

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Simulación de sistemas autónomos condensados por  
aire en Python

Autor: Francisco Muñoz Pérez

Tutor: Juan Francisco Coronel Toro

Dpto. Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024





Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería Energética

# **Simulación de sistemas autónomos condensados por aire en Python**

Autor:

Francisco Muñoz Pérez

Tutor:

Juan Francisco Coronel Toro

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Grado: Simulación de sistemas autónomos condensados por aire en Python

Autor: Francisco Muñoz Pérez

Tutor: Juan Francisco Coronel Toro

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Sevilla, 2024



*A mi familia*

*A mis maestros*

*A mi abuela, Vicenta*



# Agradecimientos

---

Nunca hubiera sabido mi yo de hace 4 años cuando entré en esta Escuela que ahora mismo estaría escribiendo estas líneas, no por el hecho evidente de que, al final, todo lo que se empieza llega en algún momento u otro a terminar, a cerrar etapas y empezar unas nuevas sino por el hecho de que no imaginaba cuánto iba a cambiar mi forma de pensar, y de ser esta carrera. Este grado me ha puesto a prueba desde el primer día que entré por la puerta, haciéndome aprender que no siempre todo sale como uno quiere, y también a descubrir capacidades que ni yo mismo era consciente además de desarrollar un pensamiento crítico que seguramente no hubiera conseguido sino fuese a base de machacar, y aprender.

Todo esto no hubiera sido posible sin la ayuda de mis profesores, que me han ido guiando a lo largo de estos años, especialmente estos dos últimos, y sobre todo al apoyo incondicional de mi familia, que sé de sobra que me han visto en mis mejores, pero también en mis peores casi pensando si realmente esta carrera iba a ser para mí o no.

Y ya pues aquí estamos, a punto de cerrar un ciclo, para empezar uno nuevo. De aquí sólo puedo decir, que no es poco todo lo que me llevo, excelentes profesores y amigos que he conocido durante la carrera, cómo nos ayudábamos en lo que podíamos, mi participación en ARUS durante el curso 22-23 que me hizo aprender mucho más de lo que podía imaginar y en esencia todo lo que rodea a esta Escuela, que no es poco, igual como las horas que casi todos hemos echado en la facultad.

Así es, entré hace 4 años y he salido siendo una persona totalmente diferente en mi forma de pensar y razonar.



# Resumen

---

El objeto de este trabajo es el de simular un equipo autónomo de expansión directa (DX) a modo de caja negra, es decir, con unos valores de entrada, que son variables independientes, simular y calcular el equipo obteniendo diversos valores. Estas variables independientes en el caso de refrigeración son la temperatura seca y húmeda a la entrada del evaporador y la temperatura exterior. Para el caso de bomba de calor son la temperatura húmeda del aire exterior y la temperatura seca del aire interior.

Dadas estas temperaturas, se obtienen unas correlaciones de las ecuaciones (que dependen de estas temperaturas) que definen las diferentes variables que podemos obtener de la simulación las cuales son la potencia frigorífica, potencia calorífica, consumo eléctrico, EER, COP y potencia frigorífica sensible entre otras. El modelo se desarrolla mediante el lenguaje de programación Python, usando el entorno de JupyterLab.

La simulación se limita a condiciones donde la carga del equipo siempre es máxima independientemente de las temperaturas a las que se exponga, es decir no simula cuando el equipo está a carga parcial debido a la falta de información de los equipos en este estado.



# Abstract

---

The object of this work is to simulate an autonomous direct expansion (DX) device as a black box, that is, with input values, which are independent variables, simulate and calculate the device obtaining various values. These independent variables in the case of refrigeration are the dry and humid temperature at the evaporator inlet and the outside temperature. In the case of a heat pump, they are the humid temperature of the outside air and the dry temperature of the inside air.

Given these temperatures, correlations are obtained from the equations (which depend on these temperatures) that define the different variables that we can obtain from the simulation, which are the cooling power, heating power, electrical consumption, EER, COP and sensible cooling power between others. The model is developed using the Python programming language, using the JupyterLab environment.

The simulation is limited to conditions where the equipment load is always maximum regardless of the temperatures to which it is exposed, that is, it does not simulate when the equipment is at partial load due to the lack of information about the equipment in this state.

-translation by google-

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice</b>	<b>xiv</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xvi</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xviii</b>
<b>Notación</b>	<b>xx</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Objetivos y alcance del proyecto</i>	1
1.2 <i>Resumen de capítulos</i>	1
<b>2 Descripción del modelo</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Ecuaciones que modelan el Sistema</i>	3
2.1.1 Cálculo de $Q_f$	4
2.1.2 Cálculo de $W_e$	4
2.1.3 Cálculo de $Q_{fs}$	4
2.1.4 Cálculo de la Temperatura de ADP ( $T_{ADP}$ )	5
2.1.5 Cálculo del Factor de Bypass (FB)	6
2.1.6 Cálculo de $Q_c$	8
2.1.7 Cálculo de $W_c$	8
2.1.8 Cálculo de los coeficientes	8
<b>3 Ejemplo de aplicación y análisis de sensibilidad</b>	<b>9</b>
3.1 <i>Curvas modo Refrigeración</i>	10
3.1.1 Potencia Frigorífica	10
3.1.2 Consumo eléctrico modo refrigeración (Compresor)	11
3.1.3 Potencia Frigorífica Sensible	12
3.1.4 SHR	15
3.1.5 EER	16
3.2 <i>Curvas <math>T_{ADP}</math>, FB y evolución diagrama Psicrométrico (Refrigeración)</i>	16
3.2.1 $T_{ADP}$	16
3.2.2 FB	17
3.2.3 Casos estudiados en diagrama Psicrométrico	17
3.3 <i>Curvas modo Calefacción</i>	19

