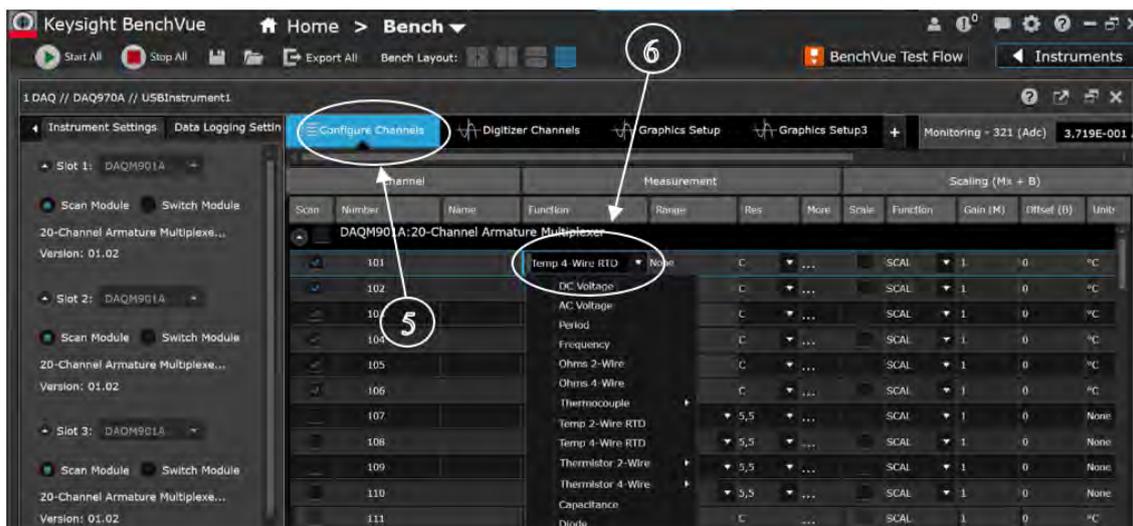


Figura 64. Configuración 4

Para la configuración de los escaneos en la pestaña de “Data Logging Settings”. En el apartado “Start Data Logging” se puede personalizar el inicio de la lectura de datos, pudiendo dar comienzo nada más presionar el botón “Start”, configurando una fecha de inicio o mediante una alarma.

Por otro lado, en la pestaña “Scan Interval” se configurará el intervalo de escaneo, también se ofrecen varias opciones, entre ellas “Custom” la cual permite ajustar el periodo deseado.

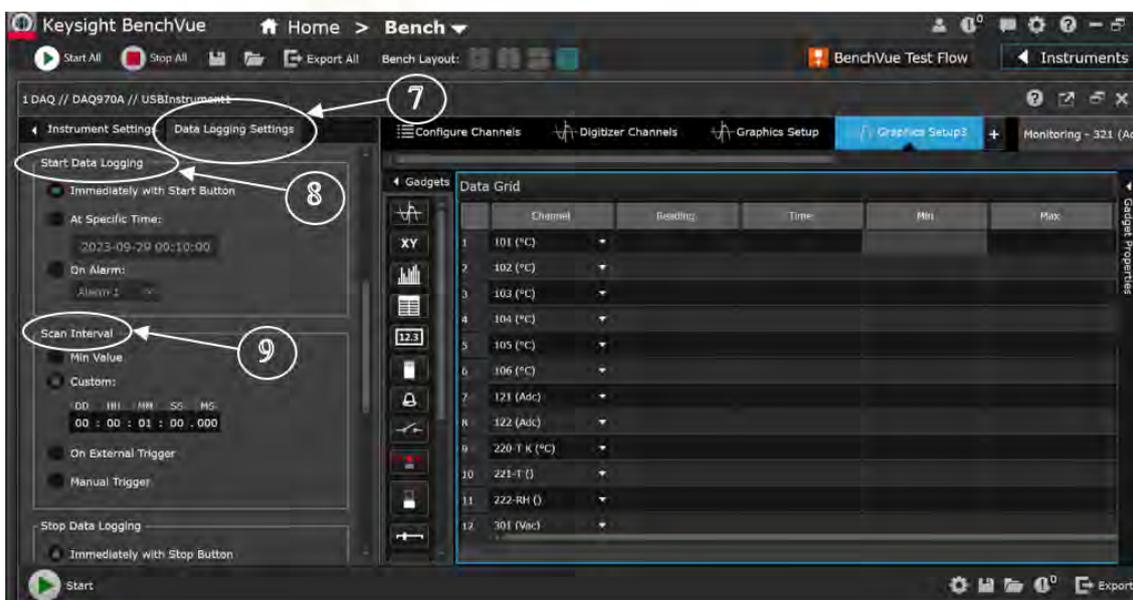


Figura 65. Configuración 5

A la hora de finalizar el escaneo las opciones son idénticas a la del arranque.

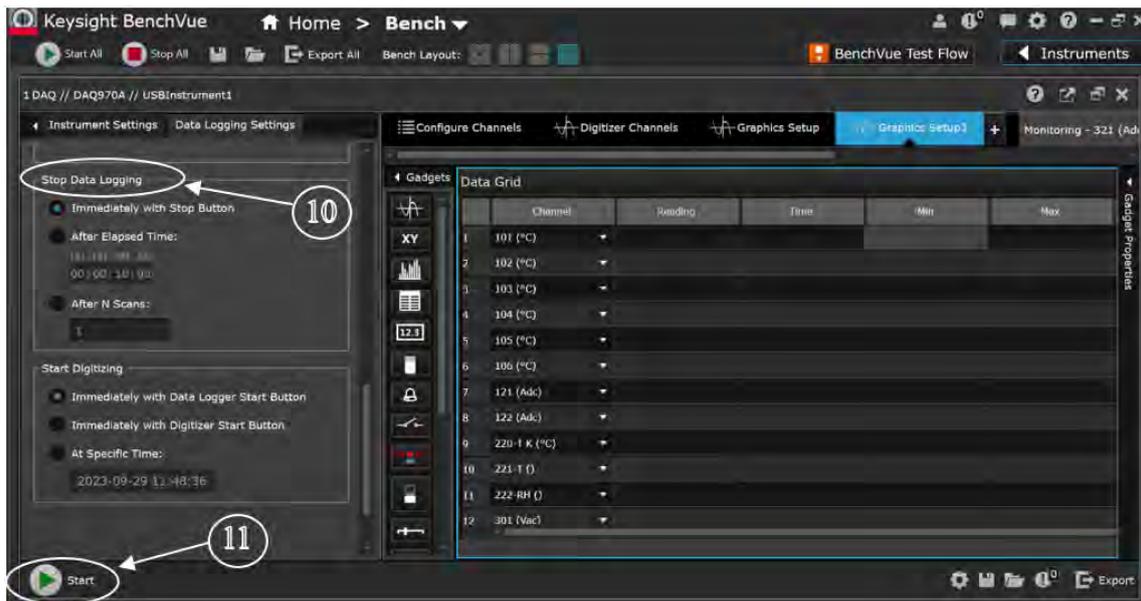


Figura 66. Configuración 6

## 6.2º Conversión de variables:

Ciertos dispositivos como caudalímetros, termohigrómetro y transductor de corriente, se conectan a los canales de corriente de las tarjetas de adquisición de datos. Estos dispositivos proporcionan señales de intensidad desde 4 a 20 mA, proporcionales a los rangos de medida de estos.

Por ejemplo, el caudalímetro tiene un rango de medida de 0 a 25 L/min. Cuando el caudalímetro lee 0 L/min proporciona una señal de 4 mA y cuando lee 25 L/min emite una señal de 20 mA. Para que en el programa se visualicen las magnitudes deseadas es necesario calcular la relación matemática.

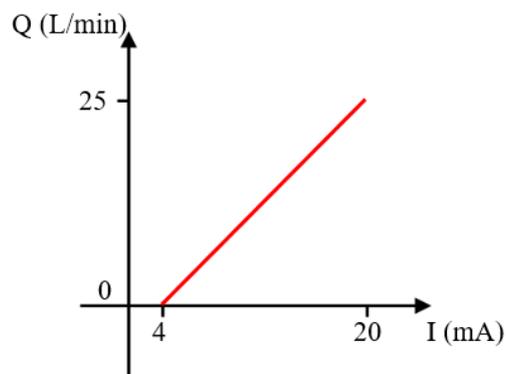


Figura 67. Gráfica caudal vs intensidad

Como se puede observar la línea de tendencia es una recta  $y=Mx+B$ . BenchVue permite configurar en el canal la pendiente y el offset. Tras realizar el cálculo se obtiene una ganancia  $M=1562,5$  y un offset  $B=-6,25$ .

El primer paso para configurar el canal con estos nuevos parámetros será marcar la casilla “Scale”. Después se introducirá la ganancia y el offset. Como tenemos 2 caudalímetros idénticos conectados en los canales 101 y 102, realizaremos el mismo paso en ambos.

Tras realizar esta conversión los valores que leerá BenchVue serán en L/min.

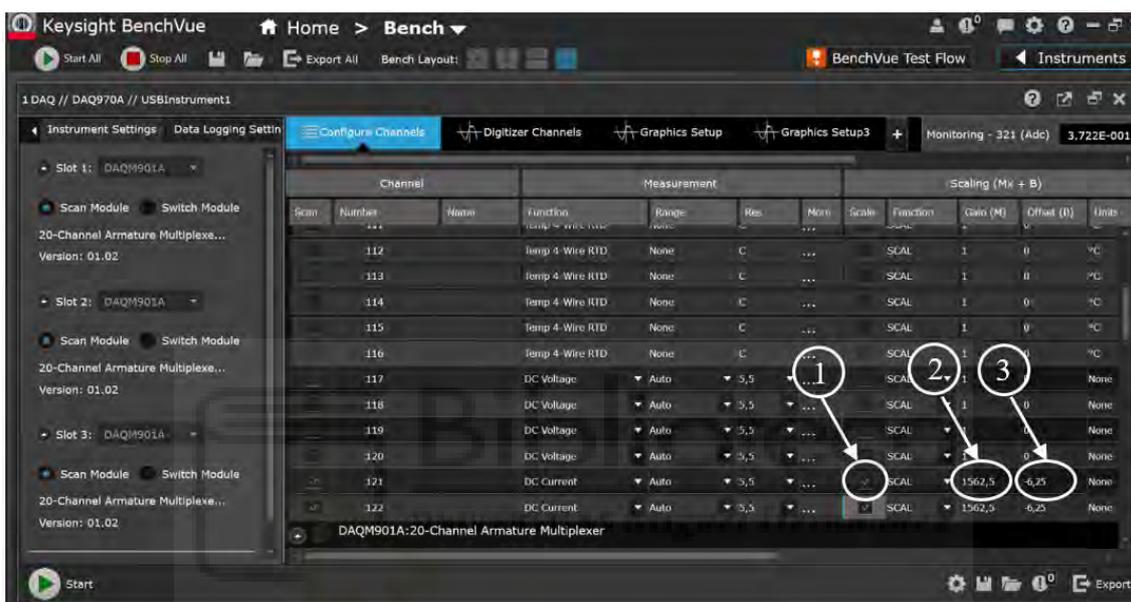


Figura 68. Conversión variables 1

Se realizarán los mismos pasos con el sensor de temperatura y humedad relativa del termohigrómetro.

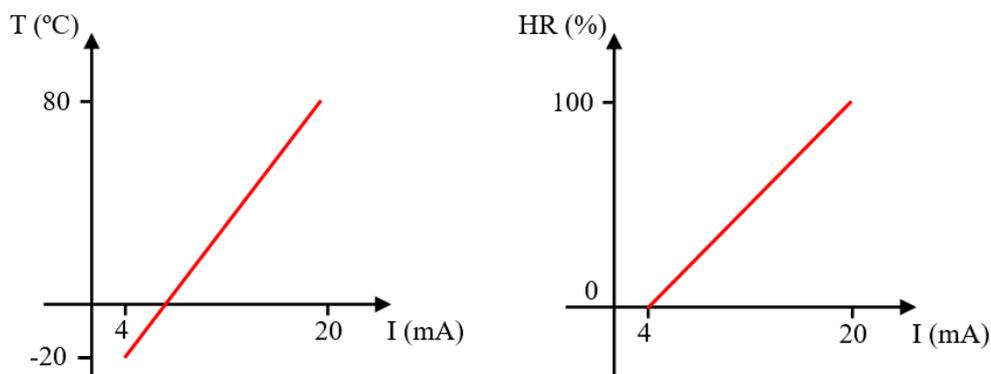


Figura 69. Gráficas temperatura vs intensidad y humedad relativa vs intensidad

La recta de temperatura (CH 221) viene dada por  $y=6250x - 45$  y la de HR (CH 222)  $y=6250x - 25$ .

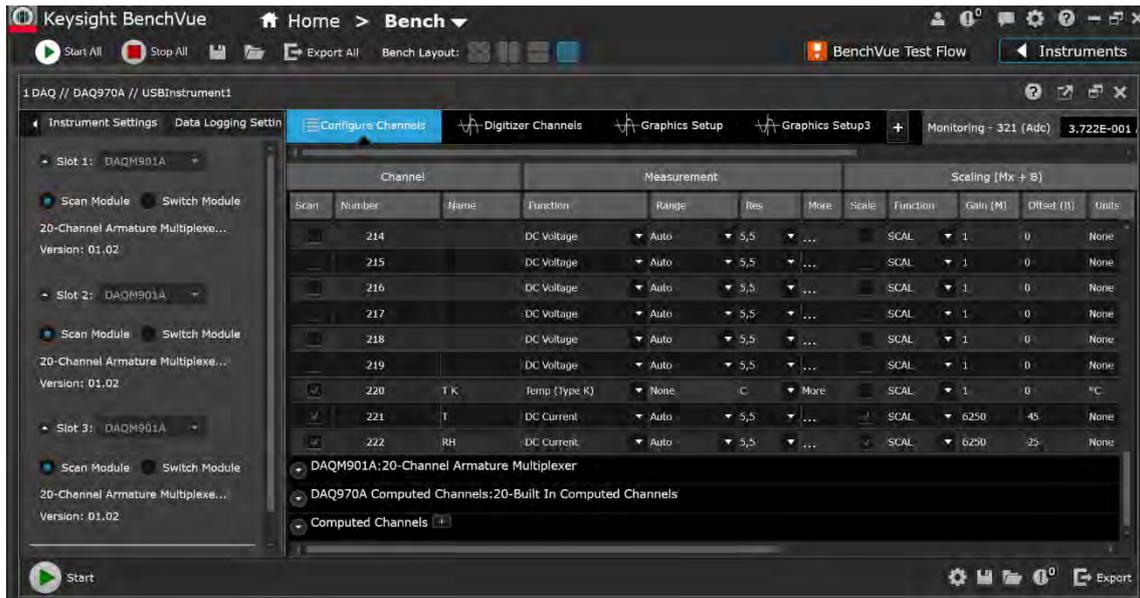


Figura 70. Conversión variables 2

Por último, para la conversión de escala en el transductor de corriente (CH 321).

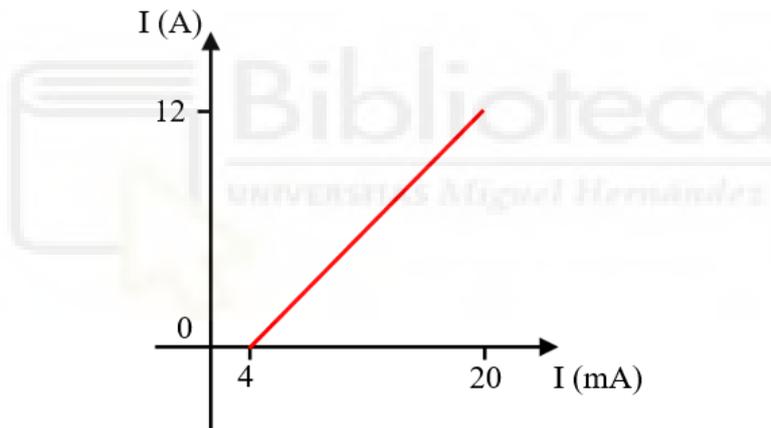


Figura 71. Gráfica intensidad vs intensidad

Tras hallar la ecuación que defina la recta  $y=750x - 3$  se repite el proceso anterior.

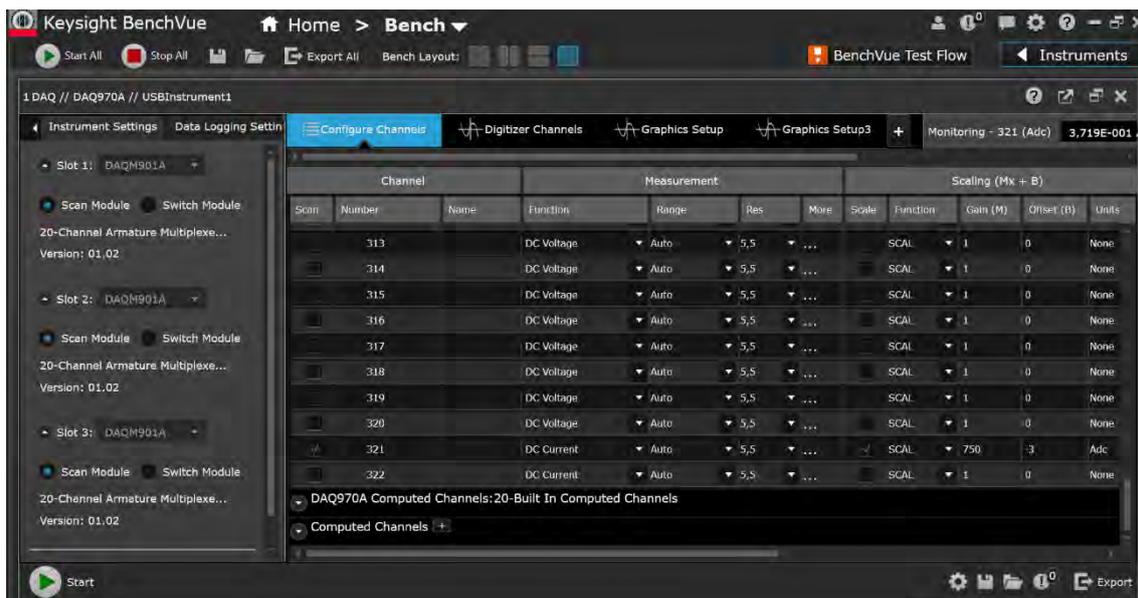


Figura 72. Conversión variables 3

### 6.3 Operaciones con canales:

El software también permite al usuario operar con canales. Para ello en “Configure Channels” se pulsará en “Computed Channels”.

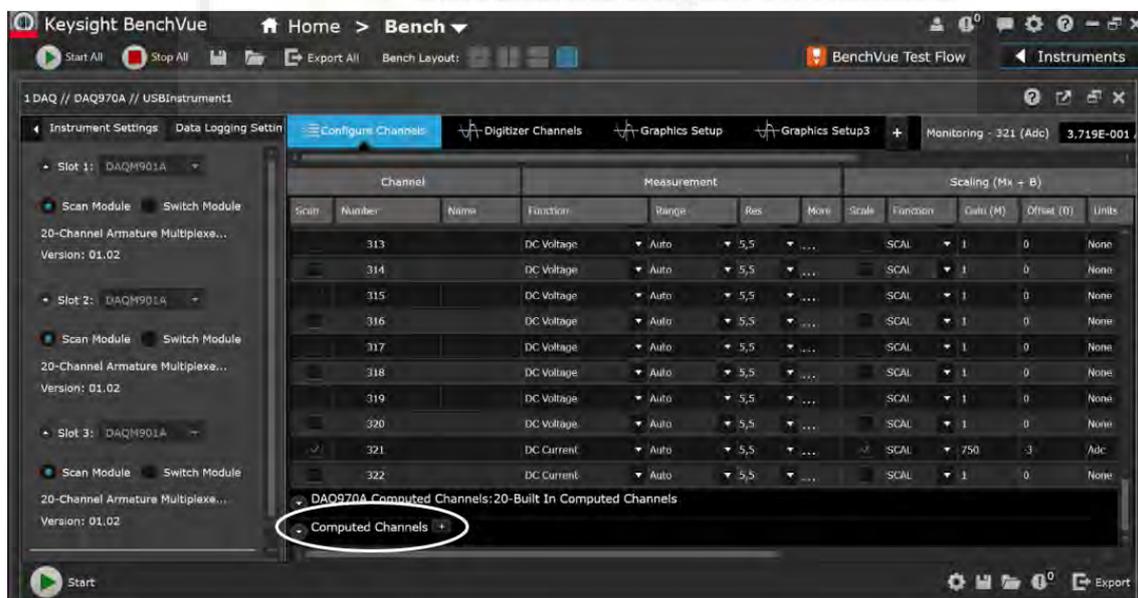


Figura 73. Operaciones con canales 1

Aparecerá una pestaña donde se podrá indicar el tipo de operación deseada, también da la opción de multiplicar un canal por una constante. En este caso para obtener la potencia

eléctrica consumida por la bomba de calor, primero se ha obtenido el canal 901, multiplicado la intensidad que circula por ella y el voltaje.

Para obtener la potencia real se ha de tener en cuenta el factor de potencia.

#### 6.4° Obtención del factor de potencia:

Para determinar el factor de potencia de la BdC, se empleará un analizador de redes, en concreto el Chauvin Arnoux C.A.8334.



Figura 74. Analizador de redes Chauvin Arnoux C.A.8334

El equipo permite realizar medidas de AC trifásica, viene equipado con 4 pinzas (3 Fases + 1 Neutro) para el voltaje. Además, incluye 3 pinzas amperimétricas para la intensidad.

Utilizando 2 pinzas de voltaje (Fase+ Neutro) se conectarán a la fase y neutro de la BdC obteniendo así la tensión de la máquina. Por otro lado, se pondrá la pinza amperimétrica (Escala 100 A) en la fase de la BdC. De esta forma se podrá calcular tanto la potencia como el FP.

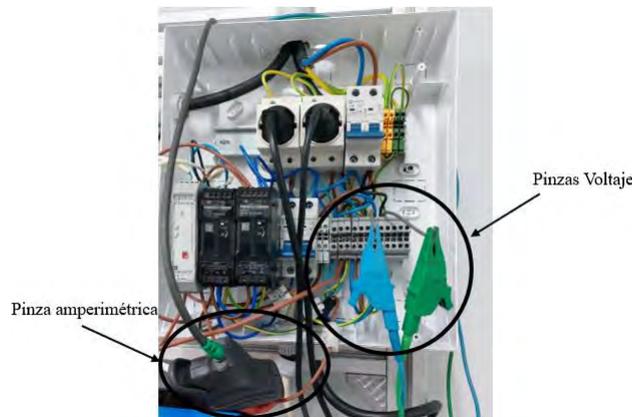


Figura 75. Colocación analizador de redes

En esta fotografía el display del analizador muestra la tensión y la intensidad de la BdC.



Figura 76. Uso analizador de redes

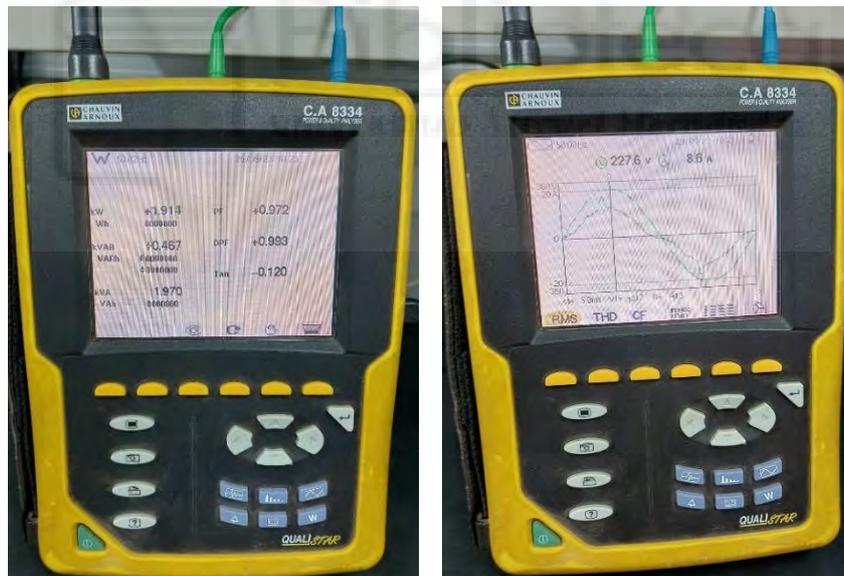
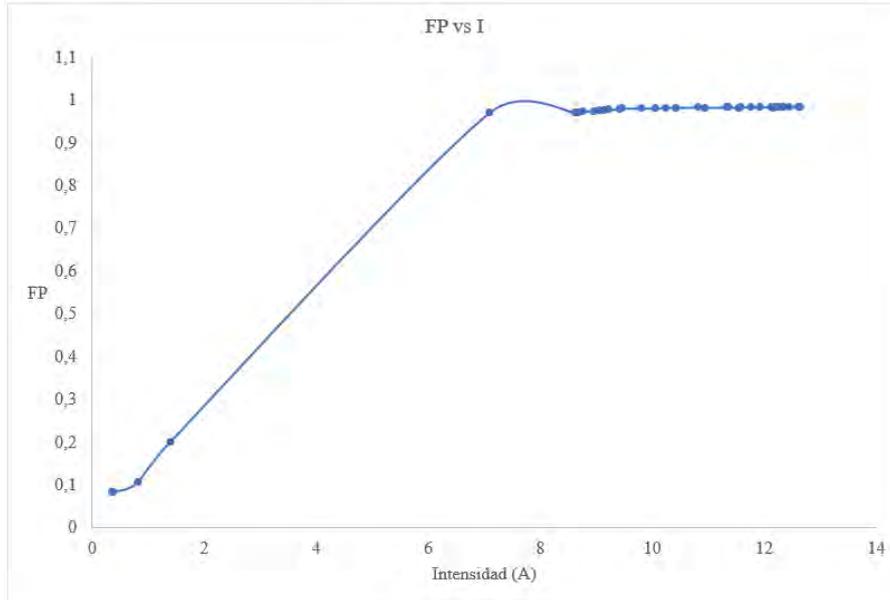


Figura 77. Medidas con analizador de redes

Como se puede ver en la imagen, el analizador con esta configuración proporciona entre otros el factor de potencia, no es constante, ya que durante el arranque de la máquina es menor hasta alcanzar el régimen de funcionamiento.



Gráfica 1. FP vs I

Se ha comparado el FP con la intensidad consumida por la BdC y se ha observado que cuando se estabiliza su valor es de 0,98.



Figura 78. Operaciones con canales 2

Por lo que se multiplicará el **CH 901\* FP= CH 902**

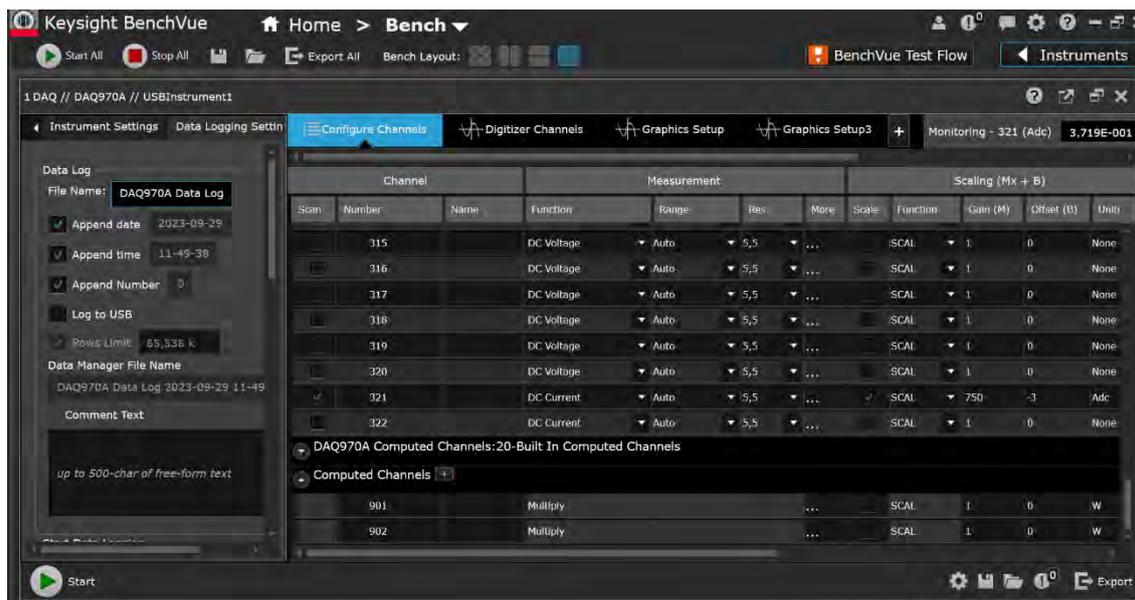


Figura 79. Operaciones con canales 3

Una vez configurados todos los canales se puede continuar con el ensayo. **Importante tener en cuenta que el paso 6º solo será necesario realizarlo la primera vez, luego la configuración quedará guardada.**

**7º Arranque BdC:** Encender la bomba de calor desde el termostato y configurar la temperatura deseada.



Figura 80. Arranque de BdC con termostato

**8º Apertura electroválvulas:** Subir los interruptores situados en el cuadro, permitiendo así la activación de las electroválvulas consiguiendo dejar pasar caudal a través de ellas.

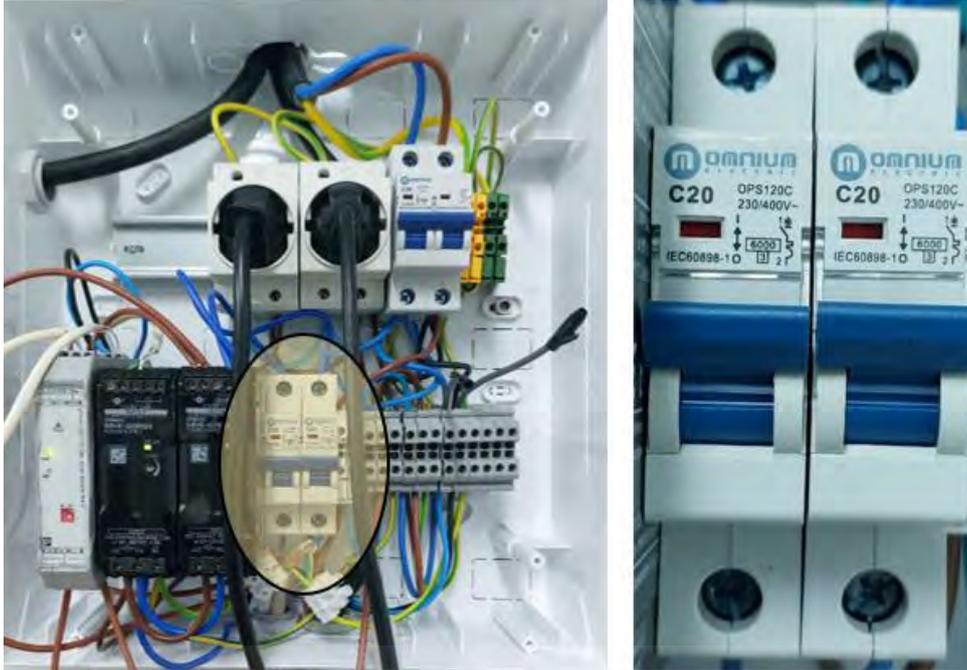


Figura 81. Arranque electroválvulas



Figura 82. Electroválvulas

**9º Arranque bomba de agua:** Encender la bomba de agua situada a la izquierda del depósito de 200 L, para homogeneizar el agua. Y regular su caudal a  $0,8 \text{ m}^3/\text{h}$ .



Figura 83. Arranque de BdC con termostato

**10° Inicio escaneos:** Comenzar con los escaneos en BenchVue, configurando el intervalo de estos en 1 minuto.

**11° Exportación de datos:** Una vez acabado el ensayo se exportarán los datos siguiendo los siguientes pasos.

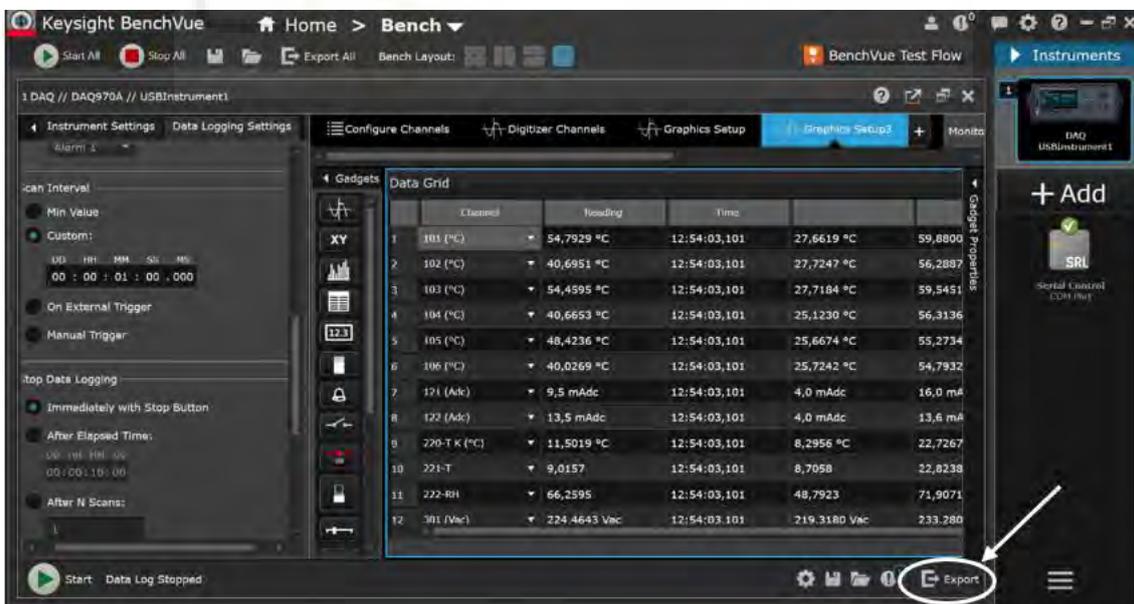


Figura 84. Exportación de datos 1

Se pulsará sobre el botón de “Export” y aparecerá una pantalla donde ofrece distintos formatos para la exportación.

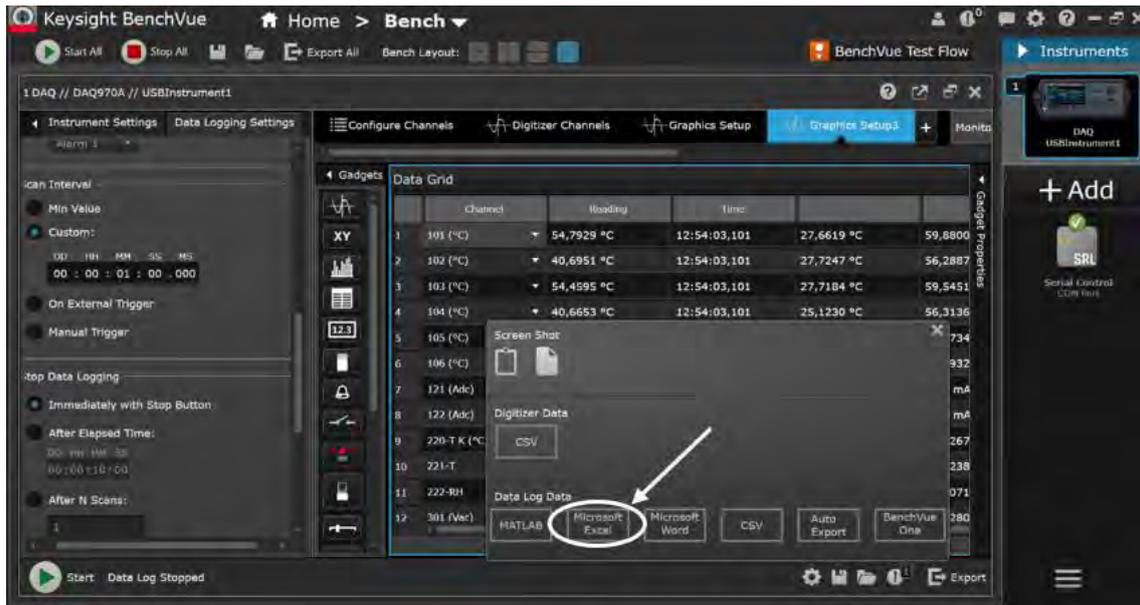


Figura 85. Exportación de datos 2

Se elegirá la opción “Microsoft Excel” y por último se aceptará la operación dándole a “Export to File”

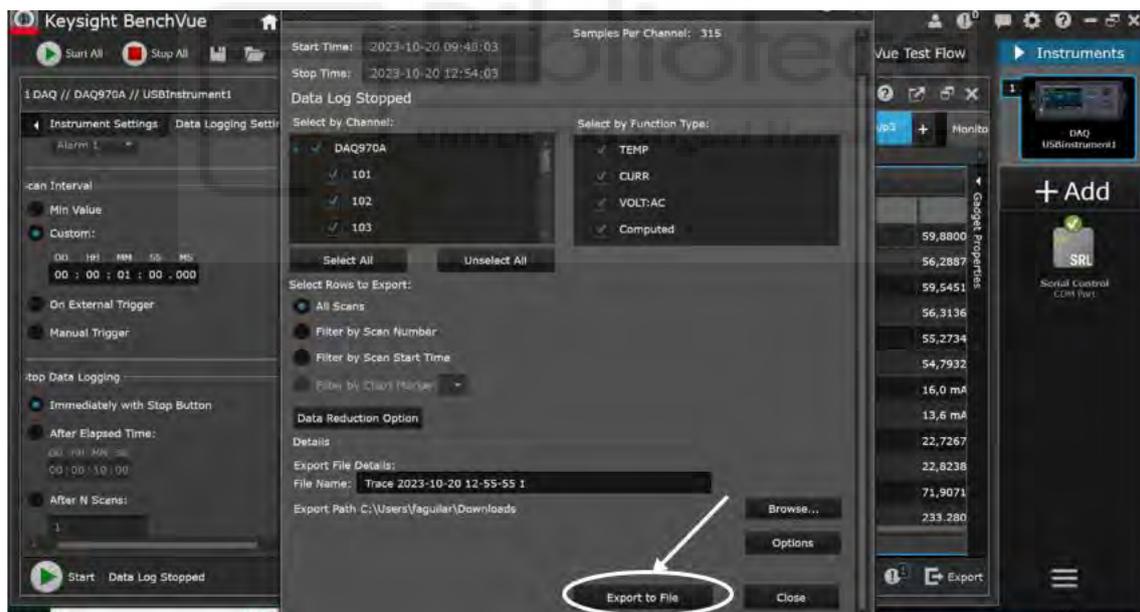


Figura 86. Exportación de datos 3

**12º Apagado de la instalación:** Para parar toda la maquinaria de la instalación se repetirán todos los pasos anteriores en orden inverso. Apagando en primer lugar la bomba, la bomba de calor, las electroválvulas, a continuación, se bajará el interruptor del cuadro situado en la cámara climática 1. Por último, se apagarán los sistemas de refrigeración de ambas cámaras y se bajarán las protecciones del cuadro general.

ENSAYO 2. Calentamiento de depósito con carga térmica

1°. Ver paso 1° ensayo 1

2°. Ver paso 2° ensayo 1

3°. Ver paso 3° ensayo 1

4°. Ver paso 4° ensayo 1

5°. Ver paso 5° ensayo 1

6°. Ver paso 6° ensayo 1

7°. Ver paso 7° ensayo 1

8°. Ver paso 8° ensayo 1

9°. Ver paso 9° ensayo 1

10° **Arranque fancoil:** Arrancar el fancoil situado en el tejado de la cámara climática, para ello se dirigirá al interruptor de 4 posiciones, instalado junto al cuadro eléctrico. Se elegirá la **posición L2** (media) con una capacidad de disipación de 7,37 kW<sub>T</sub>.



Figura 87. Arranque fancoil



Figura 88. Fancoil arrancado

11°. Ver paso 10° ensayo 1

12°. Ver paso 11° ensayo 1

13°. **Apagado de la instalación:** Para parar toda la maquinaria de la instalación se repetirán todos los pasos anteriores en orden inverso. Apagando en primer lugar el fancoil, la bomba, la bomba de calor, las electroválvulas, a continuación, se bajará el interruptor del cuadro situado en la cámara climática 1. Por último, se apagarán los sistemas de refrigeración de ambas cámaras y se bajarán las protecciones del cuadro general.

### 3.3 PROCESADO DE DATOS

Los datos obtenidos en los ensayos se procesarán a través de la herramienta *Excel*. Se aplicarán las siguientes ecuaciones para llegar al objetivo final del actual proyecto, que es el cálculo del SPF.

$$SPF = \frac{Q(kWh_T)}{E(kWh_E)}$$

A modo de ejemplo se mostrarán los datos en bruto recopilados durante el ensayo 1.

Scan Sweep Time (Sec)	Scan Number	101 (°C)	102 (°C)	103 (°C)	104 (°C)	105 (°C)	106 (°C)	121 (A/d)	122 (A/d)	220 (°C) - T <sub>k</sub>	221 (None) - T <sub>k</sub>
2023-10-26 12:00:29.648	1	23,2286377	22,6716742	25,5706297	23,589959	25,6099073	25,7282801	0,004000065	0,004001603	20,0382489	18,4456753
2023-10-26 12:00:29.648	2	25,7013258	25,688455	25,601964	25,5641562	25,5899205	25,6966713	0,021512933	0,00400161	20,423144	18,5324759
2023-10-26 12:01:29.648	3	27,6919398	27,6765294	27,5180773	25,6667878	25,5732818	25,5732818	0,021512814	0,004001508	20,6804197	19,254366
2023-10-26 12:02:29.653	4	26,0177375	26,0170728	26,0170728	25,5268999	25,5268999	25,6372146	0,021512801	0,004001431	18,7008116	18,3179518
2023-10-26 12:03:29.663	5	29,2680095	28,2711568	29,137311	26,1585088	25,5860295	25,6089751	0,021512788	0,004001365	17,875592	18,9879339
2023-10-26 12:04:29.695	6	29,8397355	27,1712193	29,7172325	26,5801277	25,5182929	25,5841143	0,021512847	0,004001172	15,6331294	18,130832
2023-10-26 12:05:29.691	7	30,3355017	27,1481599	30,2025735	27,1022202	25,5124616	25,5590707	0,02151276	0,004001257	14,8831217	17,0655174
2023-10-26 12:06:29.648	8	31,8986249	27,6197417	31,6220709	27,5821713	25,4833924	25,5384394	0,021224648	0,004003932	17,0336768	16,1346441
2023-10-26 12:07:29.648	9	32,6650061	28,0492401	32,5568614	28,6206524	25,4523124	25,5161839	0,021224658	0,004003939	14,6696723	15,4196399
2023-10-26 12:08:29.648	10	33,9566951	29,3402713	33,8203202	29,2889218	25,4390233	25,4800309	0,021194419	0,004003859	13,8774292	15,3668546
2023-10-26 12:09:29.648	11	34,7428897	30,0548991	34,6053498	29,9752565	25,4238973	25,4800781	0,021119683	0,004003967	18,7766495	15,2311165
2023-10-26 12:10:29.648	12	35,3027805	31,207892	35,2067044	30,4280603	25,4163713	25,520909	0,02092033	0,00400702	15,6540415	15,1097284
2023-10-26 12:11:29.648	13	36,1410738	31,507892	35,899163	31,0714987	25,4096987	25,6265299	0,020660733	0,004001078	16,18511	14,2493961
2023-10-26 12:12:29.648	14	36,7150289	31,5955583	36,584354	31,4052788	25,4219128	25,794128	0,020312767	0,004000654	17,2423355	14,6639823
2023-10-26 12:13:29.648	15	38,4250158	32,8372659	38,2487509	32,802348	25,514166	26,0121769	0,019277851	0,004000652	17,1856682	14,2478735
2023-10-26 12:14:29.648	16	37,2824762	32,1188167	37,16133	32,0830214	25,4611601	26,0121769	0,020016954	0,00400488	12,177018	14,2478735
2023-10-26 12:15:29.666	17	39,4571488	33,4013357	39,306242	33,50209	25,6272224	26,5160395	0,01884336	0,004000316	16,5116481	15,102457
2023-10-26 12:16:29.648	18	40,5721438	34,1093548	40,2994933	34,2185726	25,7476646	27,4643918	0,017947929	0,004000522	16,5769231	15,0176476
2023-10-26 12:17:29.653	19	41,3815016	34,8506135	41,181997	34,8421141	25,8926508	27,0073314	0,017229263	0,004000706	13,631531	14,602043
2023-10-26 12:18:29.661	20	42,6988727	35,3596294	42,4817236	35,31032	26,0603926	27,2912905	0,01646916	0,004000554	17,6104822	14,668019
2023-10-26 12:19:29.648	21	43,733745	36,2794708	43,483214	36,202299	26,2489555	28,5201695	0,01580288	0,004000386	14,2041609	15,0096779
2023-10-26 12:20:29.648	22	45,1463993	36,6291148	44,8968819	36,7495299	26,4696082	29,0213131	0,01508397	0,004000305	20,2180322	15,0005176
2023-10-26 12:21:29.661	23	46,883106	37,3433501	45,645344	36,9303656	26,6987516	29,5036499	0,014330801	0,004000553	15,8410816	15,8017903
2023-10-26 12:22:29.648	24	46,883106	37,3433501	46,4256093	37,4789478	26,9571163	29,8677572	0,01363419	0,00400493	17,4307447	15,5029202
2023-10-26 12:23:29.676	25	47,666501	37,6422313	47,1927331	37,9962441	27,2291442	30,3846381	0,01363419	0,004000526	19,195771	16,1095925
2023-10-26 12:24:29.676	26	47,666501	37,6422313	48,354518	38,1446219	27,5696302	30,8008863	0,012920249	0,004000546	15,4007075	15,980765
2023-10-26 12:25:29.652	27	48,820957	38,8189641	48,354518	38,8189641	27,9080796	31,2837246	0,012640836	0,004000445	18,2980245	16,1162559
2023-10-26 12:26:29.648	28	49,6059371	39,5871954	49,1217336	39,59163	28,2654199	31,6823616	0,011616762	0,004000214	15,0525711	16,1304984
2023-10-26 12:27:29.648	29	50,9284278	39,9508793	50,5957103	40,0989849	28,631679	32,1673184	0,011616762	0,004000293	17,227143	16,044071
2023-10-26 12:28:29.648	30	51,8511802	40,665037	51,647899	40,673263	29,0180434	32,65653	0,011274284	0,004000236	15,573676	16,3007507
2023-10-26 12:29:29.678	31	52,5301594	40,9842957	52,0343087	40,9140296	29,406366	33,1753238	0,010921252	0,004000454	17,4104477	16,6030049
2023-10-26 12:30:29.682	32	54,7708027	41,6828136	53,996505	41,6391857	29,7829239	33,7264194	0,01002935	0,004000194	19,4154473	16,1976616
2023-10-26 12:31:29.658	33	55,9650774	42,1729375	55,2732824	42,1434364	30,1578529	34,2560915	0,009673098	0,004000398	15,5098913	16,3618817
2023-10-26 12:32:29.656	34	57,7485333	42,6646472	56,9746532	42,7193922	30,5201297	34,7476671	0,00934611	0,004000105	18,3887667	16,2076335
2023-10-26 12:33:29.665	35	58,3790412	42,9691148	58,0189483	43,078416	30,9149063	35,1671178	0,009351087	0,004000555	18,9669912	16,9409055
2023-10-26 12:34:29.648	36	58,0988921	43,4024514	57,9036574	43,609095	31,3570863	35,578319	0,009667638	0,004000153	19,8746255	17,4596719
2023-10-26 12:35:29.648	37	58,2991497	43,7257463	58,3771623	44,0135385	31,8258293	36,0043119	0,009882766	0,004000382	21,8497343	18,1044528
2023-10-26 12:36:29.648	38	57,8892641	44,232967	58,0601071	44,3761423	32,3092976	36,4064252	0,01020201	0,00400032	19,387273	18,6840701
2023-10-26 12:37:29.648	39	57,4596496	44,71917	57,2002971	44,9011533	32,780358	36,8157815	0,010640492	0,004000338	18,4573723	18,6516107
2023-10-26 12:38:29.666	40	57,294466	45,415831	57,3018609	45,4948087	33,2385552	37,2585812	0,010957829	0,003999882	17,8303536	18,4435943
2023-10-26 12:39:29.648	41	56,4687868	45,8494318	56,4283837	46,2237259	33,7045121	37,7232965	0,011665765	0,00400062	16,5305999	17,562071
2023-10-26 12:40:29.660	42	46,7123801	45,7909308	46,7123801	46,7123801	34,175514	38,2084405	0,011941209	0,004000224	15,7818976	17,4816839
2023-10-26 12:41:29.672	43	47,403641	47,4348251	47,403641	47,4348251	34,6207482	38,7139648	0,01194113	0,004000225	15,7818976	17,4816839
2023-10-26 12:42:29.665	44	48,5487765	48,5487765	48,5487765	48,5487765	35,0188039	39,3062866	0,01194113	0,004000211	20,6342182	16,9702023
2023-10-26 12:43:29.648	45	49,0798108	49,0798108	49,0798108	49,0798108	35,3877319	39,885807	0,01194113	0,004000401	21,1264489	18,100991
2023-10-26 12:44:29.648	46	49,585807	49,585807	49,585807	49,585807	35,761319	40,3580811	0,01194113	0,004000377	21,2803321	18,321294
2023-10-26 12:45:29.648	47	50,0548816	50,0548816	50,0548816	50,0548816	36,1048534	40,7353999	0,01194113	0,004000008	17,0069889	19,1012346
2023-10-26 12:46:29.665	48	50,5241985	50,5241985	50,5241985	50,5241985	36,4564794	41,1130254	0,01194113	0,003999997	17,430291	19,009565
2023-10-26 12:47:29.651	49	50,8866357	50,8866357	50,8866357	50,8866357	36,7670553	41,4915311	0,01194113	0,004000034	18,3930316	19,009565
2023-10-26 12:48:29.651	50	51,2591472	51,2591472	51,2591472	51,2591472	37,0655099	41,8115311	0,01194113	0,003999893	18,1003016	18,4640182
2023-10-26 12:49:29.648	51	51,6383229	51,6383229	51,6383229	51,6383229	37,3640494	42,1315311	0,01194113	0,004000186	19,1628181	18,5143538
2023-10-26 12:50:29.652	52	51,9683568	51,9683568	51,9683568	51,9683568	37,6625917	42,4515311	0,01194113	0,003998855	19,5163816	18,5143538
2023-10-26 12:51:29.648	53	52,2983904	52,2983904	52,2983904	52,2983904	37,9611345	42,7715311	0,01194113	0,004000257	20,0665234	18,8989996

222 (Nome) - RH	301 (Vad)	321 (Adc)	901 (W)
53.10613335	230.825117	0.375917584	86.77122031
52.1915587	229.311491	1.38396199	317.3583874
50.8210707	228.968453	3.48267012	797.4215897
50.238698	228.812286	3.54433323	810.3869887
49.4373718	227.724606	5.86217394	1335.019736
47.0382532	226.715281	6.01592391	1363.811194
46.7322057	226.908995	6.11579245	1387.728318
70.0936015	225.893487	7.86110121	1775.771564
58.4945417	225.514848	7.98797607	1801.317802
60.168763	225.123537	8.1172946	1847.820369
57.1816499	225.899538	8.31591248	1878.574341
57.7094515	225.57242	8.48277594	1913.480297
57.432326	227.202304	8.47791733	1926.202396
58.1984402	225.004588	8.58694741	1940.689512
59.0463062	226.237096	8.60444115	1946.643778
57.7088724	226.72641	8.65660252	1962.766978
59.7187595	226.650234	8.81112688	1997.043969
60.2433652	225.94962	9.07301151	2050.043884
61.1906779	225.609598	9.4194109	2125.111537
63.229686	225.338295	9.67813145	2180.85364
65.9887061	224.267418	10.3232254	2215.163106
63.9727193	224.331478	10.91309	2398.39623
65.8726896	223.963601	11.1517181	2497.578943
64.6878978	222.983691	11.2917515	2517.989345
63.0080423	223.499042	10.729831	2397.023448
64.1377658	224.219176	10.3184852	2313.602249
62.3594485	226.20757	10.3466686	2245.804537
63.9248487	226.337701	10.6054669	2400.416996
62.2955569	226.047357	10.881597	2459.76242
63.4839234	225.63159	11.1395572	2513.436003
62.5501298	225.966473	11.3811478	2571.746446
62.7654938	226.297703	11.5609345	2616.205141
63.6523519	226.174487	12.0913261	2734.749478
62.7445685	226.106416	12.3760869	2798.312653
64.2124675	225.696112	12.6165616	2847.5089
63.675433	225.284895	12.7078275	2862.881584
62.3931025	224.091458	12.6856367	2842.7426
61.630081	225.021884	12.9456294	2845.543352
59.6251606	225.425847	12.5795838	2835.763333
58.4623755	223.999491	12.6012524	2822.674124
57.3049009	224.155794	12.5808616	2820.073021
57.2997419	224.088988	12.4991284	2801.051487
58.1964703	225.080344	12.5915513	2834.110698
57.4245703	224.931233	12.673516	2850.444649
59.6452662	225.368159	12.5312192	2820.081174
57.457081	224.24156	12.8006902	2870.44674
58.2014846	225.405118	11.6040816	2615.619382
57.212838	225.821595	8.83444878	1997.041709
57.2111505	225.448768	9.00269682	2029.646907
59.8119314	226.977981	7.59363743	1723.588492
63.4306184	230.449945	1.3160102	303.2744967
69.5265804	230.24527	0.382022751	87.95893145
71.0630617	230.675708	0.384724987	88.76285606

Tabla 2. Datos sin procesar del ensayo 1

Primero se ha calculado la energía calorífica entregada al agua.

$$Q(kWh_T) = \sum \dot{Q} (kW) * tiempo(h)$$

La potencia calorífica se calcula siguiendo la ecuación:

$$\dot{Q}(kW) = \dot{m} \left( \frac{kg}{s} \right) * c_p \left( \frac{kJ}{kg * ^\circ C} \right) * \Delta T(^{\circ}C)$$

El cálculo del flujo másico se realiza a partir del flujo volumétrico y la densidad del agua.

$$\dot{m} \left( \frac{kg}{s} \right) = \dot{V} \left( \frac{m^3}{s} \right) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

Como el flujo volumétrico medido está en (L/min) será necesario transformar sus unidades a (m³/s).

$$\dot{V} \left( \frac{m^3}{s} \right) = \dot{V} \left( \frac{L}{min} \right) * \frac{1 m^3}{1000 L} * \frac{1 min}{60 s}$$

Para el cálculo de la energía eléctrica consumida, se ha obtenido antes la potencia eléctrica en kW, a través del voltaje y la intensidad de la Bdc.

$$\dot{P}_{elect}(kW_E) = V * I * \cos\varphi * \frac{1 kW}{1000 W}$$

Multiplicando el sumatorio de dicha potencia por el tiempo se halla la energía consumida.

$$E(kWh_E) = \sum \dot{P}_{elect}(kW_E) * tiempo (h)$$

En la siguiente tabla se muestra los datos una vez procesados.

Tiempo (h)	T <sub>IMP_Bdc</sub> (°C)	T <sub>RET_Bdc</sub> (°C)	T <sub>E_Dep_1ª</sub> (°C)	T <sub>S_Dep_1ª</sub> (°C)	T <sub>E_Dep_2ª</sub> (°C)	T <sub>S_Dep_2ª</sub> (°C)	V <sub>1ª</sub> (l/min)	V <sub>2ª</sub> (l/min)
0	23,23	22,67	25,57	23,54	25,61	25,73	0,00	0,00
0,017	25,70	25,69	25,60	25,56	25,59	25,70	27,39	0,00
0,033	27,69	25,68	27,52	25,57	25,67	25,67	27,39	0,00
0,050	27,88	26,01	27,78	25,89	25,64	25,64	27,39	0,00
0,067	29,27	26,27	29,13	26,16	25,54	25,61	27,39	0,00
0,083	29,86	26,71	29,72	26,58	25,52	25,58	27,39	0,00
0,100	30,35	27,18	30,20	27,10	25,50	25,56	27,39	0,00
0,117	31,99	27,62	31,62	27,58	25,48	25,54	26,92	0,00
0,133	32,67	28,09	32,56	28,06	25,47	25,52	26,91	0,00
0,150	33,49	28,74	33,38	28,62	25,45	25,50	26,89	0,00
0,167	33,96	29,34	33,82	29,29	25,44	25,48	26,87	0,00
0,183	34,74	30,05	34,61	29,98	25,42	25,48	26,84	0,00
0,200	35,31	30,53	35,21	30,43	25,42	26,44	26,44	0,00
0,217	36,14	31,21	35,90	31,07	25,41	25,63	25,94	0,00
0,233	36,72	31,51	36,58	31,41	25,42	25,79	25,49	0,00
0,250	37,28	32,14	37,16	32,08	25,46	26,01	25,03	0,00
0,267	38,43	32,84	38,25	32,80	25,53	26,28	23,87	0,00
0,283	39,46	33,49	39,31	33,50	25,63	26,62	22,88	0,00
0,300	40,53	34,20	40,30	34,22	25,75	27,01	21,79	0,00
0,317	41,38	34,85	41,18	34,84	25,89	27,46	20,67	0,00
0,333	42,70	35,36	42,48	35,31	26,06	27,99	19,48	0,00
0,350	43,72	36,28	43,48	36,20	26,25	28,52	18,44	0,00
0,367	45,15	36,63	44,90	36,75	26,47	29,02	17,32	0,00
0,383	45,89	36,94	45,65	36,89	26,70	29,50	16,14	0,00
0,400	46,48	37,34	46,43	37,48	26,96	29,97	15,05	0,00
0,417	47,35	37,64	47,19	37,85	27,25	30,38	15,06	0,00
0,433	47,66	38,26	47,37	38,41	27,57	30,80	13,95	0,00
0,450	48,82	38,82	48,53	38,82	27,91	31,24	13,50	0,00
0,467	49,61	39,59	49,12	39,69	28,27	31,68	12,39	0,00
0,483	50,93	39,95	50,60	40,10	28,63	32,17	11,90	0,00
0,500	51,85	40,67	51,65	40,88	29,02	32,66	11,37	0,00
0,517	52,53	40,99	52,03	40,91	29,40	33,18	10,81	0,00
0,533	54,77	41,68	53,91	41,64	30,16	33,73	9,86	0,00
0,550	55,97	42,17	55,27	42,14	30,16	34,26	8,86	0,00
0,567	57,75	42,66	56,97	42,72	30,52	34,75	8,38	0,00
0,583	58,38	42,97	58,02	43,08	30,91	35,17	8,36	0,00
0,600	58,10	43,40	57,90	43,61	31,36	35,58	8,86	0,00
0,617	58,30	43,73	58,38	44,01	31,83	36,00	9,35	0,00
0,633	57,89	44,23	58,06	44,38	32,31	36,41	9,88	0,00
0,650	57,45	44,72	57,20	44,90	32,78	36,82	10,38	0,00
0,667	57,28	45,42	57,30	45,43	33,24	37,26	10,87	0,00
0,683	56,47	45,85	56,43	46,12	33,70	37,73	11,98	0,00
0,700	56,98	46,71	56,79	47,05	34,18	38,21	12,49	0,00
0,717	57,41	47,43	57,21	47,67	34,62	38,71	12,42	0,00
0,733	58,48	48,54	58,14	49,08	35,02	39,30	12,45	0,00
0,750	59,52	50,49	59,18	50,75	35,99	40,96	14,07	0,00
0,767	59,55	52,31	59,16	52,72	35,75	40,96	14,07	0,00
0,783	59,59	53,30	59,92	53,80	36,10	42,28	15,20	0,00
0,800	58,89	54,15	58,73	54,61	36,46	43,51	16,23	0,00
0,817	58,32	54,92	58,13	55,16	36,77	44,38	17,21	0,00
0,833	56,32	55,64	57,95	55,75	37,07	45,18	26,80	0,00
0,850	55,16	54,97	55,18	55,24	37,33	45,90	0,00	0,00
0,867	55,16	54,78	54,90	55,27	37,54	46,17	0,00	0,00

T <sub>CC2</sub> (°C)	T <sub>CC1</sub> (°C)	HR <sub>CC2</sub> (%)	V <sub>BDC</sub> (V)	I <sub>BDC</sub> (V)	P <sub>BDC</sub> (kW)	m <sub>BDC</sub> (kg/s)	Q <sub>BDC</sub> (kW)	COP	m <sub>SEC</sub> (kg/s)	Q <sub>SEC</sub> (kW)
20.02	18.45	53.11	230.83	0.38	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.42	18.83	52.19	229.31	1.38	0.31	0.46	0.02	0.08	0.00	0.00
20.68	19.25	50.82	228.97	3.48	0.78	0.46	3.84	4.91	0.00	0.00
18.70	19.32	50.24	228.81	3.54	0.79	0.46	3.55	4.47	0.00	0.00
17.39	18.99	49.44	227.73	5.86	1.31	0.46	5.70	4.36	0.00	0.00
15.63	18.13	47.04	226.72	6.02	1.34	0.46	5.99	4.48	0.00	0.00
14.88	17.07	46.73	226.91	6.12	1.36	0.46	6.04	4.44	0.00	0.00
17.03	16.13	70.09	225.89	7.86	1.74	0.45	8.18	4.70	0.00	0.00
14.17	15.61	58.49	225.51	7.99	1.77	0.45	8.55	4.85	0.00	0.00
18.68	15.42	60.17	226.12	8.17	1.81	0.45	8.89	4.91	0.00	0.00
13.88	15.37	57.18	225.90	8.32	1.84	0.45	8.62	4.68	0.00	0.00
18.28	15.23	57.71	225.57	8.48	1.88	0.45	8.75	4.67	0.00	0.00
13.65	15.11	57.43	227.20	8.48	1.89	0.44	8.79	4.66	0.00	0.00
16.19	14.25	58.20	226.00	8.59	1.90	0.43	8.90	4.68	0.00	0.00
17.24	14.66	59.05	226.24	8.60	1.91	0.42	9.23	4.84	0.00	0.00
12.17	14.25	57.70	226.74	8.66	1.92	0.42	8.95	4.65	0.00	0.00
19.19	14.46	59.72	226.65	8.81	1.96	0.40	9.27	4.74	0.00	0.00
16.51	15.10	60.24	225.95	9.07	2.01	0.38	9.49	4.72	0.00	0.00
16.38	15.02	61.19	225.61	9.42	2.08	0.36	9.59	4.60	0.00	0.00
13.63	14.60	63.23	225.34	9.68	2.14	0.34	9.39	4.39	0.00	0.00
17.61	14.67	65.97	224.27	10.32	2.27	0.32	9.94	4.38	0.00	0.00
14.20	15.01	63.97	224.33	10.69	2.35	0.31	9.54	4.06	0.00	0.00
20.22	15.00	65.87	223.96	11.15	2.45	0.29	10.26	4.19	0.00	0.00
15.94	15.80	64.69	222.99	11.29	2.47	0.27	10.05	4.07	0.00	0.00
17.43	15.90	65.01	223.50	10.72	2.35	0.25	9.57	4.07	0.00	0.00
19.20	16.11	64.14	224.22	10.32	2.27	0.25	10.16	4.08	0.00	0.00
15.21	15.98	62.36	226.72	10.35	2.30	0.23	9.12	3.97	0.00	0.00
18.30	16.12	63.92	226.34	10.61	2.35	0.22	9.39	3.99	0.00	0.00
15.05	16.13	62.30	226.05	10.88	2.41	0.21	8.63	3.58	0.00	0.00
17.73	16.05	63.48	225.63	11.14	2.46	0.20	9.08	3.69	0.00	0.00
15.58	16.30	62.55	225.97	11.38	2.52	0.19	8.84	3.51	0.00	0.00
17.21	15.69	62.77	226.30	11.56	2.56	0.18	8.68	3.38	0.00	0.00
19.42	16.20	63.65	226.17	12.09	2.68	0.16	8.95	3.34	0.00	0.00
15.51	16.36	62.74	226.11	12.38	2.74	0.15	8.50	3.10	0.00	0.00
18.99	16.21	64.21	225.70	12.62	2.79	0.14	8.79	3.15	0.00	0.00
19.00	16.94	63.68	225.28	12.71	2.81	0.14	8.96	3.19	0.00	0.00
19.87	17.46	62.39	224.09	12.69	2.79	0.15	9.05	3.25	0.00	0.00
21.65	18.10	61.63	225.02	12.65	2.79	0.16	9.47	3.40	0.00	0.00
19.39	18.68	59.63	225.43	12.58	2.78	0.16	9.38	3.37	0.00	0.00
18.46	18.66	58.46	224.00	12.60	2.77	0.17	9.19	3.32	0.00	0.00
17.83	18.44	57.30	224.16	12.58	2.76	0.18	8.97	3.24	0.00	0.00
16.53	17.57	57.30	224.09	12.50	2.75	0.20	8.84	3.22	0.00	0.00
18.65	17.65	58.20	225.08	12.59	2.78	0.21	8.92	3.21	0.00	0.00
15.78	17.48	57.42	224.93	12.67	2.79	0.21	8.61	3.08	0.00	0.00
21.13	16.97	59.65	225.37	12.51	2.76	0.21	8.60	3.11	0.00	0.00
20.63	18.10	57.46	224.24	12.80	2.81	0.22	8.20	2.91	0.00	0.00
21.28	18.32	58.20	225.41	11.60	2.56	0.23	7.08	2.76	0.00	0.00
21.61	19.10	57.21	225.82	8.84	1.96	0.25	6.64	3.39	0.00	0.00
18.94	19.54	57.21	225.45	9.00	1.99	0.27	5.34	2.69	0.00	0.00
17.94	19.01	59.81	226.98	7.99	1.69	0.29	4.06	2.40	0.00	0.00
18.10	18.46	63.43	230.45	1.32	0.30	0.45	1.26	4.25	0.00	0.00
19.92	18.51	69.53	230.25	0.38	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.10	18.90	71.06	230.68	0.38	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 3. Datos procesados del ensayo 1

### 3.4 RESULTADOS

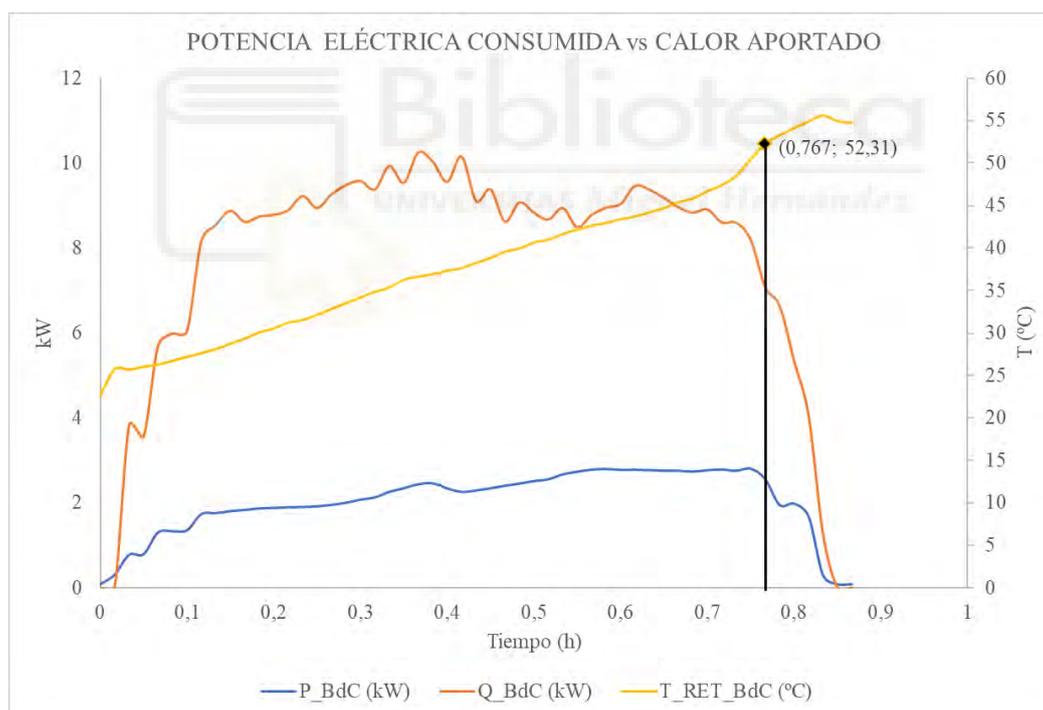
En el siguiente capítulo se analizarán los resultados obtenidos.

#### 3.4.1 Resultados ensayo 1

En el primer ensayo se ha calentado el agua del depósito sin carga térmica, estableciendo una temperatura de consigna de la BdC de 52 °C. La temperatura inicial del agua era de 25,7 °C.

La BdC empleada está diseñada de manera que internamente va comprobando la temperatura de retorno del agua, cuando esta alcanza la temperatura de consigna configurada en el termostato para.

En la siguiente gráfica se muestra como en el instante **0,767 h o 46 min** la temperatura de retorno de la bomba alcanza los 52 °C y la máquina se para progresivamente.

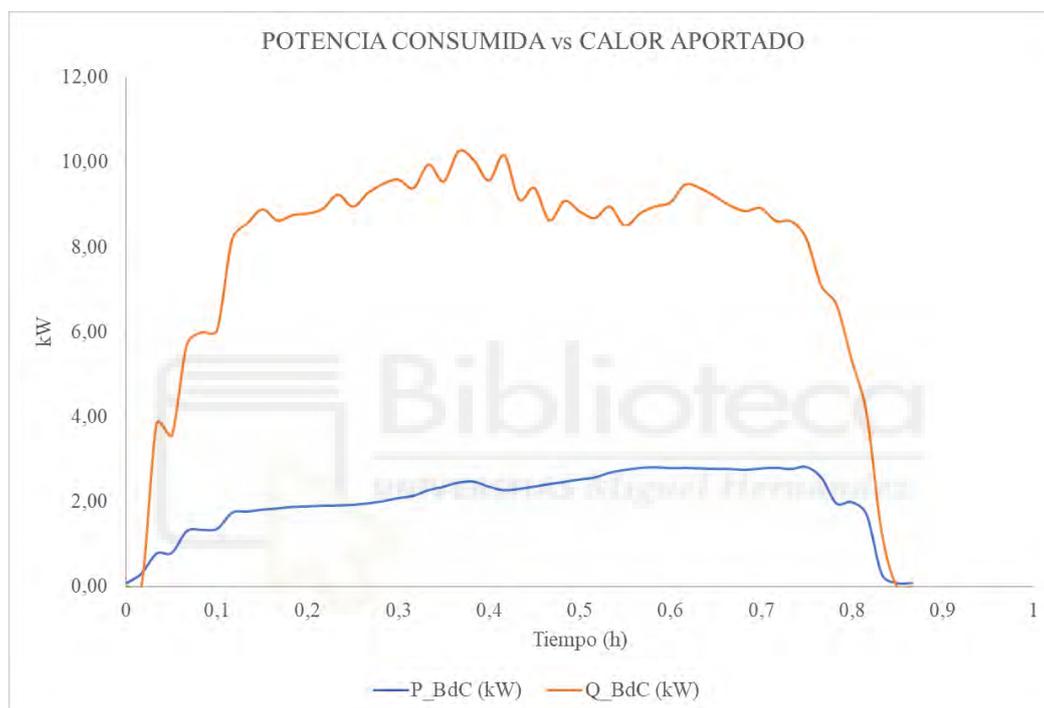


Gráfica 2. Potencia térmica y eléctrica vs temperatura de retorno

En la siguiente gráfica se enfrenta la potencia eléctrica consumida con la potencia térmica útil. El calor aportado por la BdC al agua oscila entre 8 y 10 kW<sub>T</sub>, puede resultar sorprendente ya que el fabricante en su ficha técnica especifica que la máquina proporciona 5 kW<sub>T</sub>. Esta diferencia tan grande de casi el doble de potencia térmica es

debida a que las BdC de hoy en día están potenciadas, para que en unas condiciones de laboratorio aporten esos  $5 \text{ kW}_T$ . Como las condiciones del presente trabajo son más favorables para la máquina, esta proporciona mayor aporte de energía térmica.

La potencia eléctrica consumida por la máquina es entre  $1,8$  y  $2,6 \text{ kW}_E$  aumentando progresivamente en el tiempo. Este consumo creciente es debido a que, para aumentar la temperatura del agua, es necesario que tanto la presión como la temperatura de condensación del refrigerante suban. Con el incremento en la presión el compresor debe trabajar más, consumiendo mayor energía.

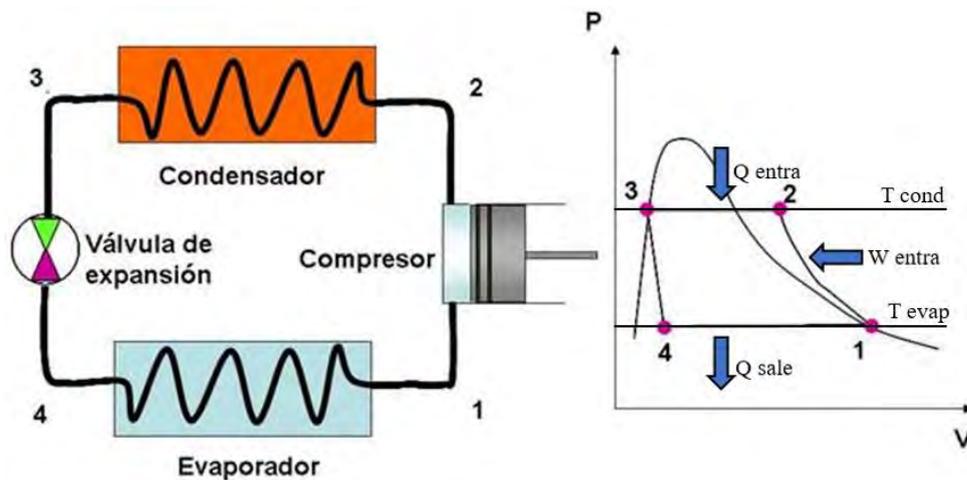


Gráfica 3. Potencia eléctrica vs calor útil aportado ensayo 1

Según se ha definido con anterioridad el COP o eficiencia de la máquina, es el cociente entre el calor útil aportado y la potencia eléctrica consumida. El COP aumenta a mayor calor aportado y menor potencia eléctrica.

El COP es mayor cuanto más baja sea la temperatura de condensación en este caso cuanto menor sea la temperatura del agua del depósito, esto es debido a que la potencia consumida por el compresor (1-2) será más pequeña.

A su vez el COP también será mayor cuanto más se parezca la temperatura de evaporación a la de condensación, por lo que cuanto mayor sea la temperatura de la cámara climática 2 el coeficiente de operación será mayor. En este ensayo la  $T_{cc2} = cte$ .



Fuente: navarrof.orgfree

Figura 89. Diagrama P-V Bomba de calor

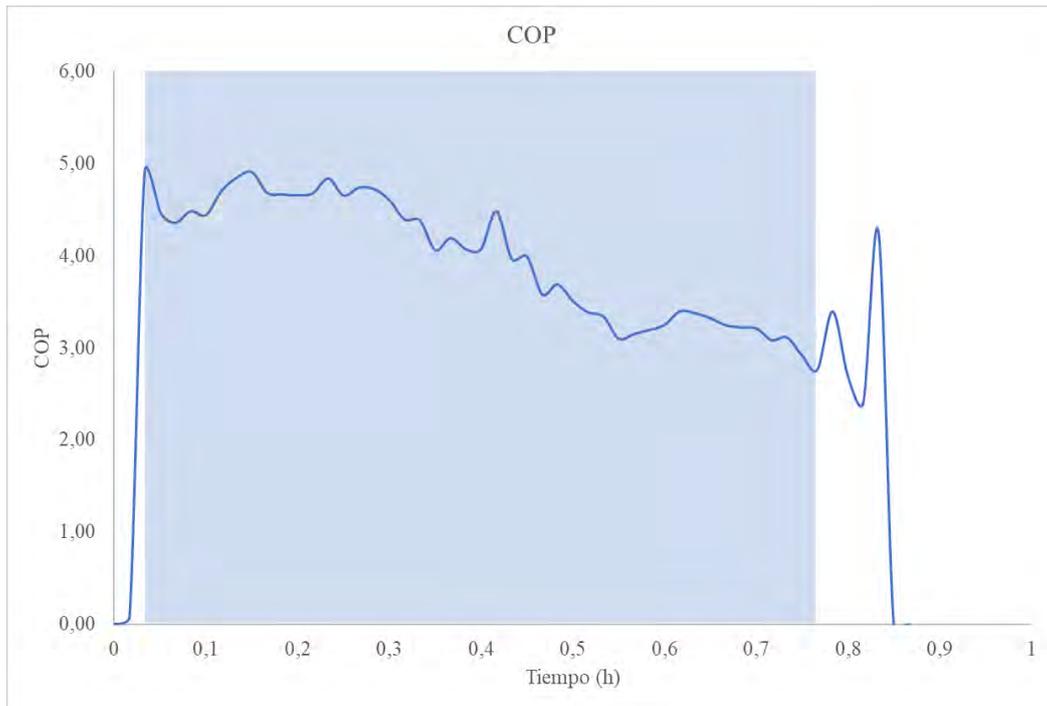
En la siguiente figura se representa el COP en el transcurso del ensayo, la zona sombreada representa el régimen estable de la máquina y será la estudiada.

Según se ha explicado antes se observa en la gráfica como al principio el coeficiente es mayor ya que la temperatura del agua del depósito está fría y según se va calentando el este va disminuyendo.

A partir de los datos recopilados la potencia térmica aportada al agua durante el régimen estable es de 6,44 kW<sub>T</sub> mientras que la energía eléctrica consumida es de 1,68 kW<sub>E</sub>. Con ambos valores se calcula la eficiencia energética estacional (SPF), siguiendo la ecuación:

$$SPF = \frac{Q(kWh_T)}{E(kWh_E)} = \frac{6,44}{1,68} = 3,84$$

En el instante 0,4 h, se produjo un ligero incremento en la temperatura en la cámara climática 2 por ello el COP sufre un pico.



Gráfica 4. COP ensayo 1

Se han representado las temperaturas de entrada y salida de los circuitos primario y secundario del depósito de 200 L.

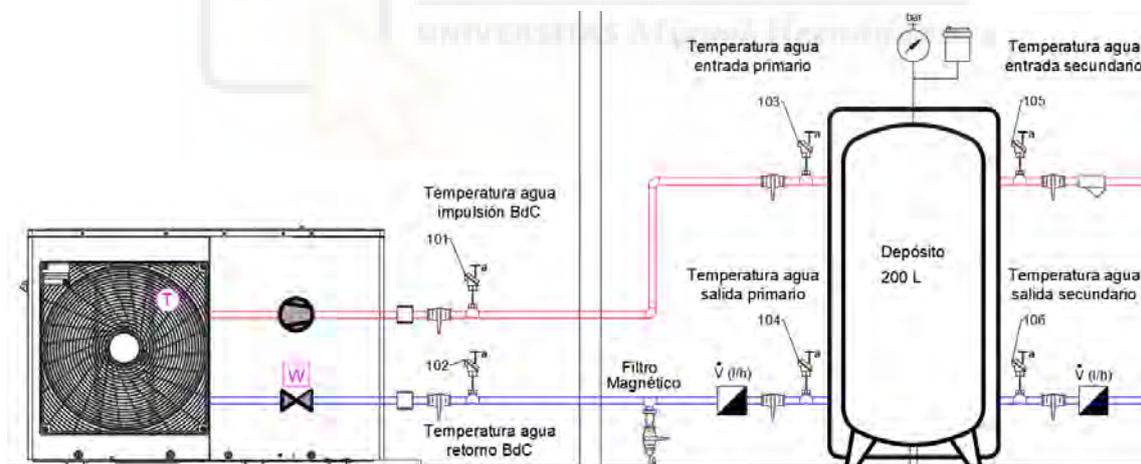
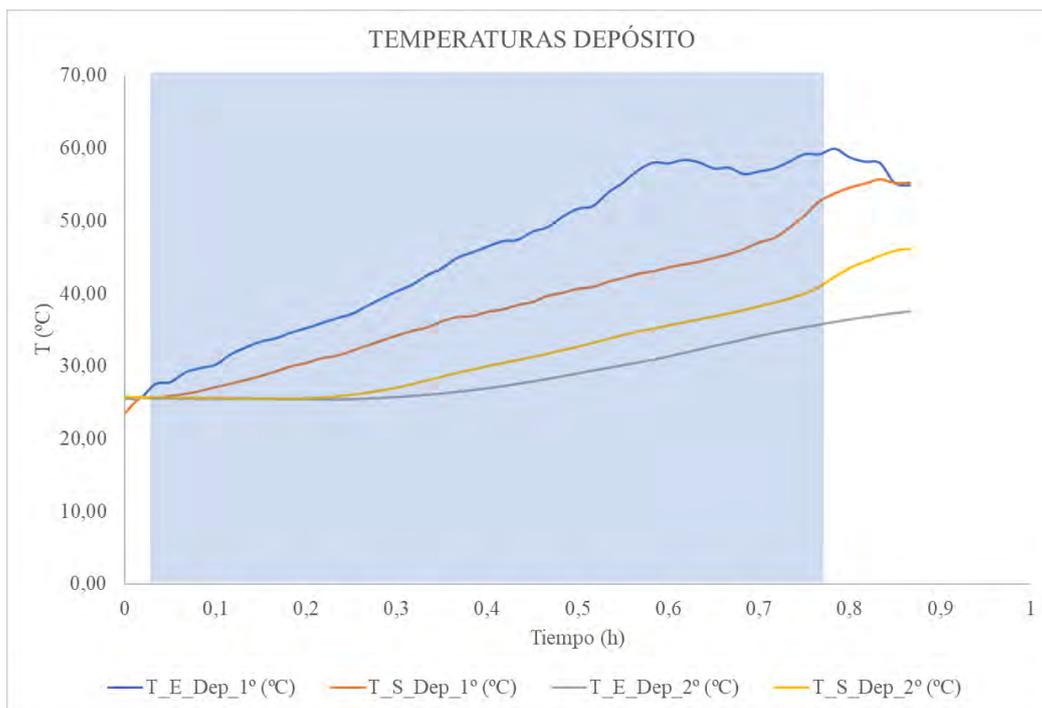


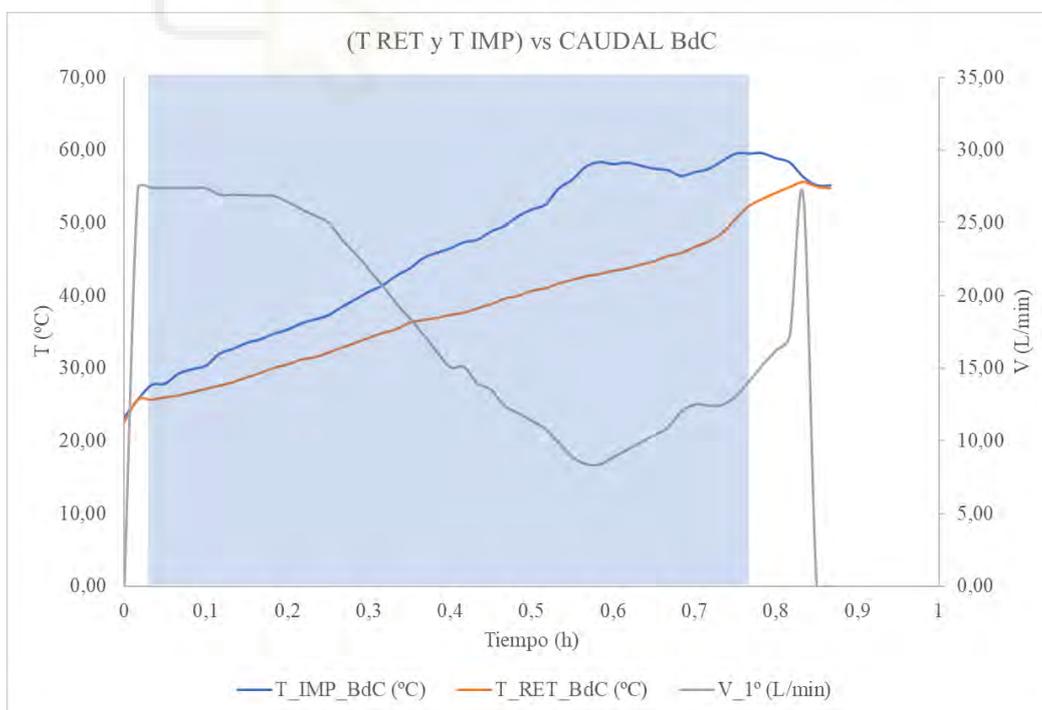
Figura 90. Esquema gráfico temperaturas

Debido a la estratificación del agua dentro del depósito, el agua caliente se encontrará en la parte superior de este, por ello en la imagen las temperaturas de entradas de ambos circuitos son mayores que las de sus salidas.



Gráfica 5. Temperaturas depósito ensayo 1

La BdC es capaz de regular su caudal en función de las necesidades, por lo que va ajustándose a lo largo del tiempo. En el arranque proporciona un caudal alto para calentar cuanto antes el agua del depósito y después sigue una tendencia decreciente.



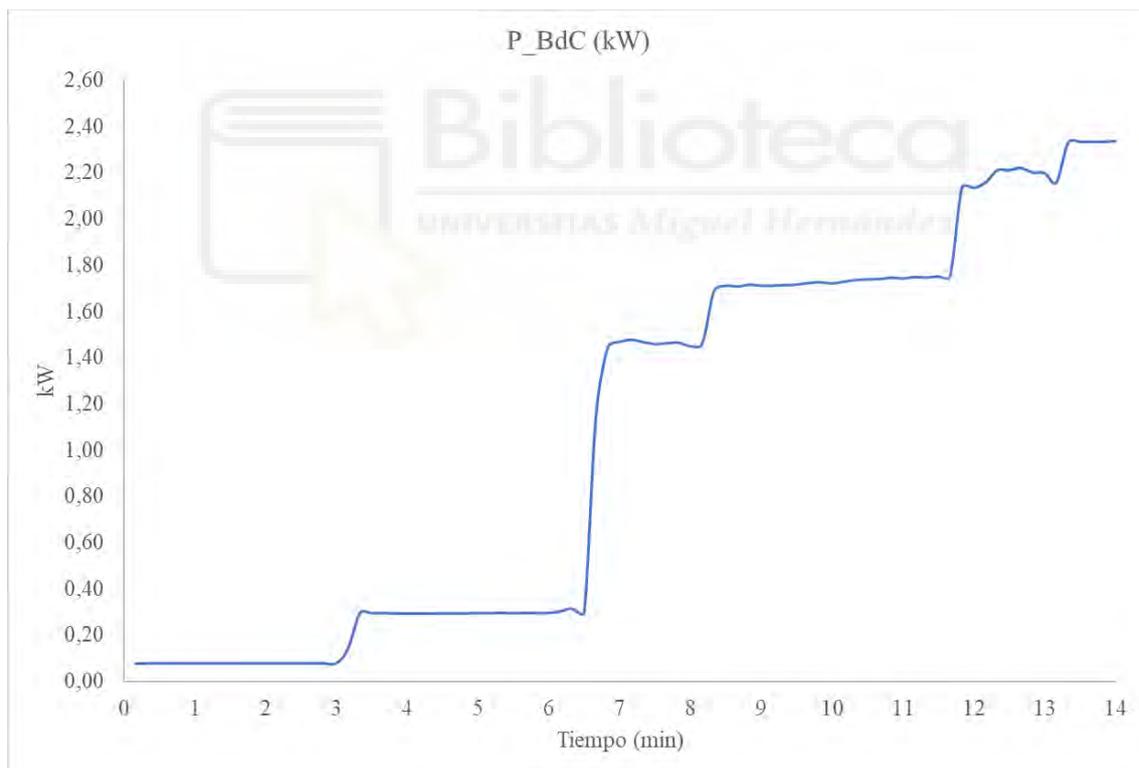
Gráfica 6. Temperaturas de retorno e impulsión vs caudal BdC

## COMPORTAMIENTO ARRANQUE BdC

En este capítulo se detallará el análisis de consumos de la BdC, para ello se han obtenido los datos de un arranque estableciendo un intervalo de adquisición de 10 segundos.

Se ha representado la potencia eléctrica consumida de la máquina para poder distinguir los consumos de los diferentes componentes de la BdC. Tras la orden de puesta en marcha se observa un consumo de 80 W, este es debido a lo referente a la resistencia del cárter, el sistema de control y otros sistemas auxiliares. En el minuto 3 se produce un incremento de 220 W en la potencia, esto se debe al arranque de la bomba. En el minuto 6,5 se pone en marcha el ventilador junto al compresor aumentando considerablemente la potencia.

Los siguientes aumentos de potencia son fruto del compresor que como se ha comentado con anterioridad al aumentar la presión y temperatura del refrigerante éste tiene que aumentar su potencia, aumentando a su vez el consumo.

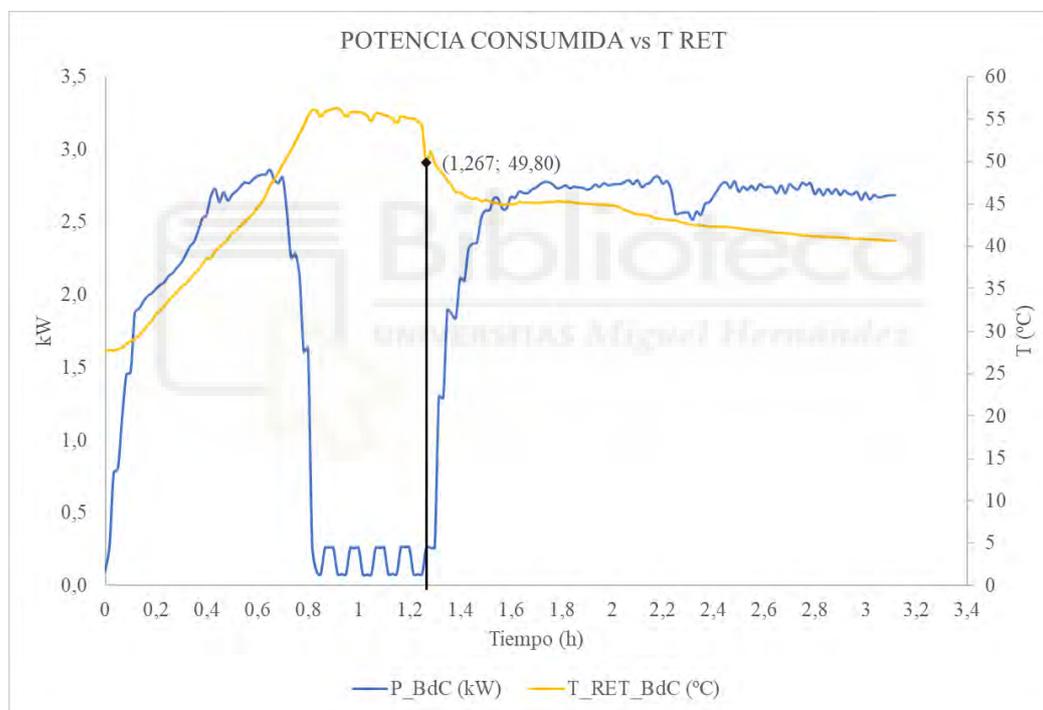


Gráfica 7. Comportamiento de potencia en el arranque

## COMPORTAMIENTO PARADA BdC

Por otro lado, se ha realizado un ensayo específico para estudiar el comportamiento de la máquina tras su parada por temperatura. Los picos de consumo producidos, que van repitiéndose cada cierto periodo de tiempo son a causa del arranque de la bomba interna de la máquina.

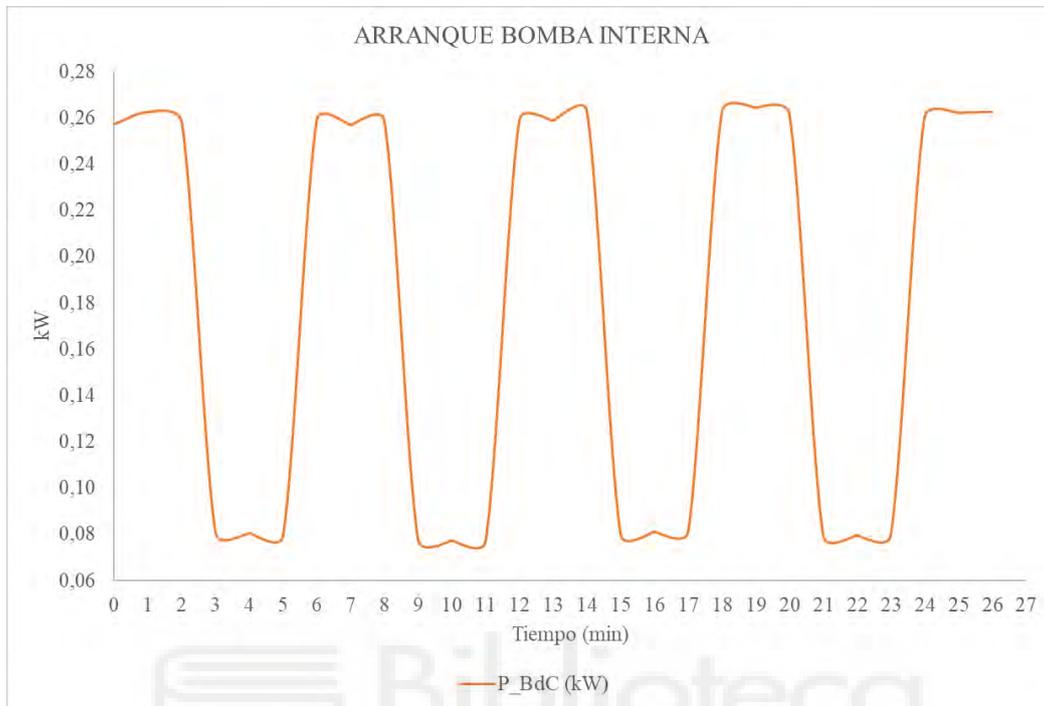
Como se ha especificado la temperatura de retorno es la referencia que usa la BdC para tomar decisiones. Una vez llega a la temperatura de consigna para, a continuación, realiza una serie de comprobaciones y no es hasta el instante en que  $T_{ret} = T_{consigna} - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  cuando vuelve a arrancar.



Gráfica 8. Comportamiento post-parada

En la siguiente gráfica se mostrará con mayor detalle el periodo de comprobación que se ha comentado. Se ha observado que la máquina apagada sigue consumiendo los 80 W y que a los 3 minutos la bomba interna se enciende para hacer circular agua y comprobar la temperatura de retorno durante 3 minutos. Si  $T_{ret} = T_{consigna}$  la máquina vuelve a parar la bomba durante 3 minutos. Sólo cuando  $T_{ret} = T_{consigna} - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  se pondrá en marcha paulatinamente.

Cuando la bomba interna se pone en marcha el consumo pasa de 80 W a ser de 260 W, la potencia de la bomba interna depende del caudal proporcionado por la bomba de calor, por lo que varía en función de este.



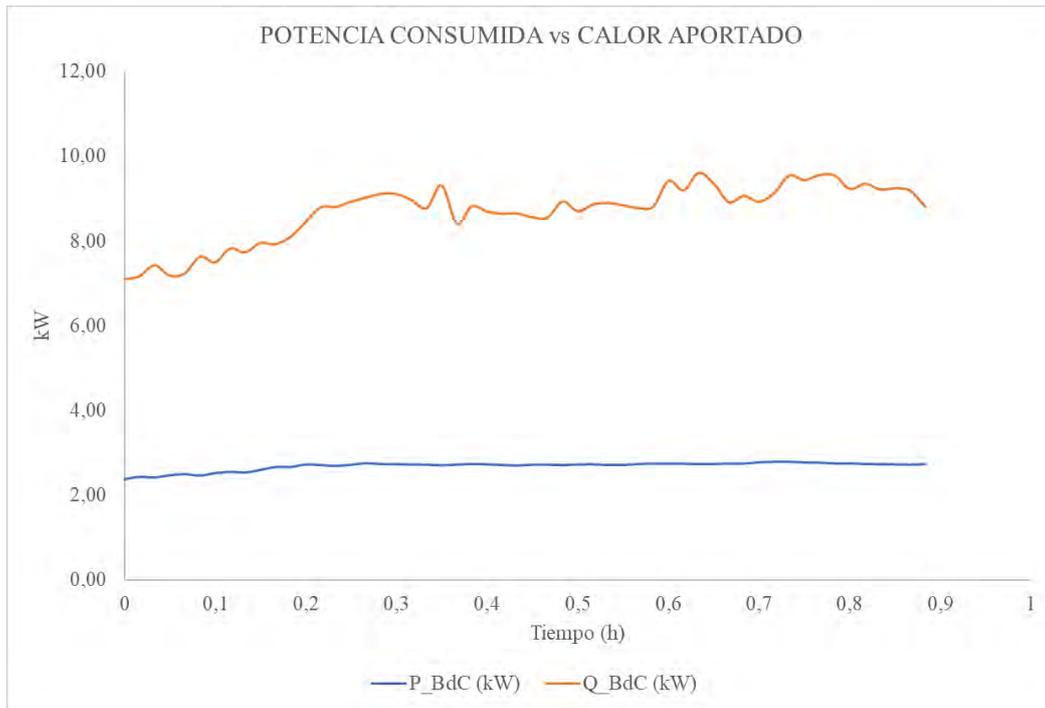
Gráfica 9. Consumos arranque bomba interna

### 3.4.2 Resultados ensayo 2

El segundo ensayo es una continuación del ensayo 1, la principal diferencia es la disipación de calor a través del fancoil. Por tanto, el objetivo es analizar el comportamiento de la BdC mientras se consume esa energía térmica.

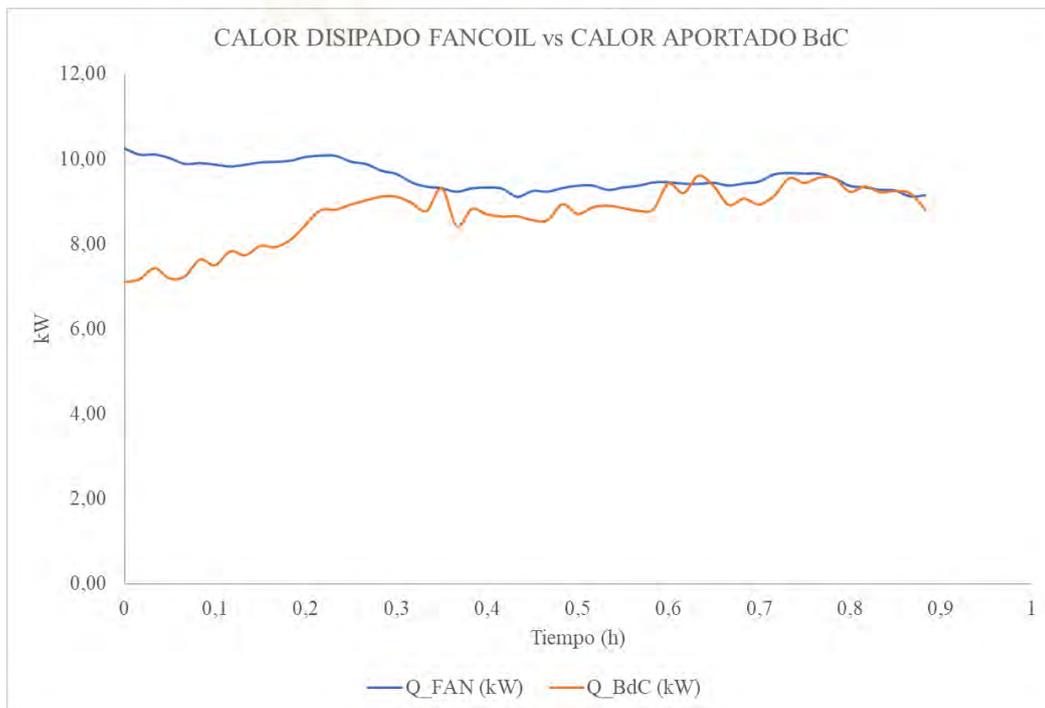
Una vez arrancada la BdC y después de haber calentado el agua del depósito, se enciende el fancoil para que disipe la energía térmica del agua.

En la siguiente gráfica se enfrenta el calor útil aportado vs la potencia eléctrica consumida. Siguen una tendencia lineal, debido a que el fancoil disipa prácticamente la misma potencia térmica que la BdC le proporciona a agua.



Gráfica 10. Potencia eléctrica vs calor útil aportado ensayo 2

En la imagen siguiente se enfrenta el calor que la máquina aporta al agua con el calor que es capaz de disipar el fancoil. En la puesta en marcha del fancoil se produce un incremento que con el tiempo se estabiliza al igual que el calor de la BdC.

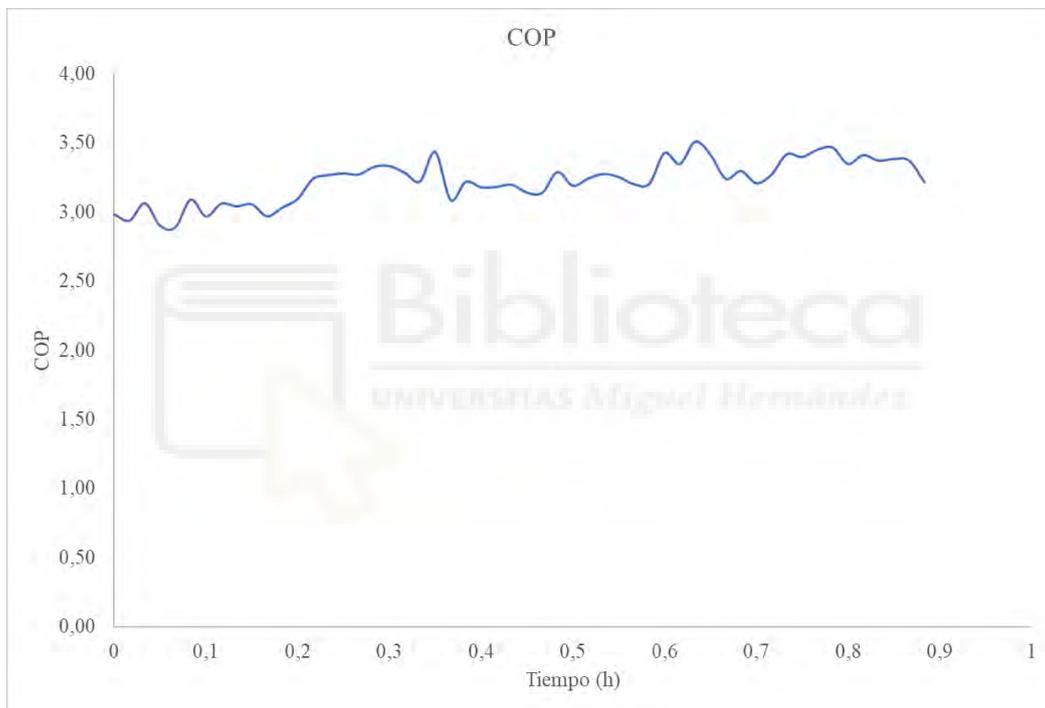


Gráfica 11. Calor disipado vs aportado

El COP como se ha explicado ya es la división del calor aportado entre la potencia eléctrica consumida. A lo largo de este ensayo la potencia consumida por la BdC es de 2,42 kW<sub>E</sub> y la potencia térmica aportada al agua es de 7,82 kW<sub>T</sub>. Con la siguiente ecuación se obtiene la eficiencia energética estacional (SPF).

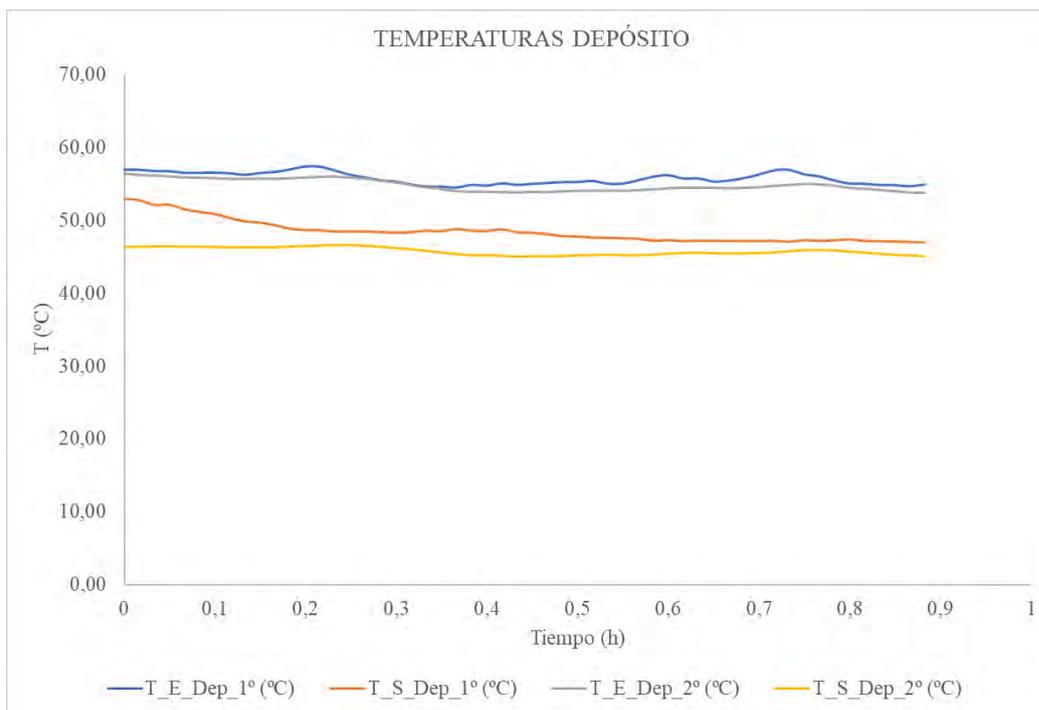
$$SPF = \frac{Q(kWh_T)}{E(kWh_E)} = \frac{7,82}{2,42} = 3,23$$

La gráfica del coeficiente de operación del ensayo sigue la siguiente línea de tendencia, como se puede ver es prácticamente constante.



Gráfica 12. COP ensayo 2

Gracias a la similitud de intercambios de calor del fancoil y BdC las temperaturas del depósito se mantienen constantes a lo largo del ensayo.



Gráfica 13. Temperaturas depósito ensayo 2

## 4. CONCLUSIONES

En el presente proyecto de investigación se ha llevado a cabo el montaje de una bomba de calor con producción de refrigeración y calefacción. La parte de agua caliente sanitaria debido a agentes externos no se ha llevado a cabo, este proceso podrá ser fruto del TFG de futuros compañeros.

La instalación ha sido completamente sensorizada con el fin de poder parametrizar todo el funcionamiento y temperaturas. Se han procesado todos los datos emitidos por dichos sensores para su posterior análisis. A partir de esta información se han obtenido una serie de conclusiones.

- Se han ejecutado 2 ensayos principales y otros 2 ensayos secundarios que han ayudado a comprender el funcionamiento de la bomba de calor.
- En el primer ensayo se ha estudiado el proceso de calentamiento del agua del depósito, obteniéndose una eficiencia energética estacional (SPF) de 3,84.

- Mientras que en el segundo se ha puesto en marcha el fancoil una vez se había calentado el agua del depósito obteniendo un SPF de 3,23.
- La razón por la cual en el primer ensayo este parámetro es mayor que en el segundo es que en el ensayo nº1 el agua del depósito era de 25,7 °C y en el ensayo nº2 la temperatura del agua era superior a los 52 °C. Un aumento en la temperatura de condensación provoca que el compresor deba elevar su potencia, aumentando la energía total consumida de la máquina disminuyendo así el SPF.

En conclusión, la vía de investigación realizada en el laboratorio de máquinas y motores térmicos del edificio Altet, tiene unos resultados aceptables. En un futuro cuando se finalice la instalación será interesante analizar el rendimiento de nuevo.

En mi opinión las instalaciones con BdC van a ir creciendo en el sector terciario, debido a sus buenos resultados y a que, alimentadas a través de paneles solares serán una opción muy interesante para combatir el cambio climático.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Efecto invernadero: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global>
- [2] Acuerdo de París: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/naciones-unidas/elmentos-acuerdo-paris.aspx>
- [3] Producción renovables: <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2023/01/la-demanda-de-energia-electrica-de-Espana-desciende-un-6con7-porciento-en-diciembre>
- [4] Consumo ACS España: [https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2020/12/2\\_Mercado\\_de\\_la\\_calefaccion\\_FEGECA\\_fenercom-2020.pdf](https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2020/12/2_Mercado_de_la_calefaccion_FEGECA_fenercom-2020.pdf)

- [5] Capacidad calorífica volumétrica [http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515\\_Practica12\\_LES.pdf](http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515_Practica12_LES.pdf)
- [6] Gradiente de temperatura subsuelo <https://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Servicios/Geotermia/Geotermia-Gradiente-y-flujo-de-calor#:~:text=El%20gradiente%20geot%C3%A9rmico,cada%20100%20metros%20de%20profundidad.>
- [7] Clasificación Bombas de calor: <https://blogs.udima.es/ingenieria-industrial/tipos-bomba-de-calor/>
- [8] Bombas de calor por absorción. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/1994/1950>
- [9] Compresores [https://www.aire-acondicionado.com.es/tipos-de-compresores\\_de\\_aire\\_acondicionado/](https://www.aire-acondicionado.com.es/tipos-de-compresores_de_aire_acondicionado/)
- [10] Bombas de calor: <https://seize-sa.ch/es/bomba-de-calor-aire-agua-split-o-monobloc/>
- [11] Parámetros BdC: [https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Prestaciones\\_Medias\\_Estacionales.pdf](https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Prestaciones_Medias_Estacionales.pdf)
- [12] Sensor RS PRO. Ficha técnica RTD PT100; Disponible en: <https://docs.rs-online.com/f55c/A700000008839314.pdf>
- [13] Termopar tipo k: <https://docs.rs-online.com/ce8f/A700000007389435.pdf>
- [14] Caudalímetro SM6000. Ficha técnica disponible en: <https://docs.rs-online.com/2d06/0900766b810f9e37.pdf>
- [15] Bomba de agua: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/alpha/alpha3/alpha3-32-80-180-99371965?tab=documentation&pumpsystemid=2139939893>
- [16] Bomba de agua: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/magna/magna1/magna1-25-80-97924144?tab=variant-curves&pumpsystemid=2138932774>

[17] Válvula de 3 vías: <https://www.sauteriberica.com/producto/rotary-actuator-for-ball-valve>

[18] Vaso de expansión: <http://www.waftcontrol.es/?scc=productos&subsc=vasos&s=0>

[19] Convertidor de corriente MACX MCR-SL-CAC-12-I-UP. Ficha técnica disponible en:

[https://www.phoenixcontact.com/product/pdf/api/v1/MjgxMDYzOA?\\_realm=es&\\_locale=es-ES&blocks=commercial-data%2Ctechnical-data%2Cdrawings%2Capprovals%2Cclassifications%2Cenvironmental-compliance-data%2Call-accessories](https://www.phoenixcontact.com/product/pdf/api/v1/MjgxMDYzOA?_realm=es&_locale=es-ES&blocks=commercial-data%2Ctechnical-data%2Cdrawings%2Capprovals%2Cclassifications%2Cenvironmental-compliance-data%2Call-accessories)

[20] Fuente de alimentación 24V: <https://es.rs-online.com/web/p/fuentes-de-alimentacion-de-montaje-en-carril-din/7769494>

[21] Sistema de adquisición de datos: <https://es.rs-online.com/web/p/adquisicion-de-datos/1771105>

[22] Bomba de calor: <https://www.lg.com/es/business/climatizacion/catalogo-completo.pdf>

[23] Depósito ACS: <https://www.airefrio.com/interacumulador-1-serpentin-alta-eficiencia-acs-idrogas-magnus-ims1-1d-200-1.html>

[24] Depósito auxiliar: <https://www.airefrio.com/interacumulador-vitrificado-de-pie-con-1-serpentin-acs-idrogas-cv-300-m1p.html>

[25] Fancoil: <http://www.mundoclima.com/gama/industrial/refrigeradora-y-fancoils/serie-mucm-w7/>

[26] BenchVue: <https://www.keysight.com/us/en/assets/3121-1067/technical-overviews/PathWave-BenchVue-Software.pdf>

## 6. ANEXOS

# **BOMBA DE CALOR**



# ***THERMA V***<sup>TM</sup>

Monobloc Type

**General Information**

**Product Data**

**Design and installation**

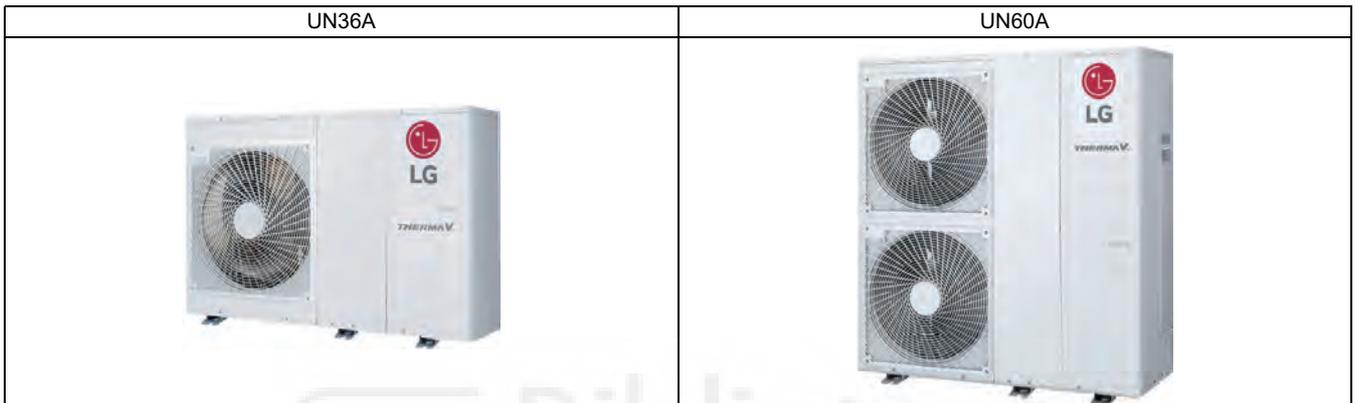


# 1. Model line up

◆ **Model line up**

Category	Capacity (kW)	Chassis	Model Name
1 Phase Model 1 Ø, 220-240 V, 50 Hz	5.5	UN36A	ZHBW056A1 [HM051MR U44]
	7.0		ZHBW076A1 [HM071MR U44]
	9.0		ZHBW096A1 [HM091MR U44]
	12.0	UN60A	ZHBW126A1 [HM121MR U34]
	14.0		ZHBW146A1 [HM141MR U34]
	16.0		ZHBW166A1 [HM161MR U34]
12.0	ZHBW128A1 [HM123MR U34]		
3 Phase Model 3 Ø, 380-415 V, 50 Hz	14.0		ZHBW148A1 [HM143MR U34]
	16.0		ZHBW168A1 [HM163MR U34]

◆ **External appearance**

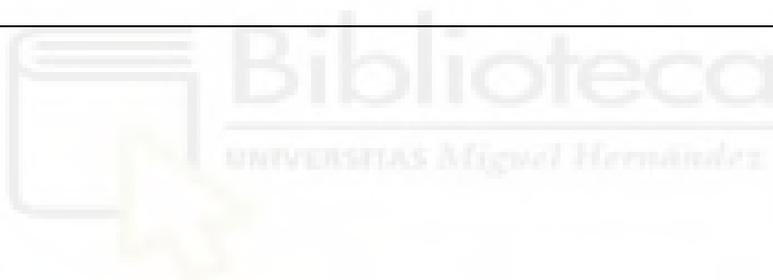


## 2. Nomenclature

### ■ Factory Model Name

Model Name	ZH	B	W	12	6	A	1
No.	1	2	3	4	5	6	7

No.	Signification
1	<b>ZH : Air-to-Water Heat Pump for R32</b>
2	<b>Classification</b> B : Monobloc
3	<b>Model Type</b> W : Inverter Heat Pump
4	<b>Heating Capacity (kW)</b> Ex) 5 kW : '05', 16 kW : '16'
5	<b>Electrical ratings</b> 6 : 1 Ø, 220-240 V, 50 Hz 8 : 3 Ø, 380-415 V, 50 Hz
6	<b>Function</b> A : General Heating Heat pump
7	<b>Series</b>



## 2. Specification

### ■ 1 phase Inverter (5.5 ~ 9 kW)

Nominal Capacity and Nominal Input					ZHBW056A1 [HM051MR U44]	ZHBW076A1 [HM071MR U44]	ZHBW096A1 [HM091MR U44]
-	-	Outdoor Temp. (°C) DB / WB	Leaving Water Temp. (°C)	-			
Capacity	Cooling	35 / 24	18	kW	5.50	7.00	9.00
			7	kW	5.50	7.00	9.00
	Heating	7 / 6	35	kW	5.50	7.00	9.00
			55	kW	5.50	5.50	5.50
		2 / 1	35	kW	4.40	5.60	6.80
Power Input	Cooling	35 / 24	18	kW	1.17	1.56	2.14
			7	kW	1.67	2.19	2.90
	Heating	7 / 6	35	kW	1.17	1.49	1.96
			55	kW	2.04	2.04	2.04
		2 / 1	35	kW	1.22	1.58	1.94
EER	Cooling	35 / 24	18	W/W	4.70	4.50	4.20
			7	W/W	3.30	3.20	3.10
COP	Heating	7 / 6	35	W/W	4.70	4.70	4.60
			55	W/W	2.70	2.70	2.70
			2 / 1	35	W/W	3.60	3.55
SCOP (Low temp. Average Climate)*					4.46	4.48	4.55
SCOP (Medium temp. Average Climate)*					3.20	3.20	3.20
Rated Water Flow Rate (at LWT 35 °C)				LPM	15.8	20.1	25.9

Electrical Specifications			ZHBW056A1 [HM051MR U44]	ZHBW076A1 [HM071MR U44]	ZHBW096A1 [HM091MR U44]
Power Supply		V, Ø, Hz	220-240, 1, 50	220-240, 1, 50	220-240, 1, 50
Peak Control Running Current		A	13.0	14.0	15.0
Rated Running Current	Cooling	A	5.2	6.9	9.5
	Heating	A	5.2	6.6	8.7
Circuit breaker		A	16	20	25
Wiring Connections	Power Supply Cable (included Earth, H07RN-F)	mm <sup>2</sup> x cores	4.0 x 3C	4.0 x 3C	4.0 x 3C

Technical Specifications				ZHBW056A1 [HM051MR U44]	ZHBW076A1 [HM071MR U44]	ZHBW096A1 [HM091MR U44]
Sound Power Level	Heating	Day Max.	dB(A)	63	64	64
		Rated	dB(A)	57	57	57
		Low noise	dB(A)	54	55	55
Dimensions	Unit	W x H x D	mm	1,239 x 834 x 330	1,239 x 834 x 330	1,239 x 834 x 330
	Packed Unit	W x H x D	mm	1,364 x 985 x 461	1,364 x 985 x 461	1,364 x 985 x 461
Weight	Unit		kg	89.5	89.5	89.5
	Packed Unit		kg	100.5	100.5	100.5
Exterior	Color		-	Warm Gray	Warm Gray	Warm Gray
	RAL Code		-	RAL 7044	RAL 7044	RAL 7044

**Note**

- Due to our policy of innovation some specifications may be changed without notification.
- Wiring cable size must comply with the applicable local and national codes. And "Electric characteristics" chapter should be considered for electrical work and design. Especially the power cable and circuit breaker should be selected in accordance with that.
- Sound power level is measured on the rated condition in the accordance with ISO 9614 standard. Therefore, these values can be increased owing to ambient conditions during operation. Rated sound power level is according to the EN12102-1 under conditions of the EN14825
- Performances are accordance with EN14511 and reflect ErP testing conditions. Above gives the declared values at rated conditions acc. ErP regulation. For max. capacities, refer to Performance Data.
  - Rated running current : Outdoor Temp. 7°CDB / 6°CWB, LWT 35 °C
- This product contains Fluorinated greenhouse gases.
  - \* : This values are accordance with EN14825.

## 2. Specification

Technical Specifications (Water side)				ZHBW056A1 [HM051MR U44]	ZHBW076A1 [HM071MR U44]	ZHBW096A1 [HM091MR U44]
Operation Range (Leaving Water Temp.)	Cooling	Min. ~ Max.	°C	5 ~ 27	5 ~ 27	5 ~ 27
	Heating	Min. ~ Max.	°C	15 ~ 65	15 ~ 65	15 ~ 65
	DHW *	Min. ~ Max.	°C	15 ~ 80	15 ~ 80	15 ~ 80
Water Pump	Type	Canned type for hot water circulation				
	Model	UPM3K 20-75 CHBL / GRUNDFOS				
	Motor Type	BLDC				
	Steps of Pumping Performance	Variable speed 10% to 100%				
	Power input (100% Capacity)	Min. / Rated	W	3 / 57	3 / 60	3 / 60
	Water Flow Rate	Min. / Rated	ℓ/min	0 / 15.8	0 / 20.1	0 / 25.9
Water Pump_2	Type	Canned type for hot water circulation				
	Model	ODM-061P / OH SUNG				
	Motor Type	BLDC				
	Steps of Pumping Performance	Variable speed 10% to 100%				
	Power input (100% Capacity)	Min. / Rated	W	17 / 91.0 (55**)	17 / 98.0 (60**)	17 / 110.0 (65**)
	Water Flow Rate	Min. / Rated	ℓ/min	0 / 15.8	0 / 20.1	0 / 25.9
Heat Exchanger	Type	Brazed Plate HEX				
	Quantity	1				
	Number of Plate	EA 52				
	Water Volume	ℓ 0.7				
	Water Flow Rate	Min. / Rated	ℓ/min	13 ~ 70	13 ~ 70	13 ~ 70
Expansion Vessel	Volume	Max.	ℓ	8	8	8
	Water pressure	Max.	bar	3	3	3
		Pre-charged	bar	1	1	1
Flow Sensor	Model	SIKA VVXC9SNBUC00252P				
	Measuring range	Min. ~ Max.	ℓ/min	5~80	5~80	5~80
	Flow (Trigger point)	Min.	ℓ/min	7	7	7
Water Pressure sensor	Model	Sensata OFM(2HMP)				
	Measuring range	Min. ~ Max.	bar(G)	0~20	0~20	0~20
Piping Connections	Inlet	inch Male PT 1" according to ISO 7-1 (tapered pipe threads)				
	Outlet	inch Male PT 1" according to ISO 7-1 (tapered pipe threads)				
Strainer	Mesh size	- 30 mesh 30 mesh 30 mesh				
	Max. particle size	mm 0.6 0.6 0.6				
	Material	- Stainless Steel				
Relief Valve	Pressure Limit	Upper Limit	bar	3.0	3.0	3.0
Devices for Water Circuit			-	Relief valve / Flow Sensor		
			-	Drain hose		
			-	Pressure Sensor / Air vent		

**Note**

- Due to our policy of innovation some specifications may be changed without notification.
- Wiring cable size must comply with the applicable local and national codes. And "Electric characteristics" chapter should be considered for electrical work and design. Especially the power cable and circuit breaker should be selected in accordance with that.
- Sound power level is measured on the rated condition in the accordance with ISO 9614 standard. Therefore, these values can be increased owing to ambient conditions during operation. Rated sound power level is according to the EN12102-1 under conditions of the EN14825
- Performances are accordance with EN14511 and reflect ErP testing conditions. Above gives the declared values at rated conditions acc. ErP regulation. For max. capacities, refer to Performance Data.
  - Rated running current : Outdoor Temp. 7°CDB / 6°CWB, LWT 35°C
- This product contains Fluorinated greenhouse gases.
  - \* DHW 58~80°C Operating is available only when the booster heater is operating.
  - \*\* This is the power input in accordance with the 80% pump capacity setting at rated water flow rate. When the OH SUNG pump is set as 80% capacity, it's head is similar to that of the GRUNDFOS pump at rated water flow rate.

## 2. Specification

Technical Specifications (Refrigerant side)				ZHBW056A1 [HM051MR U44]	ZHBW076A1 [HM071MR U44]	ZHBW096A1 [HM091MR U44]	
Operation Range (Outdoor Temp.)	Cooling	Min. ~ Max.	°C DB	5 ~ 48	5 ~ 48	5 ~ 48	
	Heating	Min. ~ Max.	°C DB	-25 ~ 35	-25 ~ 35	-25 ~ 35	
Compressor	Type			Hermetic Sealed Scroll			
	Model	Model × No.		RJB036MAA × 1			
	Motor Type			BLDC			
	Displacement	cm <sup>3</sup> /Rev.		31.6	31.6	31.6	
Refrigerant	Type			R32	R32	R32	
	GWP (Global Warming Potential)			675.0	675.0	675.0	
	Precharged Amount	g		1,400	1,400	1,400	
	t-CO2 eq.			0.945	0.945	0.945	
	Control			Electronic Expansion Valve			
Refrigerant Oil	Type			FW68D			
	Charged Volume	cc × No.		1,100	1,100	1,100	
Heat Exchanger	Type			Fin & Tube	Fin & Tube	Fin & Tube	
	Quantity			1	1	1	
	Specification	Row	EA		38	38	38
		Column	EA		2	2	2
FPI		EA		18	18	18	
Fan	Type			Propeller			
	Air Flow Rate	Rated	m <sup>3</sup> /min × No.	60.0 × 1	60.0 × 1	60.0 × 1	
Fan Motor	Type			BLDC			
	Output	W × No.		124 × 1	124 × 1	124 × 1	

**Note**

1. Due to our policy of innovation some specifications may be changed without notification.
2. Wiring cable size must comply with the applicable local and national codes. And "Electric characteristics" chapter should be considered for electrical work and design. Especially the power cable and circuit breaker should be selected in accordance with that.
3. Sound power level is measured on the rated condition in the accordance with ISO 9614 standard.  
Therefore, these values can be increased owing to ambient conditions during operation.  
Rated sound power level is according to the EN12102-1 under conditions of the EN14825
4. Performances are accordance with EN14511 and reflect ErP testing conditions. Above gives the declared values at rated conditions acc. ErP regulation.  
For max. capacities, refer to Performance Data.
  - Rated running current : Outdoor Temp. 7°CDB / 6°CWB, LWT 35°C
5. This product contains Fluorinated greenhouse gases.
  - \* DHW 58~80°C Operating is available only when the booster heater is operating.

# FANCOIL



# Fan Coil Conducto Media Presión DC

Manual de instalación y Requisitos de información

**MUCM-W7**



EN: "Installation and owner's manual" see [www.mundoclima.com/en](http://www.mundoclima.com/en)  
FR: "Manual d'utilisation et d'installation" voir [www.mundoclima.com/fr](http://www.mundoclima.com/fr)  
DE: "Benutzer- und Installationshandbuch" sehen [www.mundoclima.com/de](http://www.mundoclima.com/de)  
PT: "Manual de instalação e do utilizador" ver [www.mundoclima.com/pt](http://www.mundoclima.com/pt)



## 10. CABLEADO



### PRECAUCIÓN

El aire acondicionado debe usar una alimentación separada con la tensión especificada.

La alimentación externa al aire acondicionado debe tener conexión a tierra que debe estar conectada a los cables de la unidad.

La instalación eléctrica la debe realizar especialistas teniendo en cuenta las regulaciones del cableado.

Las conexiones fijas de los cables deben estar equipadas con los dispositivos de desconexión con al menos 3 mm de separación. La unidad se debe instalar teniendo en cuenta las regulaciones nacionales vigentes sobre el cableado.

Asegúrese de que los cables eléctricos y de señal no tengan interferencias. No conecte la unidad a la corriente hasta que haya comprobado cuidadosamente que todos los cables están bien conectados.

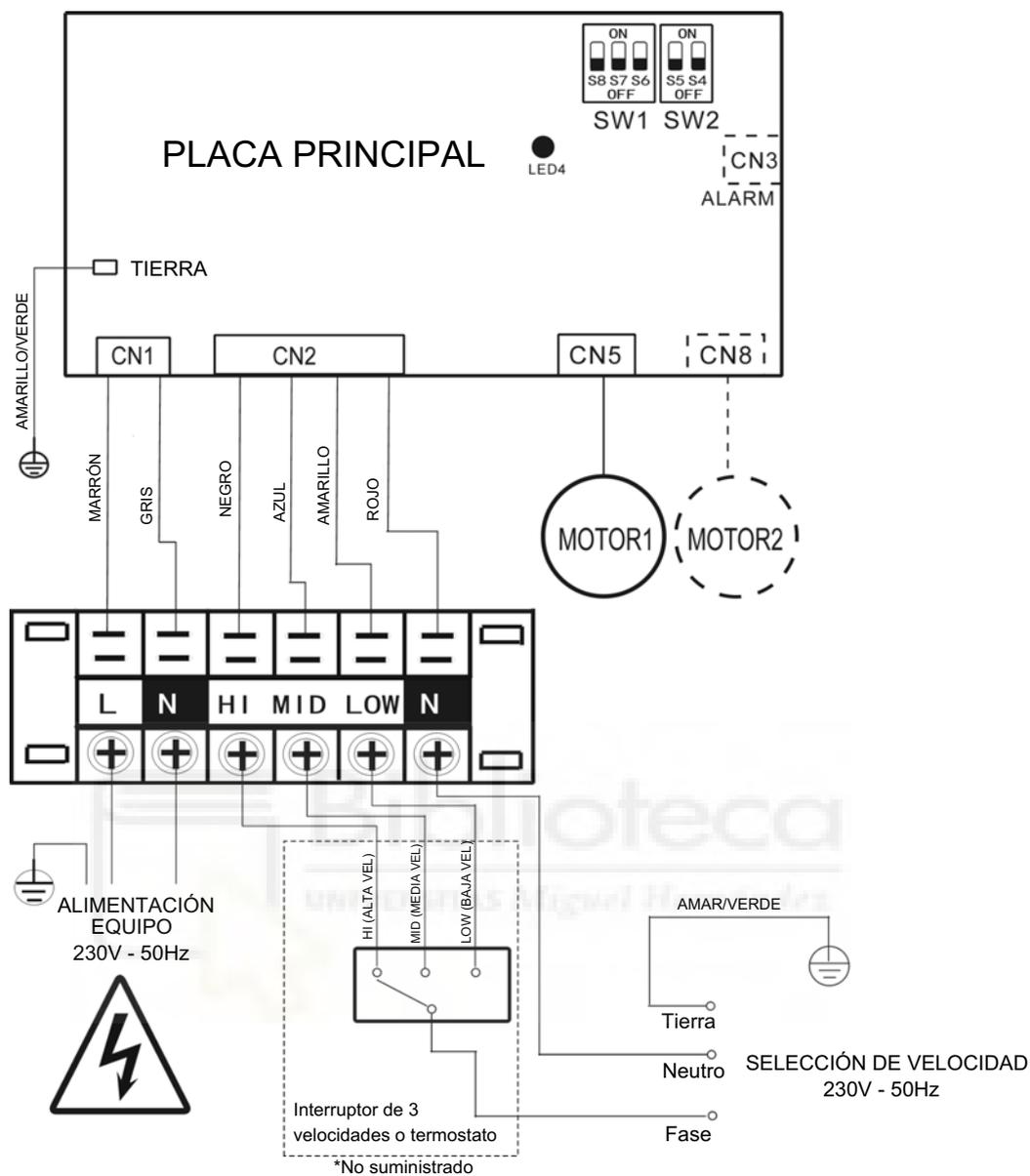
La temperatura del circuito puede ser alta, mantenga el cableado alejado de la tubería.

Tabla 10-1

MODELO		TODO
ALIMENTACIÓN	FASE	1 fase
	FRECUENCIA Y VOLTAJE	220-240V~ 50Hz
INTERRUPTOR MANGNETOTÉRMICO/FUSIBLE (A)		10/10
CABLEADO DE LA UNIDAD INTERIOR (mm <sup>2</sup> )	MENOS DE 20 m	3 x 1 mm
	MENOS DE 50 m	3 x 2,5 mm

El tipo de cable de alimentación es H05RN-R o H07RN-F o superior.

## 10.1 Esquema Eléctrico



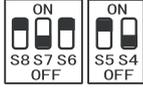
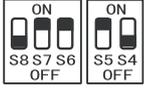
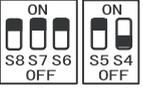
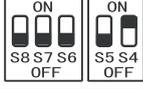
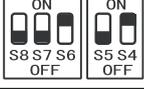
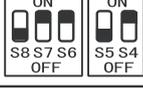
## NOTA:

El equipo se debe alimentar por L - N con 230V - 50Hz (ALIMENTACIÓN EQUIPO).

Por otro lado para que el equipo arranque con una de las 3 velocidades se debe seleccionar la velocidad deseada mediante una señal de 230V - 50Hz (SELECCIÓN DE VELOCIDAD).

10.2 La presión estática del ventilador de DC se establece en 50 Pa al salir de fábrica. Los clientes pueden modificar la presión estática de acuerdo con cada instalación.

Tabla de selección de la presión estática :

Presión / Modelo	12Pa	30Pa	50Pa (por defecto)
MUCM-15-W7			
MUCM-19-W7			
MUCM-27-W7			
MUCM-30-W7			
MUCM-36-W7			
SIN AJUSTE			

Nota: Puede ver las curvas de rendimiento del ventilador en la página 12.

## 11. ERRORES Y PROTECCIONES

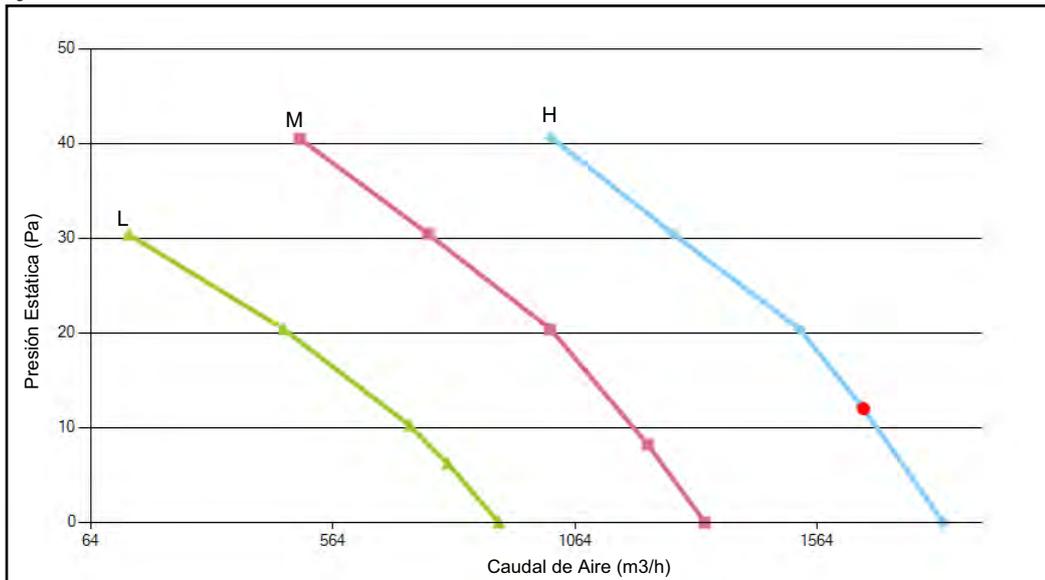
Cuando la unidad está sujeta a fallos, el LED correspondiente de la placa principal parpadeará. Tabla de códigos de error y protección:

Nº	TIPO DE AVERÍAS	DESCRIPCIÓN
1	<i>El LED parpadea 4 veces (frecuencia de parpadeo 0,5 s y 2 s parado)</i>	<i>Fallo del motor ventilador</i>
2	<i>El LED parpadea continuamente (frecuencia de parpadeo 0,5 s)</i>	<i>Modelo no configurado</i>

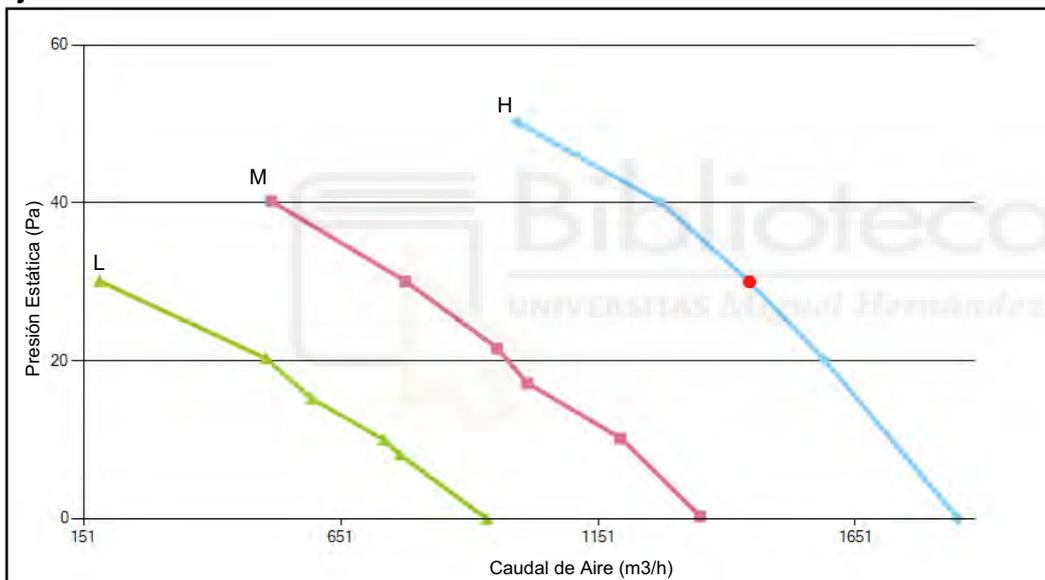
El nivel de presión acústica ponderado A está por debajo de 70 dB.

### MUCM-30-W7

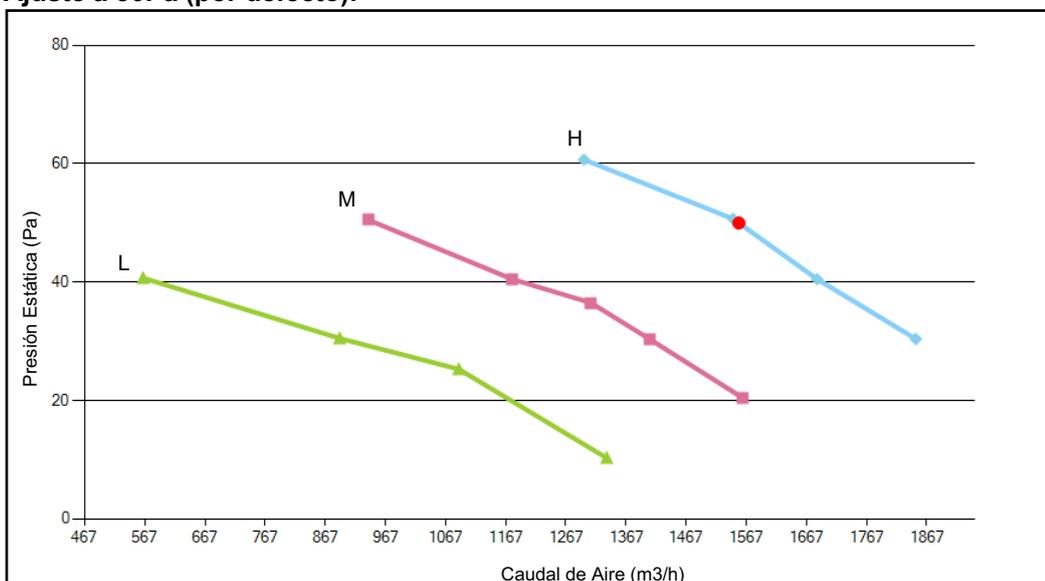
#### Ajuste a 12Pa:



#### Ajuste a 30Pa:



#### Ajuste a 50Pa (por defecto):



## REQUISITOS DE INFORMACIÓN

## REGLAMENTO (UE) 2016/2281 DE LA COMISIÓN

Datos de contacto: SALVADOR ESCODA SA, PROVENZA 392 P2, 08025 BARCELONA (ESPAÑA), +34 93 446 27 80

## Requisitos de información para ventiloconvectores:

Modelo	MUCM-15-W7		
Elemento	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia de refrigeración (sensible)	$P_{rated,c}$	3,5*	kW
Potencia de refrigeración (latente)	$P_{rated,c}$	0,96*	kW
Potencia de calefacción	$P_{rated,h}$	5,27**	kW
Potencia eléctrica total utilizada	$P_{elec}$	0,039	kW
Nivel de potencia acústica (por velocidad, si procede)	$L_{WA}$	56/48/41	dB

Modelo	MUCM-19-W7		
Elemento	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia de refrigeración (sensible)	$P_{rated,c}$	4,49*	kW
Potencia de refrigeración (latente)	$P_{rated,c}$	1,36*	kW
Potencia de calefacción	$P_{rated,h}$	6,62**	kW
Potencia eléctrica total utilizada	$P_{elec}$	0,049	kW
Nivel de potencia acústica (por velocidad, si procede)	$L_{WA}$	57/49/42	dB

Modelo	MUCM-27-W7		
Elemento	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia de refrigeración (sensible)	$P_{rated,c}$	6,19*	kW
Potencia de refrigeración (latente)	$P_{rated,c}$	1,83*	kW
Potencia de calefacción	$P_{rated,h}$	9,15**	kW
Potencia eléctrica total utilizada	$P_{elec}$	0,06	kW
Nivel de potencia acústica (por velocidad, si procede)	$L_{WA}$	58/49/42	dB

Modelo	MUCM-30-W7		
Elemento	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia de refrigeración (sensible)	$P_{rated,c}$	7,33*	kW
Potencia de refrigeración (latente)	$P_{rated,c}$	1,63*	kW
Potencia de calefacción	$P_{rated,h}$	10,74**	kW
Potencia eléctrica total utilizada	$P_{elec}$	0,096	kW
Nivel de potencia acústica (por velocidad, si procede)	$L_{WA}$	62/54/45	dB

Modelo	MUCM-36-W7		
Elemento	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia de refrigeración (sensible)	$P_{rated,c}$	8,84*	kW
Potencia de refrigeración (latente)	$P_{rated,c}$	1,95*	kW
Potencia de calefacción	$P_{rated,h}$	12,62**	kW
Potencia eléctrica total utilizada	$P_{elec}$	0,106	kW
Nivel de potencia acústica (por velocidad, si procede)	$L_{WA}$	62/54/45	dB

\* capacidad de refrigeración en las condiciones: entrada de aire 27°C BS / 19°C BH, temperatura de agua entrada/salida 7/12°C, velocidad del ventilador alta.

\*\* capacidad de calefacción en las condiciones: entrada de aire 20°C BS, temperatura de agua entrada/salida 45/40°C, velocidad del ventilador alta.

# **SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS**



Guía del usuario

# Keysight DAQ970A Sistema de adquisición



## Breve descripción del panel frontal



Etiqueta	Descripción
1	Puerto USB
2	Interruptor de encendido/en espera con indicador LED
3	Pantalla
4	Teclas de función
5	Menú de operación de medición (para controlar el inicio de las mediciones)
6	Menú de configuración de mediciones (para configurar los parámetros para las mediciones)
7	Perilla
8	Teclado de navegación del cursor

## Teclas del panel frontal

**NOTA**

Presione la tecla **Save Recall** Local para que el instrumento vuelva al control local cuando este se encuentra en control remoto (lo muestra el indicador **RMT**).

## 1 Introducción al Instrumento

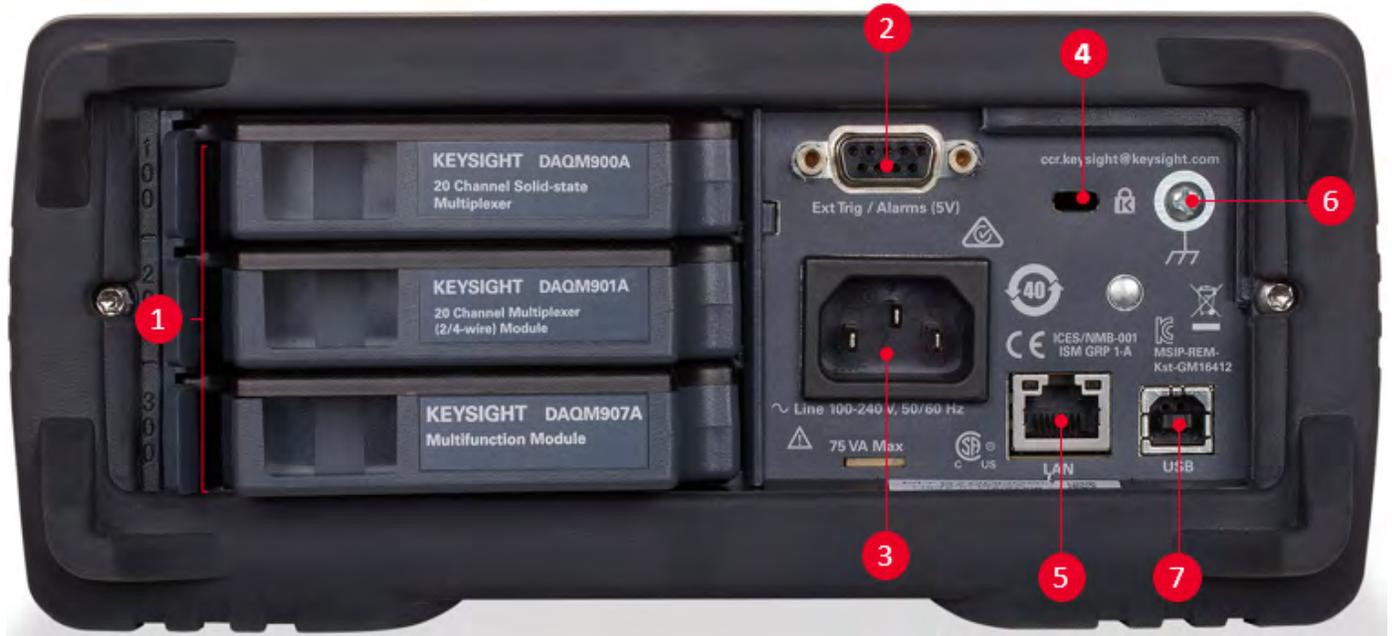
### Indicadores del instrumento

La siguiente tabla muestra los distintos indicadores que están disponibles en el DAQ970A. Los indicadores se mostrarán en la parte superior de la pantalla cuando se cumplan las condiciones correspondientes.

Indicador	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"><li>El modo Monitor está habilitado.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li><b>ALARMA</b> : las alarmas están presentes en la lista de alarmas.</li><li><b>H1234L</b> : se ha producido una condición de alarma alta o baja.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>El DMM interno está deshabilitado. El instrumento está configurado para un intervalo de escaneo externo cuando el DMM está desactivado.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Flujo excesivo de 100,000 lecturas en la memoria de lectura. Las nuevas lecturas sobrescribirán las lecturas más antiguas.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Se inserta una unidad USB en el puerto de host USB del panel frontal.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>El instrumento está en modo remoto (interfaz remota).</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Los errores están presentes en la cola de errores. Presione <b>[View]</b> &gt; <b>Errors</b> para ver la lista de errores.</li></ul>



## Breve descripción del panel posterior



Etiqueta	Descripción
1	Identificador de ranura (100, 200, 300)
2	Entrada de disparo externo, salidas de alarma, entrada avanzada de canal y salida de cierre de canal
3	Entrada de suministro eléctrico de CA
4	Traba de cable del instrumento
5	Conector de interfaz LAN
6	Tornillo de conexión a tierra del chasis
7	Conector de interfaz USB

## 1 Introducción al Instrumento

### Breve descripción de los módulos plug-in

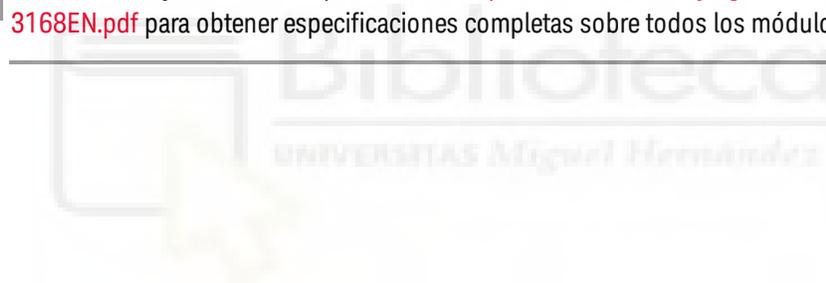
El DAQ970A ofrece una selección completa de módulos plug-in para proporcionar medición, conmutación y capacidades de control de gran calidad. Para obtener más detalles, consulte la [Descripción general del módulo](#).

Los módulos compatibles en el DAQ970A son:

- Módulo Multiplexor FET de 20 canales DAQM900A
- Módulo Multiplexor Armature de 20 canales DAQM901A
- Módulo Multiplexor Reed de 16 canales DAQM902A
- Módulo de conmutación/Accionador de uso general de 20 canales DAQM903A
- Módulo de conmutación Matrix de dos cables 4x8 DAQM904A
- Módulo Multiplexor (50  $\Omega$ ) RF 1:4 doble DAQM905A
- Módulo multifunción DAQM907A
- Módulo Multiplexor de terminación única de 40 canales DAQM908A

#### NOTA

Consulte la hoja de datos del producto en <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-3168EN.pdf> para obtener especificaciones completas sobre todos los módulos compatibles.



## 2 Inicio Rápido

### Preparación del instrumento para su uso

Controle si recibió los siguientes elementos. Si falta algo, póngase en contacto con la oficina de ventas de Keysight más cercana o con un distribuidor autorizado de Keysight.

- Cable de alimentación (para el país de destino)
- Certificado de calibración (opcional)
- Paquete de documentación complementaria
- Cable USB 2.0
- Un termopar tipo J y un destornillador de punta plana.
- CD con el software Keysight IO Libraries Suite

El software Keysight BenchVue Data Acquisition (DAQ) se puede descargar desde [www.keysight.com/find/benchvue](http://www.keysight.com/find/benchvue).

Cualquier módulo plug-in que haya pedido se entrega en un embalaje separado. También se incluye un kit de cable adicional (50  $\Omega$ ) cuando ordena el Módulo Multiplexor RF 1:4 doble DAQM905A (50  $\Omega$ ).

La documentación más reciente del producto está disponible en [www.keysight.com/find/DAQ970Amanuals](http://www.keysight.com/find/DAQ970Amanuals).



## Conexión e instalación del cableado del módulo

**ADVERTENCIA** Para evitar descargas eléctricas, use solo cables que estén clasificados para el voltaje máximo aplicado a cualquier canal.

Antes de quitar la cubierta de un módulo, apague la alimentación de los dispositivos externos que estén conectados a este.

Cuando cualquier canal está conectado a una fuente de voltaje peligrosa, todos los canales en el módulo deben considerarse peligrosos.

Cuando cualquier canal está conectado a una fuente de voltaje peligrosa, todo el cableado del canal en el módulo se debe clasificar conforme al voltaje máximo aplicado.

Cuando cualquier canal está conectado a una fuente de voltaje peligrosa, los termopares conectados a cualquier otro canal en el módulo deben tener una clasificación de aislamiento conforme al voltaje máximo, o tener un aislamiento adicional conforme al voltaje máximo, y se aislarán de las partes conductoras con cinta o compuesto térmico apto para el voltaje máximo aplicado.

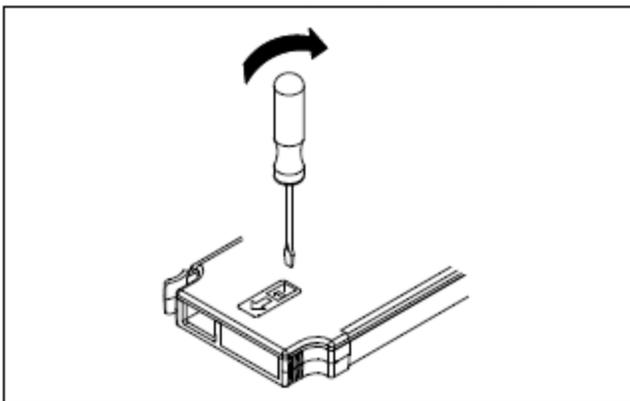
No monte, mueva ni retire ningún termopar cuando el dispositivo bajo prueba esté conectado a una fuente de señal.

Cuando cualquier canal está conectado a una fuente de voltaje peligrosa, el instrumento y el dispositivo bajo prueba se deben supervisar. Para ello, se deben seguir las prácticas locales de EHS para restringir el acceso.

**PRECAUCIÓN** Durante el encendido, cualquier acción para instalar o desinstalar los módulos desde el panel posterior reiniciará el instrumento.

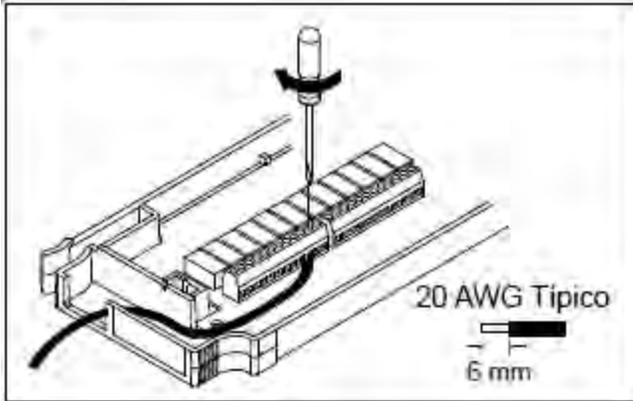
Para conectar el cableado a un módulo e instalarlo en el panel posterior del instrumento, siga los cinco pasos que se muestran a continuación:

1. Con un destornillador de punta plana, empuje hacia adelante para separar la cubierta del módulo.

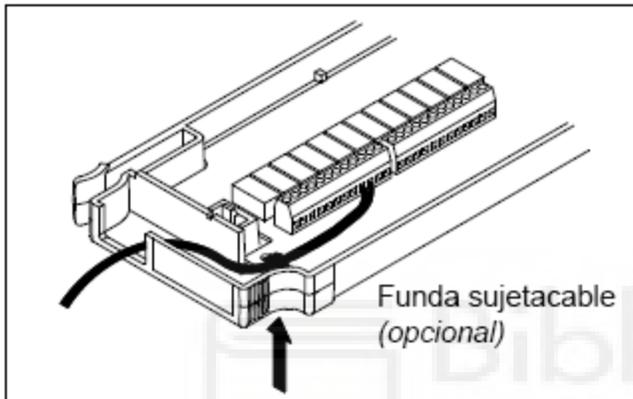


## 2 Inicio Rápido

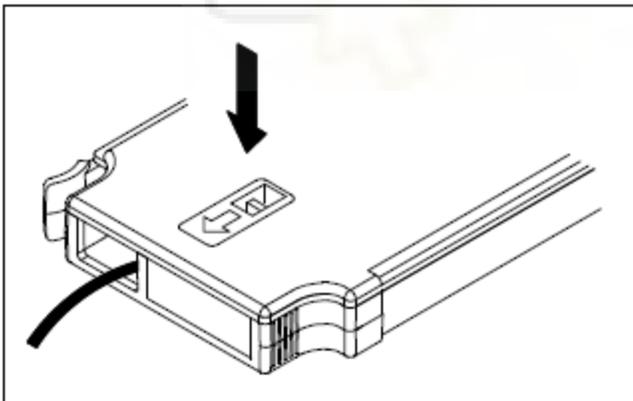
2. Conecte el cableado al destornillador.



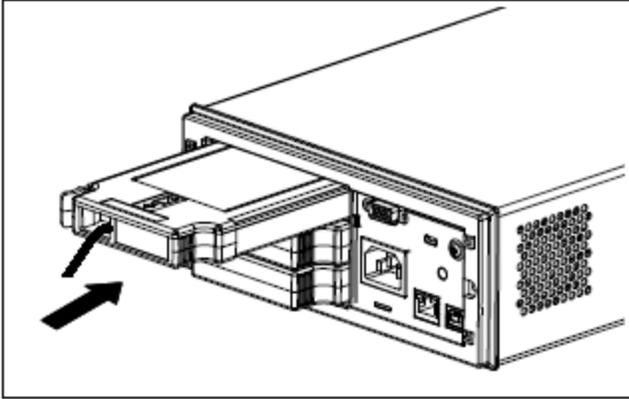
3. Pase el cableado a través del anillo pasacables.



4. Vuelva a colocar la cubierta del módulo.



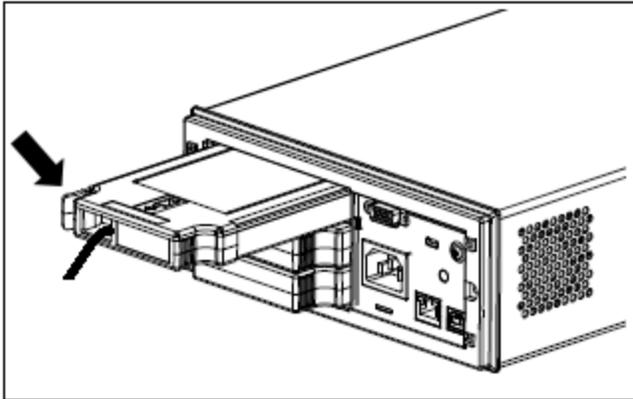
5. Instale el módulo en el instrumento (en el panel posterior).



## 2 Inicio Rápido

### Desinstalar el módulo

Para desenchufar o reemplazar cualquier módulo, empuje hacia adentro el clip ubicado en la parte posterior izquierda del módulo y luego quítelo del panel posterior.



# **BOMBA DE AGUA**



Contar	Descripción
--------	-------------

1

ALPHA3 32-80 180



Advierta! la foto puede diferir del actual producto

Código: [99371965](#)

Circuladora de alta eficiencia con rotor encapsulado, diseñada para la circulación de líquidos en sistemas de calefacción. Con un excelente índice de eficiencia energética (EEI), muy por debajo del punto de referencia de la ErP, garantiza un importante ahorro energético.

La bomba ALPHA3 lleva incorporada radio por Bluetooth y se puede controlar por completo mediante un dispositivo inteligente a través de la aplicación Grundfos GO Remote. Ofrece asistencia paso a paso para la configuración, el mantenimiento y la puesta en marcha de la bomba.

La ALPHA3 se comunica directamente con la aplicación Grundfos GO Balance, que permite a los instaladores llevar a cabo un equilibrado hidráulico rápido y sencillo.

La función AUTOADAPT integrada en el modo por radiador y por suelo radiante adapta de forma continua el rendimiento de la bomba a la demanda calorífica real, es decir, al tamaño del sistema y a la cambiante demanda de calor.

La función AUTOADAPT encontrará el ajuste apropiado para ofrecer un confort óptimo con un consumo energético mínimo.

Esto también garantiza una puesta en marcha rápida, segura y sencilla.

#### Funciones

- 

Modo radiador con AUTOADAPT: la opción más sencilla para sistemas de calefacción por radiador de dos cadenas

Modo por suelo radiante con AUTOADAPT: la opción más sencilla para sistemas de calefacción por suelo radiante

Modo combinado por radiador y suelo radiante para sistemas con una combinación de sistemas de calefacción

Para el modo de programación y verano, un reloj permite seleccionar en tiempo real cuándo debe funcionar la bomba y cuándo ahorrar energía

Interfaz de usuario sencilla: la bomba se maneja por completo desde la aplicación Grundfos GO Remote

Alarma y registro de avisos con asistencia a través de Grundfos Go Remote  
Sin necesidad de protección externa del motor, reduciendo así el tiempo de instalación

El arranque con un elevado par motor mejora el encendido en condiciones duras

Protección contra funcionamiento en seco durante el encendido y el funcionamiento normal

Sin necesidad de mantenimiento gracias al diseño de rotor encapsulado y uso de componentes sólidos

El conector ALPHA permite una instalación eléctrica rápida y sencilla

Las carcasas de aislamiento se suministran con las bombas para minimizar la pérdida de calor en los sistemas de calefacción.

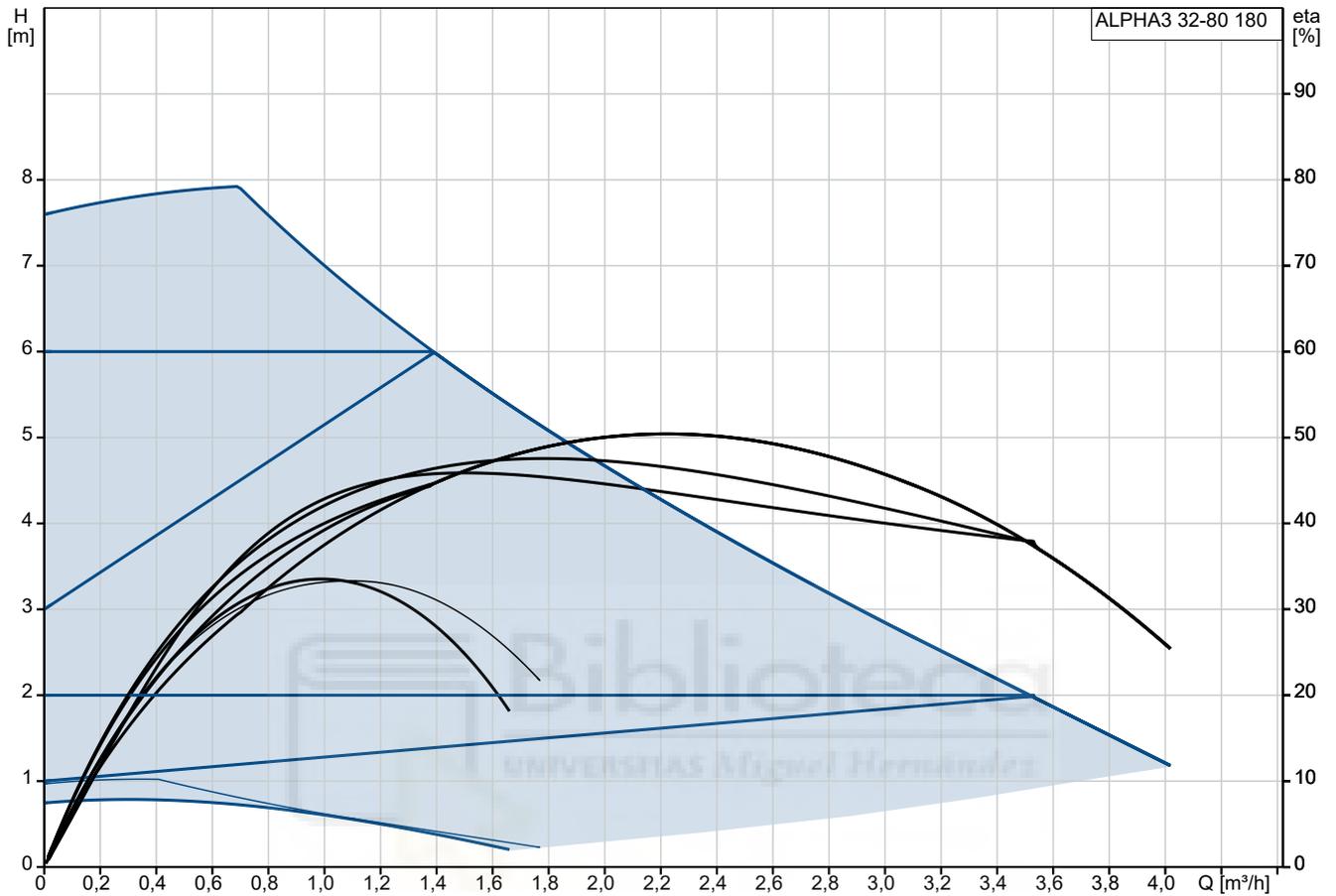
Además, la bomba también cuenta con tres modos de control con ajuste progresivo del punto de ajuste, que permite ajustar la configuración de la bomba en un punto determinado de trabajo

Contar	Descripción
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de presión proporcional</li> <li>Control de presión constante</li> <li>Modo de curva constante</li> </ul> <p>La pantalla muestra el consumo real de potencia en vatios o el caudal real en m<sup>3</sup>/h. Los LED indican el estado actual de funcionamiento.</p> <p>El diseño de la bomba y los materiales seleccionados contribuyen a una vida útil más larga. La bomba es autopurgante a través del sistema, lo que contribuye a una puesta en marcha sencilla. Su diseño compacto, que cuenta con un cabezal de la bomba que lleva una caja de control integrada, se adapta a las instalaciones más habituales.</p> <p>La bomba y el motor forman una unidad integral sin cierre. Los rodamientos se lubrican con el líquido bombeado. Estas características constructivas garantizan un funcionamiento que no requiere mantenimiento.</p> <p>La carcasa de la bomba está hecha de hierro fundido. La carcasa de la bomba y el cabezal de la bomba están galvanizados para mejorar la resistencia a la corrosión.</p> <p>El motor es de imanes permanentes, caracterizado por su alta eficiencia. La velocidad de la bomba está controlada por un convertidor de frecuencia integrado, que va incorporado en la caja de control.</p> <p>El punto de referencia para las circuladoras más eficientes es IEE ≤ 0,20.</p> <p><b>Líquido:</b>  Líquido bombeado: Agua  Rango de temperatura del líquido: 2 .. 110 °C  Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 60 °C  Densidad: 983.2 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Técnico:</b>  Caudal nominal: 1.98 m<sup>3</sup>/h  Altura nominal: 4.76 m  Clase TF: 110  Homologaciones: VDE,CE,EAC,SEPRO</p> <p><b>Materiales:</b>  Cuerpo hidráulico: Fundición  Carcasa de la bomba: EN 1561 EN-GJL-150  ASTM A48M-150B</p> <p><b>Impulsor:</b>  Composite  PES 30% GF + PESU-GF20%</p> <p><b>Instalación:</b>  Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C  Presión de trabajo máxima: 10 bar  Tipo de conexión: G  Tamaño de la conexión: 2 inch  Presión nominal para la conexión: PN 10  Longitud puerto a puerto: 180 mm</p> <p><b>Datos eléctricos:</b>  Potencia de entrada mínima - P1: 3 W  Potencia de entrada P1: 50 W  Frecuencia de red: 50 / 60 Hz  Tensión nominal: 1 x 230 V  Consumo de intensidad máximo: 0.04 .. 0.44 A  Grado de protección (IEC 34-5): X4D  Clase de aislamiento (IEC 85): F  Protección de motor integrada: NONE</p>

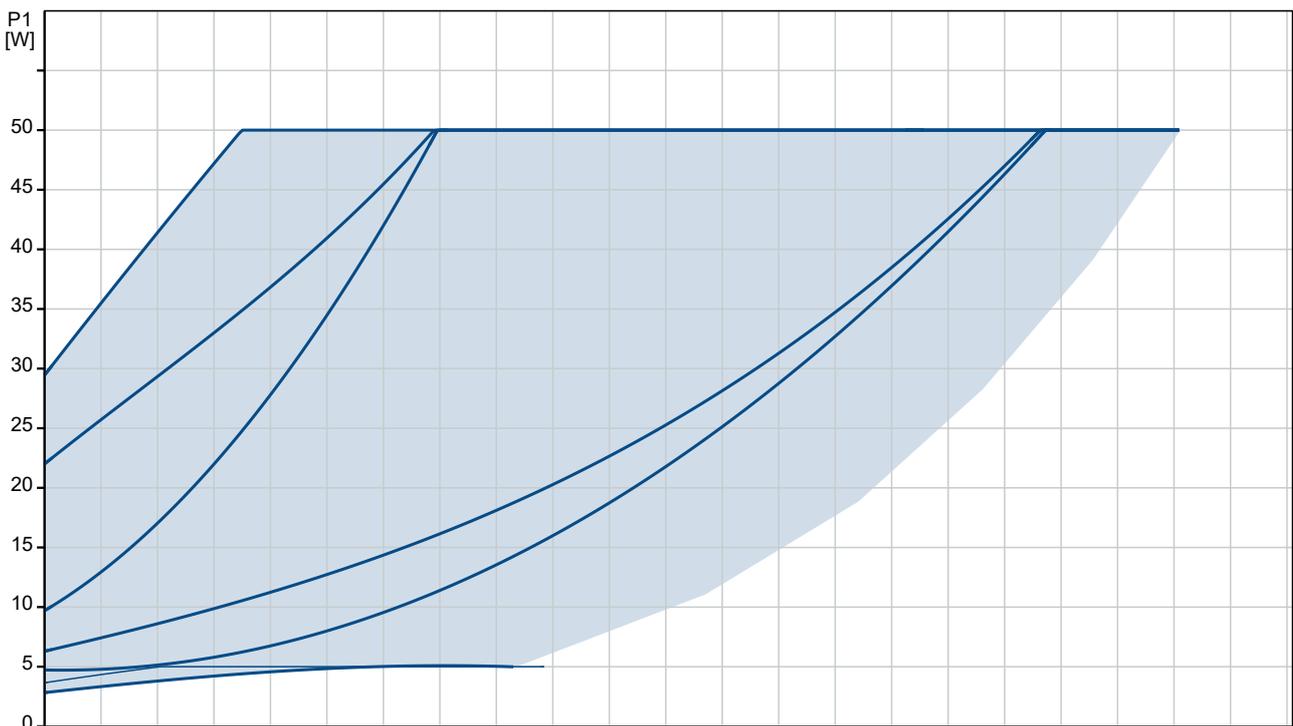
Contar	Descripción
1	Otros: Energía (EEI): 0.18 Posición de caja de conexiones: 6 H Peso neto: 2.17 kg Peso bruto: 2.33 kg Volumen de transporte: 0.004 m <sup>3</sup> VVS danés n.º: 380474380 RSK sueco n.º: 5758797 País de origen.: DK Tarifa personalizada n.º: 84137030



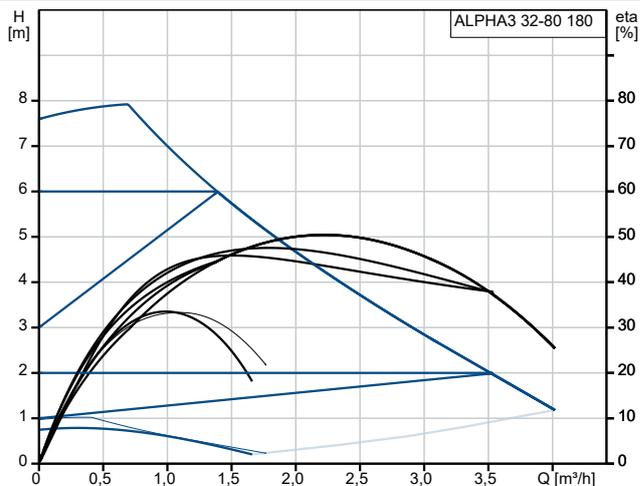
## 99371965 ALPHA3 32-80 180



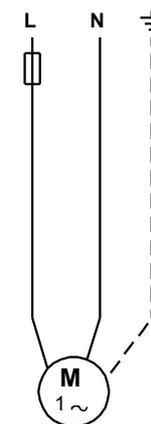
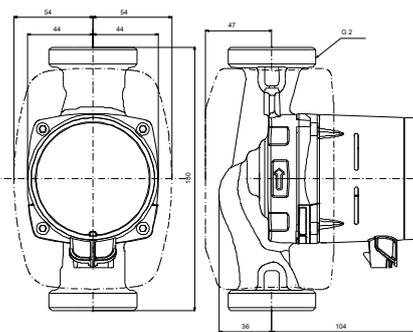
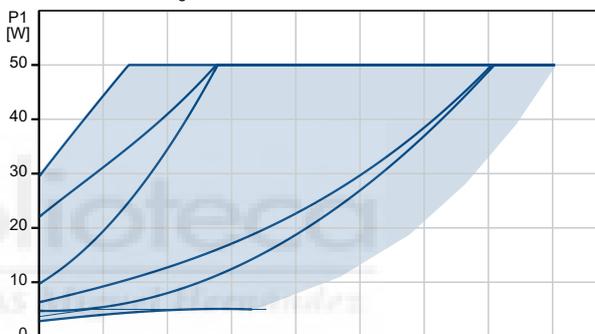
Líquido bombeado = Agua  
 Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 60 °C  
 Densidad = 983.2 kg/m³



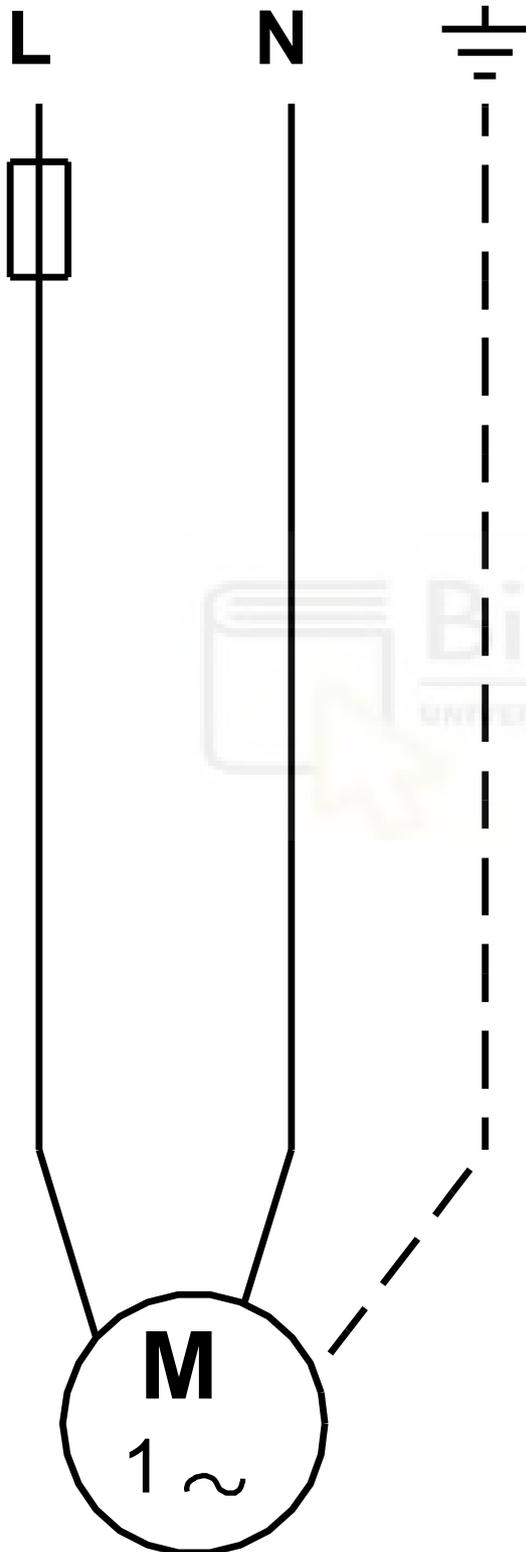
Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	ALPHA3 32-80 180
Código::	99371965
Número EAN::	5713828026736
Precio:	EUR 1175
<b>Técnico:</b>	
Caudal nominal:	1.98 m³/h
Altura nominal:	4.76 m
Altura máxima:	80 dm
Clase TF:	110
Homologaciones:	VDE,CE,EAC,SEPRO
Modelo:	B
<b>Materiales:</b>	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
Carcasa de la bomba:	EN 1561 EN-GJL-150
Carcasa de la bomba:	ASTM A48M-150B
Impulsor:	Composite
Impulsor:	PES 30% GF + PESU-GF20%
<b>Instalación:</b>	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de conexión:	G
Tamaño de la conexión:	2 inch
Presión nominal para la conexión:	PN 10
Longitud puerto a puerto:	180 mm
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	2 .. 110 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
<b>Datos eléctricos:</b>	
Potencia de entrada mínima - P1:	3 W
Potencia de entrada P1:	50 W
Frecuencia de red:	50 / 60 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Consumo de intensidad máximo:	0.04 .. 0.44 A
Grado de protección (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	NONE
Protec. térmica:	ELEC
<b>Paneles control:</b>	
Nocturno auto.:	función de ahorro nocturno automática incluida
<b>Otros:</b>	
Energía (EEI):	0.18
Posición de caja de conexiones:	6 H
Peso neto:	2.17 kg
Peso bruto:	2.33 kg
Volumen de transporte:	0.004 m³
VVS danés n.º:	380474380
RSK sueco n.º:	5758797
País de origen.:	DK
Tarifa personalizada n.º:	84137030



Líquido bombeado = Agua  
Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 60 °C  
Densidad = 983.2 kg/m³



99371965 ALPHA3 32-80 180



¡Nota!Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas

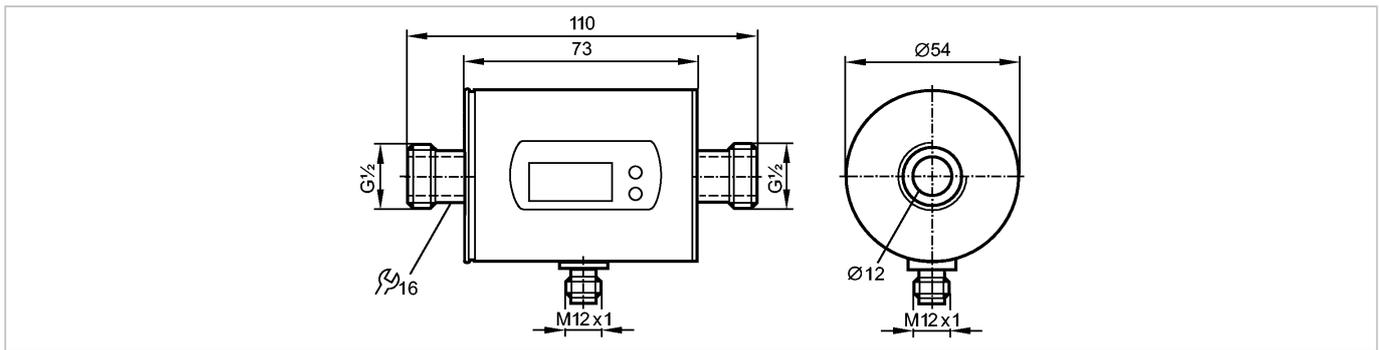
# CAUDALÍMETRO



**SM6000**

SMR12GGXFRKG/US-100

Flow sensors



Made in Germany

**Product characteristics**

Magnetic-inductive flow meter
Connector
Process connection: G $\frac{1}{2}$ flat seal
connection to pipe by means of an adapter
Function programmable
Totaliser function
2 outputs
OUT1 = flow monitoring (binary), flow rate meter (pulse), preset meter (binary)
OUT2 = flow monitoring or temperature monitoring (analogue or binary)
Input for counter reset
Measuring range
0.1...25 l/min

**Application**

Application	Conductive liquids (conductivity: $\geq 20 \mu\text{S/cm}$ / viscosity: $< 70 \text{ mm}^2/\text{s}$ at $40^\circ\text{C}$ )
Pressure rating [bar]	16
Medium temperature [°C]	-10...70

**Electrical data**

Electrical design	DC PNP/NPN
Operating voltage [V]	19...30 DC <sup>1)</sup>
Current consumption [mA]	120
Insulation resistance [MΩ]	$> 100$ (500 V DC)
Protection class	III
Reverse polarity protection	yes

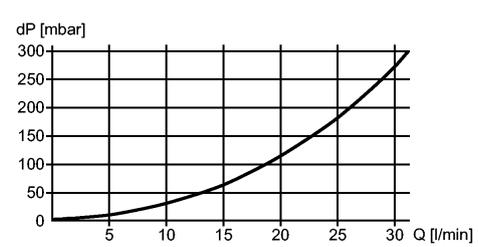
**Outputs**

Output function	OUT1: normally open / closed programmable or pulse OUT2: normally open / closed programmable or analogue (4...20 mA / 0...10 V, scaleable)
Current rating [mA]	2 x 200
Voltage drop [V]	$< 2$
Short-circuit protection	pulsed
Overload protection	yes
Analogue output	4...20 mA; 0...10 V
Max. load [Ω]	500
Min. load [Ω]	2000
Pulse output	flow rate meter

## SM6000

SMR12GGXFRKG/US-100

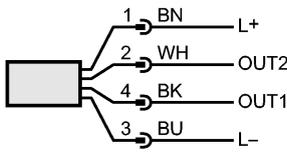
Flow sensors

Measuring / setting range		
Flow monitoring		
Measuring range	0.10...25.00 l/min	0.005...1.500 m³/h
Display range	-30...30 l/min	-1.8...1.8 m³/h
Resolution	0.05 l/min	0.005 m³/h
Set point, SP	0.25...25.00 l/min	0.015...1.500 m³/h
Reset point, rP	0.10...24.90 l/min	0.005...1.495 m³/h
Analogue start point, ASP	0.00...20.00 l/min	0.000...1.200 m³/h
Analogue end point, AEP	5.00...25.00 l/min	0.300...1.500 m³/h
in steps of	0.05 l/min	0.005 m³/h
Volumetric flow quantity monitoring		
Pulse value	0.01 l...30 000 m³	
Pulse length [s]	0.01...2	
Temperature monitoring		
Measuring range [°C]	-20...80	
Resolution [°C]	0.2	
Set point, SP [°C]	-19.2...80.0	
Reset point, rP [°C]	-19.6...79.6	
Analogue start point, ASP [°C]	-20.0...60.0	
Analogue end point, AEP [°C]	0.0...80.0	
in steps of [°C]	0.2	
Accuracy / deviations		
Flow monitoring		
Accuracy	± (2% MW + 0.5% MEW)	
Repeatability	± 0.2% MEW	
Pressure loss (dP) / flow rate (Q)		
Temperature monitoring		
Accuracy [K]	± 2.5 (Q > 1 l/min)	
Reaction times		
Power-on delay time [s]	5	
Flow monitoring		
Start-up delay [s]	0...50	
Response time [s]	< 0.150 (dAP = 0)	
Damping, dAP [s]	0.0...5.0	
Temperature monitoring		
Response time [s]	T09 = 30 (Q > 1 l/min)	
Software / programming		
Programming options	hysteresis / window function; N.O. / N.C; output polarity; current / voltage / pulse output; start-up delay; display can be deactivated; display unit	

## SM6000

SMR12GGXFRKG/US-100

Flow sensors

Environment	
Ambient temperature	[°C] -10...60
Storage temperature	[°C] -25...80
Protection	IP 67
Tests / approvals	
Pressure equipment directive	Article 3, section 3 - sound engineering practice
EMC	EN 61000-4-2 ESD: 4 kV CD / 8 kV AD EN 61000-4-3 HF radiated: 10 V/m EN 61000-4-4 Burst: 2 kV EN 61000-4-5 Surge: 0.5 kV EN 61000-4-6 HF conducted: 10 V
Shock resistance	DIN IEC 68-2-27: 20 g (11 ms)
Vibration resistance	DIN IEC 68-2-6: 5 g (10...2000 Hz)
MTTF	[Years] 156
Mechanical data	
Process connection	G½ flat seal
Materials (wetted parts)	stainless steel 316L / 1.4404; PEEK (polyether ether ketone); FKM
Housing materials	stainless steel 316L / 1.4404; PBT-GF 20; PC; EPDM/X
Weight	[kg] 0.538
Displays / operating elements	
Display	Display unit 6 x LED green (l/min, m³/h, l, m³, 10³, °C) Switching status 2 x LED yellow Measured values 4-digit alphanumeric display Programming 4-digit alphanumeric display
Electrical connection	
Connection	M12 connector; Gold-plated contacts
<b>Wiring</b> Core colours BK black BN brown BU blue WH white	
	Colours to DIN EN 60947-5-6 ----- OUT1: 3 selection options switching output flow rate monitoring pulse output quantity meter signal output preset counter ----- OUT2: 5 selection options switching output flow rate monitoring switching output temperature monitoring analogue output flow rate analogue output temperature Input for counter reset
Remarks	
Remarks	1) to EN50178, SELV, PELV MW = measured value MEW = final value of the measuring range

# **CONVERTIDOR DE CORRIENTE**



## Convertidor de corriente - MACX MCR-SL-CAC-12-I-UP - 2810638

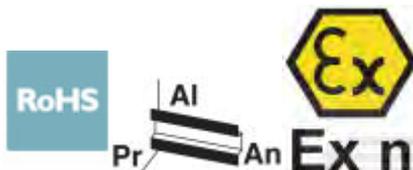
Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Convertidor de corriente para 5 A y 12 A AC, señal de salida 0...20 mA o 4...20 mA, configurable mediante interruptor DIP con señalización de estado de servicio por LED

### Sus ventajas

- Entrada/salida configurable a través de interruptor DIP



### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 pcs
EAN	 4 046356 510356
EAN	4046356510356
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	140,000 g
Número de tarifa arancelaria	85437090
País de origen	Alemania
Clave de venta	CK4A21

### Datos técnicos

#### Observación

Restricción de uso	CEM: producto de clase A, véase declaración del fabricante en el centro de descargas
--------------------	--

#### Medidas

Anchura	22,5 mm
Altura	104 mm
Profundidad	114,5 mm

#### Condiciones ambientales

Temperatura ambiente (servicio)	-20 °C ... 65 °C (-4 °F...149 °F)
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-40 °C ... 85 °C (-40 °F ... 185 °F)

# Convertidor de corriente - MACX MCR-SL-CAC-12-I-UP - 2810638

## Datos técnicos

### Datos de entrada

Configurable/Programable	Mediante selector DIP
Margen de corriente de entrada	0 A ... 12 A
Margen de ajuste Corriente de entrada mínima	0 A AC ... 5 A (configurables)
Margen de ajuste Corriente de entrada máxima	0 A AC ... 12 A (configurables)
Capacidad de sobrecorriente	1 x I <sub>N</sub> (permanente)
Capacidad de sobrecorriente transitoria	8 x I <sub>N</sub> (1 s)
Frecuencia nominal f <sub>N</sub>	50 Hz
Margen de medición de frecuencia	45 Hz ... 65 Hz
Tipo de conexión	Conexión por tornillo

### Datos de salida

Denominación Salida	Salida de corriente
Configurable/Programable	Mediante selector DIP
Señal de salida corriente	0 mA ... 20 mA (configurables)
	4 mA ... 20 mA (configurables)
Corriente máx. de salida	25 mA
Carga/Carga de salida Salida de corriente	< 500 Ω (20 mA)
Ripple	< 10 mV <sub>PP</sub> (Con 500 Ω en 20 mA)
Indicación de estado	LED rojo (error), LED verde (listo para funcionar)

### Salida de conexión

Denominación Salida	sin salida de conmutación
---------------------	---------------------------

### Alimentación

Tensión de alimentación	19,2 V AC/DC ... 253 V AC/DC
Absorción de corriente máxima	< 33 mA (con 24 V DC)
	< 15 mA (con 230 V AC)
Consumo de potencia	< 0,8 W (con 24 V DC)
	< 3,5 VA (con 230 V AC)

### Generalidades

Error de transmisión máximo	≤ 0,5 % (Del valor nominal de la gama bajo condiciones nominales)
Coefficiente de temperatura máximo	< 0,02 %/K
Coefficiente de temperatura típico	< 0,015 %/K
Respuesta gradual (10-90%)	< 300 ms
Grado de polución	2
Tensión de aislamiento de dimensionamiento	300 V AC (Respecto a tierra)
Tensión de prueba Entrada/salida	4 kV (50 Hz, 1 min)
Tensión de prueba Salida/alimentación	2 kV (50 Hz, 1 min)
Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva CEM
Emisión de interferencias	EN 61000-6-4
Inmunidad a interferencias	EN 61000-6-2 Durante las interferencias pueden producirse ligeras desviaciones.

# Convertidor de corriente - MACX MCR-SL-CAC-12-I-UP - 2810638

## Datos técnicos

### Generalidades

Color	gris
Material carcasa	Poliamida PA sin reforzar
Posición para el montaje	discrecional
Conformidad	Conformidad CE
ATEX	# II 3 G Ex nA IIC T4 Gc X

### Normas y especificaciones

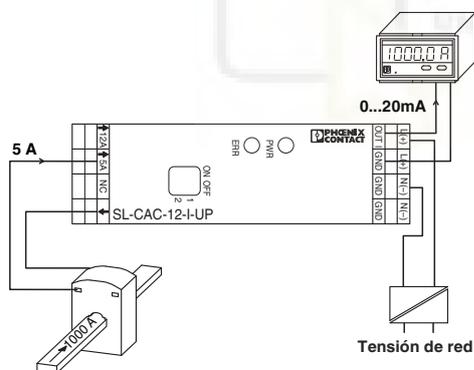
Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva CEM
Emisión de interferencias	EN 61000-6-4
Conformidad	Conformidad CE
ATEX	# II 3 G Ex nA IIC T4 Gc X

### Environmental Product Compliance

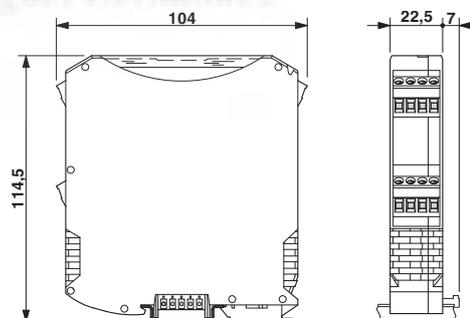
China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 50 años
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

## Dibujos

Dibujo de aplicación

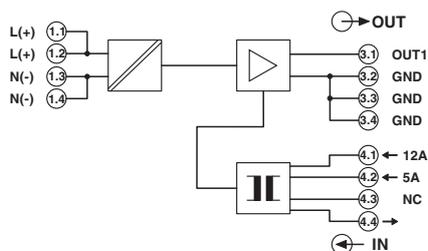


Esquema de dimensiones



### Medición de corriente

Diagrama eléctrico



# FUENTE DE ALIMENTACIÓN



Fuente de alimentación conmutada

# S8VK-G (Modelos de 15/30/60/120/240/480 W)

**Operación fiable y fácil – Válida en todo el Mundo**

**Resistente en entornos muy duros**

**Rápida y sencilla instalación**

**El diseño más compacto del mercado**

- Entrada universal para aplicaciones en todo el mundo: de 100 a 240 Vc.a. (de 85 a 264 Vc.a.)
- Puede disponer de entrada de c.c.: de 90 a 350 Vc.c.
- Posibilidad de alimentación bifásica
- Amplio rango de temperaturas de operación: de -40 a 70°C
- Función de refuerzo de potencia a 120%
- Normas de seguridad:
  - UL508/60950-1, CSA C22.2 N° 107.1/60950-1
  - ANSI 12.12.01
  - EN50178 (= VDE0160), EN60950-1 (= VDE0805).
  - Reglamentos y normas Lloyd's\*, EN60204-1 PELV
  - Seguridad de transformadores de potencia: EN61558-2-16
- Los modelos de 15 W, 30 W y 60 W cumplen las normas de salida UL Clase 2
- EMS: EN 61204 -3
- EMI: EN61204-3 Clase B
- Cumple los requisitos de RoHS



Consulte las *Precauciones de seguridad para todas la fuentes de alimentación* y las *Precauciones de seguridad* en la página 17.

# S8VK-G

## Estructura de la referencia

### Composición de la referencia

**Nota:** No todas las combinaciones son posibles. Consulte la *Lista de modelos* en *Información de pedidos* más abajo.

S8VK-   
1 2 3

#### 1. Tipos de tensión de entrada

G: Monofásica

#### 2. Rango de Potencia

015: 15 W

030: 30 W

060: 60 W

120: 120 W

240: 240 W

480: 480 W

#### 3. Tensión de salida

05: 5 V

12: 12 V

24: 24 V

48: 48 V

## Tabla de selección

**Nota:** Póngase en contacto con su representante de OMRON para obtener más detalles sobre los modelos del inventario habitual.

Potencia nominal	Tensión de entrada	Tensión de salida	Corriente de salida	Corriente de refuerzo	Número de modelo
15 W	Monofásica de 100 a 240 Vc.a. de 90 a 350 Vc.c.	5 V	3 A	3,6 A	S8VK-G01505
		12 V	1,2 A	1,44 A	S8VK-G01512
		24 V	0,65 A	0,78 A	S8VK-G01524
30 W		5 V	5 A	6 A	S8VK-G03005
		12 V	2,5 A	3 A	S8VK-G03012
		24 V	1,3 A	1,56 A	S8VK-G03024
60 W		12 V	4,5 A	5,4 A	S8VK-G06012
		24 V	2,5 A	3 A	S8VK-G06024
120 W		24 V	5 A	6 A	S8VK-G12024
240 W		24 V	10 A	12 A	S8VK-G24024
		48 V	5 A	6 A	S8VK-G24048
480 W		24 V	20 A	24 A	S8VK-G48024
	48 V	10 A	12 A	S8VK-G48048	

Elemento		Potencia nominal Tensión de salida	60 W		120 W
			12 V	24 V	24 V
Eficiencia (típico)		Entrada de 230 Vc.a.	85%	88%	89%
Entrada	Tensión*1		de 100 a 240 Vc.a., 90 a 350 Vc.c. (rango admisible: de 85 a 264 Vc.a.)		
	Frecuencia*1		50/60 Hz (47 a 450 Hz)		50/60 Hz (47 a 63 Hz)
	Corriente (típico)	Entrada de 115 Vc.a.	1,0 A	1,1 A	1,3 A
		Entrada de 230 Vc.a.	0,6 A	0,7 A	
	Factor de potencia (típico)	Entrada de 230 Vc.a.	0,46	0,45	0,94 (con PFC)
	Emisiones de corriente armónica		Conforme con EN61000-3-2		
	Corriente de fuga (típico)	Entrada de 115 Vc.a.	0,16 mA		0,24 mA
		Entrada de 230 Vc.a.	0,30 mA		0,38 mA
Corriente de irrupción (típico)*2	Entrada de 115 Vc.a.	16 A			
	Entrada de 230 Vc.a.	32 A			
Salida	Rango de ajuste de tensión*3		de -10% a 15% (con potenciómetro V.ADJ) (garantizado)		
	Fluctuación*4	a 20 MHz (típico)	150 mV	50 mV	150 mV
	Influencia de la variación de entrada		0,5% máx. (con entrada de 85 a 264 Vc.a., carga del 100%)		
	Influencia de la variación de carga (tensión nominal de entrada)		2,0% máx. (12 V), 1,5% máx. (24 V), a una carga de 0% a 100%		
	Influencia de la variación de temperatura		0,05%/°C máx.		
	Tiempo de arranque (típico)*2	Entrada de 115 Vc.a.	570 ms	650 ms	790 ms
		Entrada de 230 Vc.a.	430 ms	500 ms	750 ms
	Tiempo de retardo a la desconexión (típico)*2	Entrada de 115 Vc.a.	26 ms	25 ms	42 ms
Entrada de 230 Vc.a.		139 ms	129 ms	42 ms	
Funciones adicionales	Protección contra sobrecarga*2		de 121% a 160% de la corriente nominal de carga, (valor típico 130%)		de 121% a 160% de la corriente nominal de carga, (valor típico 125%)
	Protección contra sobretensión*2		Sí*5		
	Refuerzo de potencia		120% de la corriente nominal (consulte Datos técnicos)		
	Funcionamiento en paralelo		Sí (consulte Datos técnicos)		
	Funcionamiento en serie		Posibilidad de un máximo de dos fuentes de alimentación (con diodo externo)		
Otros	Temperatura ambiente de operación		de -40 a 70°C (consulte Datos técnicos)		
	Temperatura de almacenamiento		de -40 a 85°C		
	Humedad ambiente de funcionamiento		0% a 95% (en almacenamiento: 0% a 95%)		
	Rigidez dieléctrica (corriente de detección: 20 mA)		3,0 kVc.a. durante 1 min. (entre todas las entradas y salidas) 2,0 kVc.a. durante 1 min. (entre todas las entradas y el terminal PE) 1,0 kVc.a. durante 1 min. (entre todas las salidas y el terminal PE)		
	Resistencia de aislamiento		100 MΩ mín. (entre todas las salidas y todas las entradas/terminales PE) a 500 Vc.c.		
	Resistencia a vibraciones		de 10 a 55 Hz, 0,375 mm de amplitud durante 2 h en cada una de las direcciones X, Y y Z de 10 a 150 Hz, 0,35 mm de amplitud (5 G máx.) durante 80 minutos en cada una de las direcciones X, Y y Z		
	Resistencia a golpes		150 m/s <sup>2</sup> , 3 veces en cada una de las direcciones ±X, ±Y y ±Z		
	Indicador de salida		Sí (color: verde), iluminación del 80% al 90% o superior de la tensión nominal		
	EMI	Emisión conducida	Cumple las normas EN61204-3 EN55011 Clase B y es conforme a FCC Clase A		
		Emisión radiada	Cumple las normas EN61204-3 EN55011 Clase B		
	EMS		Cumple la norma EN61204-3, altos niveles de severidad		
	Homologaciones		Homologación UL: UL508 (Homologación, Para 60 W solo Clase 2 Salida: según UL1310) UL UR: UL60950-1 (Reconocimiento) ANSI 12.12.01 cUL: CSA C22.2 N° 107.1 (Parar 60 W solo Clase 2 Salida: según CSA C22.2 N° 223) cUR: CSA C22.2 N° 60950-1 EN/DE: EN50178 (=VDE0160), EN60950-1 (=VDE0805) Reglamentos y normas Lloyd's		
	Normas satisfechas		SELV (EN60950-1/EN50178/UL60950-1), PELV (EN60204-1, EN50178), Seguridad de transformadores de potencia (EN61558-2-16) EN50274 para piezas de terminales		
	Grado de protección		IP20 según EN/IEC60529		
	SEMI		F47-0706 (200 a 240 Vc.a.)		
	Peso		260 g		620 g

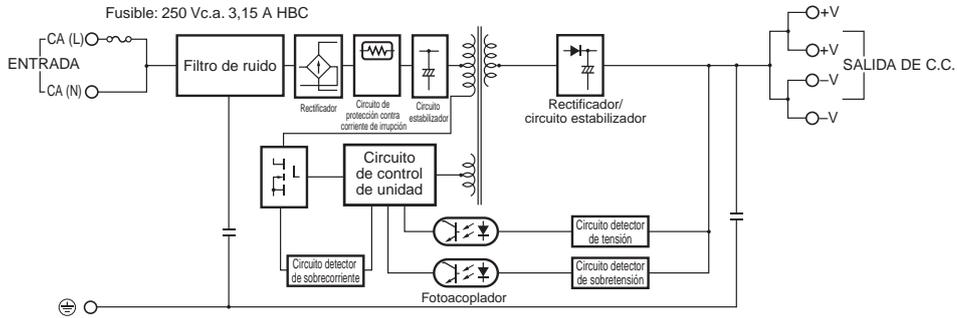
- \*1. No utilice la salida del convertidor para la fuente de alimentación. Existen convertidores de frecuencia con una frecuencia de salida de 50/60 Hz, aunque el incremento de la temperatura interna de la alimentación eléctrica puede hacer que se inflame o se quemé.
- \*2. Para arranque en frío a 25°C. Consulte *Datos técnicos* en la página 11 para obtener información detallada.
- \*3. Si se gira el potenciómetro de tensión de salida (V.ADJ), la tensión aumentará por encima del +15% del rango de ajuste de tensión. Al ajustar la tensión de salida, confirme la tensión de salida real de la fuente de alimentación y asegúrese de que la carga no resulte dañada.
- \*4. Característica cuando la temperatura ambiente de operación está en el rango de -25 a 70°C.
- \*5. Para restablecer la protección, desconecte (OFF) la fuente de alimentación durante al menos tres minutos y, seguidamente, vuelva a conectarla.

# S8VK-G

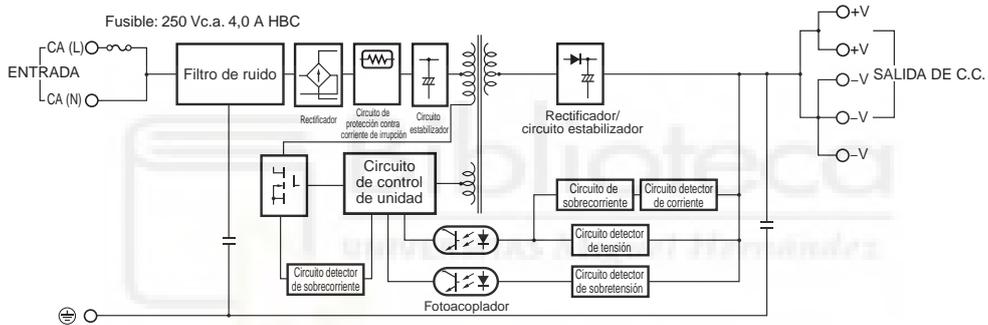
## Conexiones

### Diagramas de bloques

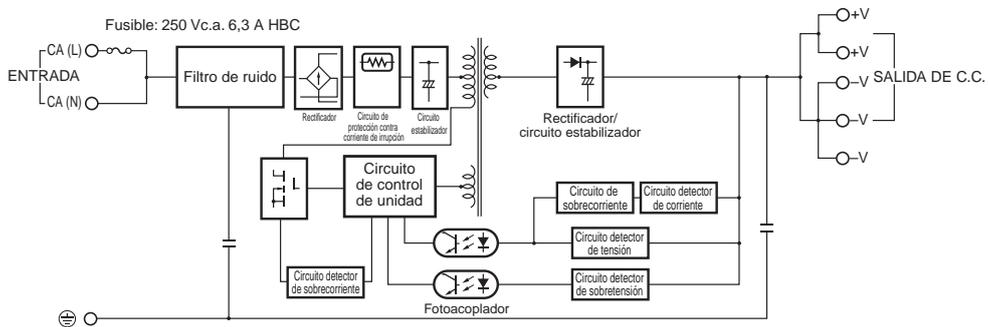
#### S8VK-G015 (15 W)



#### S8VK-G030 (30 W)



#### S8VK-G060 (60 W)



# **SENSOR TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA**



# EE210

## Humidity and Temperature Transmitter for Demanding Climate Control Applications

The EE210 transmitter by E+E Elektronik meets the highest requirements in demanding climate control applications. Besides highly accurate measurement of relative humidity and temperature, EE210 calculates dew point temperature, absolute humidity and mixing ratio.

EE210 is available as wall or duct mounted as well as with remote probe. The enclosure minimizes installation costs and provides outstanding protection against contamination and condensation. All measured and calculated values are available on the Modbus RTU interface; two of the measured and calculated values are available on the analogue voltage or current outputs, while up to three values can be shown simultaneously on the optional display.

Excellent performance of EE210 in polluted, aggressive environment is ensured by the combination of completely protective encapsulated measurement electronics inside the sensing probe and the long-term stable HCT01 sensor with E+E proprietary coating.

With an optional configuration kit the user can setup, the Modbus interface parameters, the output scaling and perform one or two point adjustment for humidity and temperature.



EE210

### Features

**Appropriate for US mounting requirements**

- » Knockout for 1/2" conduit fitting

**External mounting holes**

- » Mounting with closed cover
- » Electronics protected against construction site pollution
- » Easy and fast mounting

**Electronics on the underside of the PCB**

- » Optimum protection against mechanical damage during installation

**Bayonet Screws**

- » Open/closed with a 1/4 rotation

**Cast Electronics**

- » Mechanical protection
- » Condensation-resistant

**E+E Humidity sensor HCT01**

- » Long-term stability
- » Protected RH sensor surface
- » Protected solder pads
- » Tested according to automotive standard AEC-Q200

**Display**

- » Selectable display layout
- » Measurands freely selectable

**Smooth cover surface**

- » No accumulation of dust in protruding edges

**Watertight cable outlet**

### Applications

- agriculture
- stables, incubators, hatcheries
- green houses
- storage rooms, cooling chambers
- indoor pools
- demanding climate control

## Technical Data

### Measured Values

#### Relative Humidity

Sensor	E+E Sensor HCT01-00D	
Analog output 0...100% RH	0-5 V	-1 mA < I <sub>L</sub> < 1 mA
	0-10 V	-1 mA < I <sub>L</sub> < 1 mA
	4-20 mA (two-wire)	R <sub>L</sub> ≤ 500 Ohm
Working range	0...100% RH	
RH accuracy (incl. hysteresis, non-linearity and repeatability)		
Wall & duct version:		
-15...40°C (5...104°F) ≤90% RH	±(1.3 + 0.003*measured value) % RH	
-15...40°C (5...104°F) >90% RH	± 2.3% RH	
-40...60°C (0...140°F)	±(1.5 + 0.015*measured value) % RH	
Remote probe version		
at 20°C (68°F)	±2.5% RH	

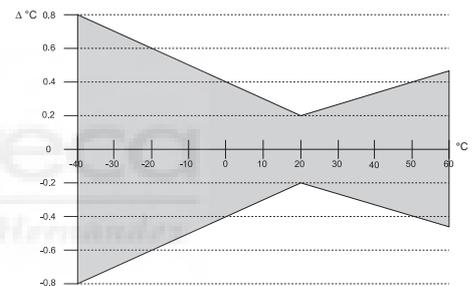
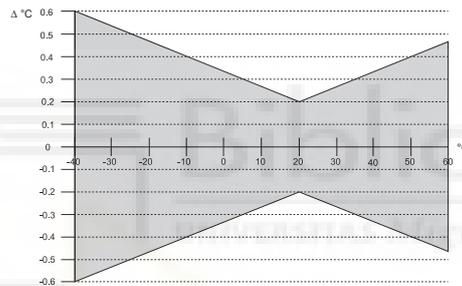
#### Temperature

Sensor	Pt1000 (tolerance class B, DIN EN 60751) integrated in HCT01	
Analog output <sup>1)</sup>	0-5 V	-1 mA < I <sub>L</sub> < 1 mA
	0-10 V	-1 mA < I <sub>L</sub> < 1 mA
	4-20 mA	R <sub>L</sub> ≤ 500 Ohm

#### T-accuracy

wall & duct

remote probe



### General

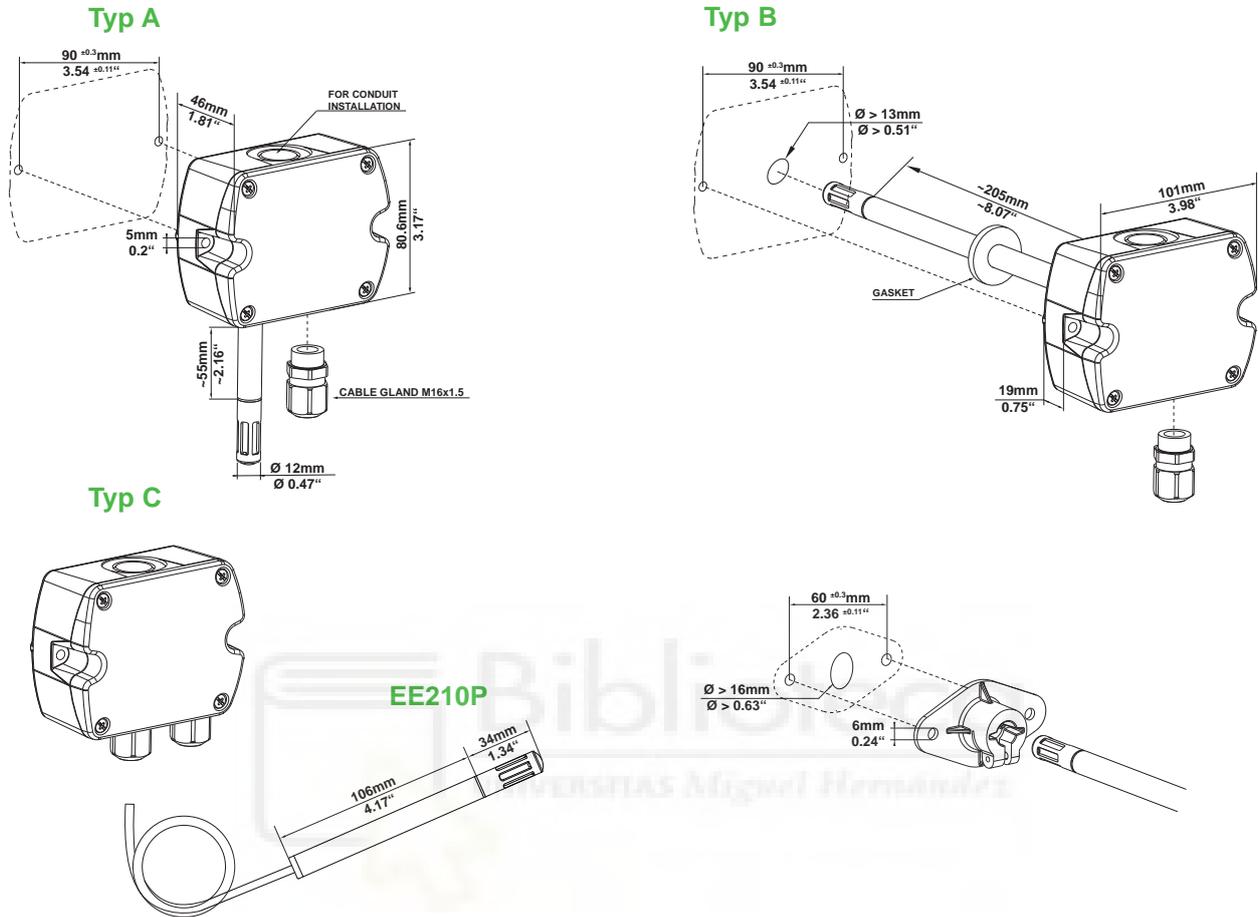
Power supply	for 0-5 V / 0-10 V	15 - 35V DC <sup>2)</sup> or 24V AC ±20%
	for 4-20 mA	10V + R <sub>L</sub> x 20 mA < V <sub>+</sub> < 30V DC
Current consumption	Voltage output	DC supply typ. 3.3mA; with display typ. 3.6mA AC supply typ. 34mA; with display typ. 37mA
	Current output	DC supply max. 40mA
	Digital interface	DC supply typ. 5mA; with display typ. 19mA AC supply typ. 52mA; with display typ. 118mA
Connection	Screw terminals, max. 1.5 mm <sup>2</sup>	
Housing material	Polycarbonate, UL94V-0 (with Display UL94HB) approved	
Protection class	IP65	
Cable gland	M16 x 1,5	
Probe cable (type C)	PVC, Ø 4.3mm, 4 x 0.25 mm <sup>2</sup>	
Sensor protection	E+E Coating	
Electromagnetic compatibility	EN61326-1 EN61326-2-3 Industrial Environment	
Temperature ranges	Operating temperature:	-40...60°C (-40...140°F)
	Storage temperature:	-40...60°C (-40...140°F)
Temperature ranges with display	Operating temperature:	-20...50°C (-4...122°F)
	Storage temperature:	-20...60°C (-4...140°F)



<sup>1)</sup> Output scaling see Ordering Guide

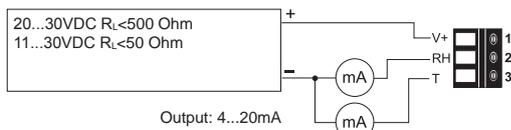
<sup>2)</sup> USA & Canada: class 2 supply required, max. supply voltage 30V

## Dimensions (mm/inch)

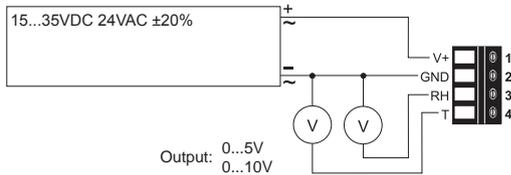


## Connection Diagram

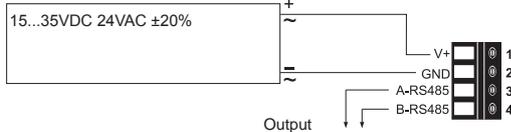
### EE210-HT6



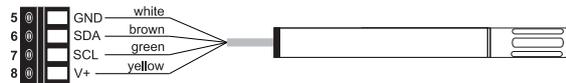
### EE210-HT3



### EE210-HTx3



### EE210P (for EE210-HT6 Type C)



## Ordering Guide

MODEL	ANALOGUE <sup>1)</sup>	DIGITAL <sup>1)</sup>	HOUSING	TYPE	DISPLAY <sup>3)</sup>	FILTER (Type A and B)
humidity + temperature (HT)	0-5V (2) 0-10V (3) 4-20mA (6) none (x)	RS485 (3) none (x)	standard (P)	wall mount (A) duct mount (B) remote probe (C) <sup>2)</sup>	display (D) none (x)	membrane (B) stainless steel sintered (D)
<b>EE210-</b>						

1) a combination of analog and digital version is not possible 2) The EE210P probe has to be ordered as separate position; for the moment available only for 4-20mA version

### Analogue outputs setup

OUTPUT 1	SCALING 1 <sup>5)</sup>	OUTPUT 2	SCALING 2 <sup>5)</sup>	UNIT
relative humidity <sup>4)</sup> (Uw)	-40...60 (002)	relative humidity <sup>4)</sup> (Uw)	-40...60 (002)	metric (M)
temperature (Tx)	-10...50 (004)	temperature (Tx)	-10...50 (004)	non-metric (N)
dew point temperature (TD)	0...50 (004)	dew point temperature (TD)	0...50 (004)	
frost point temperature (TF)	0...100 (005)	frost point temperature (TF)	0...100 (005)	
water vapour partial pressure <sup>4)</sup> (Ex)	32...122 (076)	water vapour partial pressure <sup>4)</sup> (Ex)	32...122 (076)	
mixing ratio <sup>4)</sup> (Rx)	-40...140 (084)	mixing ratio <sup>4)</sup> (Rx)	-40...140 (084)	
absolute humidity <sup>4)</sup> (DV)		absolute humidity <sup>4)</sup> (DV)		
specific enthalpy <sup>4)</sup> (Hx)		specific enthalpy <sup>4)</sup> (Hx)		

3) Factory setup:  
For analogue output versions the display shows the measurands selected for output 1 and output 2.  
For digital output versions the display shows RH and T.

4) Factory Scaling

relative humidity	0...100% RH	
water vapour partial pressure	0...200mbar	0...3psi
mixing ratio	0...425g/kg	0...2900gr/lb
absolute humidity	0...150g/m <sup>3</sup>	0...60gr/ft <sup>3</sup>
specific enthalpy	0...400kJ/kg	0...200BTU/lb

5) For Tx, TD und TF:  
other scaling upon request

### Digital output setup<sup>6)</sup>

PROTOCOL	BAUDRATE	PARITY	STOPBITS	UNIT
modbus (1)	9600 (A)	odd (O)	1 stopbit (1)	metric (M)
	19200 (B)	even (E)	2 stopbit (2)	non-metric (N)
	38400 (C)	no parity (N)		

6) Modbus Map and setup instructions:  
See User Guide and Modbus Application Note at [www.epluse.com/EE210](http://www.epluse.com/EE210)

### Remote probe for EE210 Type C:

MODEL	CABLE LENGTH	FILTER
humidity + temperature (HT)	1.5 m (C) 3 m (E)	membrane (B) stainless steel sintered (D)
<b>EE210P</b>		

## Order Examples

### Type A and B

#### EE210-HT3xPAxB-UwTx005M

Model: Humidity+Temperature Transmitter  
Analog output: 0-10V  
Housing: standard  
Type: wall mount  
Display: none  
Filter: membrane

Output scaling 1: relative humidity  
Scaling 1: 0...100% RH  
Output scaling 2: temperature  
Scaling 2: 0...100°C  
Unit: metric

### Type C

#### Position 1:

#### EE210-HT6xPCx-UwTx005M

Model: Humidity+Temperature Basic Device  
Analog output: 4-20mA  
Housing: standard  
Type: remote probe (Pos. 2)  
Display: none

Output scaling 1: relative humidity  
Scaling 1: 0...100% RH  
Output scaling 2: temperature  
Scaling 2: 0...100°C  
Unit: metric

#### Position 2:

#### EE210P-HTCB

Model: Humidity+Temperature Probe  
Cable length: 1.5 m  
Filter: membrane

## Accessories

Configurations kit consisting of:  
- Product configuration adapter  
- Product configuration software  
- Connection cable for EE-PCA

EE-PCA (data sheet EE-PCA)  
EE-PCS (free download: [www.epluse.com/EE210](http://www.epluse.com/EE210))  
HA011062