3.3.1	Potencia Calorífica	19
3.3.2	Consumo eléctrico modo calefacción (Compresor)	20
3.3.3	COP	21
<b>4</b>	<b>Estructura y uso del software</b>	<b>23</b>
4.1	<i>Datos de Entrada</i>	23
4.2	<i>Obtención de resultados</i>	25
4.3	<i>Guía rápida de usuario del programa</i>	28
<b>5</b>	<b>Otras formas de cálculo de We</b>	<b>29</b>
5.1	<i>Cálculo de We a partir del EER</i>	29
5.2	<i>Cálculo de We (BdC) a partir del COP</i>	30
5.3	<i>Cálculo de <math>Q_{fs}</math> a partir del FCS</i>	31
<b>6</b>	<b>Conclusiones y futuro desarrollo</b>	<b>33</b>
6.1	<i>Futuros desarrollos</i>	33
	<b>Referencias</b>	<b>35</b>
	<b>Anexos</b>	<b>37</b>
ANEXO	<i>1: Códigos del programa</i>	37
ANEXO	<i>2: Catálogo del fabricante</i>	55

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 3-1. Coeficientes $Q_f$	10
Tabla 3-2. Coeficientes $W_e$	12
Tabla 3-3. Coeficientes $Q_{fs}$	12
Tabla 3-4. Coeficientes $Q_e$	19
Tabla 3-5. Coeficientes $W_e$ (BdC)	21



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2-1. Esquema sistema autónomo aire-aire [3]	3
Figura 2-2. $T_{ADP}$ en diagrama psicrométrico	6
Figura 2-3. FB en diagrama psicrométrico	7
Figura 3-1. Datos del catálogo	9
Figura 3-2. Ajuste $Q_f$	10
Figura 3-3. $Q_f$ para distintos valores de $T_c$ y $T_{wb}$ ( $T_{wb, int}$ )	11
Figura 3-4. Ajuste $We$ (refrigeración)	11
Figura 3-5. $We$ para distintos valores de $T_c$ y $T_{wb}$	12
Figura 3-6. Ajuste SHC	13
Figura 3-7. SHC con $T_c = 25\text{ °C}$	13
Figura 3-8. SHC con $T_c = 30\text{ °C}$	13
Figura 3-11. SHC con $T_c = 46\text{ °C}$	14
Figura 3-9. SHC con $T_c = 35\text{ °C}$	14
Figura 3-10. SHC con $T_c = 40\text{ °C}$	14
Figura 3-12. Evolución temperaturas cuando $Q_s=Q_f$	14
Figura 3-13. SHR con $T_c = 25\text{ °C}$	15
Figura 3-14. SHR con $T_c = 30\text{ °C}$	15
Figura 3-15. SHR con $T_c = 40\text{ °C}$	15
Figura 3-16. SHR con $T_c = 35\text{ °C}$	15
Figura 3-17. SHR con $T_c = 46\text{ °C}$	15
Figura 3-18. EER	16
Figura 3-19. $T_{ADP}$	16
Figura 3-20. Factor de Bypass	17
Figura 3-21. $T_c$ valor constante	17
Figura 3-22. $T_c$ , $T_{wb}$ valor constante	18
Figura 3-23. $T_{db}$ constante, $T_{wb}$ varía	18
Figura 3-24. Ajuste $Q_c$	19
Figura 3-25. $Q_c$ para distintos valores de $T_{wb}$ y $T_{db}$	20
Figura 3-26. Ajuste $We$ (BdC)	20

Figura 3-27. We para distintos valores de Twb y Tdb	21
Figura 3-28. COP	21
Figura 4-1. Datos de entrada de la 50UZ 016	23
Figura 4-2. Datos a leer	24
Figura 4-3. Factores de corrección por caudal	24
Figura 4-4. Datos de caudal introducidos (Modo frío)	24
Figura 4-5. Datos del manual de ASHRAE	25
Figura 4-6. Ejemplo de cálculo	26
Figura 4-7. T <sub>ADP</sub> calculado	26
Figura 4-8. T <sub>c</sub> = 35°C, Twb = 19.4°C	27
Figura 4-9. T <sub>c</sub> = 35°C, Twb = 15°C	27
Figura 4-10. T <sub>c</sub> = 35°C, Twb = 21.7°C	27
Figura 4-11. T <sub>c</sub> = 48°C, Twb = 19.4°C	28
Figura 4-12. Datos de entrada para empezar a simular	28
Figura 5-1. Ajuste We por EER	29
Figura 5-2. Ajuste We por COP	30
Figura 5-3. Ajuste Q <sub>fs</sub> por FCS	32

# Notación

---

a.s.	Aire Seco
BdC	Bomba de Calor
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
COP	Coefficient Of Performance
■	Como queríamos demostrar
e.o.c.	En cualquier otro caso
EER	Energy Efficiency Ratio
FB	Factor de Bypass
HR	Humedad relativa del aire (valor entre 0 y 1)
$Q_c$	Potencia calorífica total (BdC)
$Q_f$	Potencia frigorífica total
SHC	Sensible Heat Capacity
SHR	Sensible Heat Ratio
$T_{ADP}$	Temperatura de ADP
$T_c$	Temperatura seca del aire exterior
$T_{db, int}$	Temperatura seca interior
$T_{wb, int}$	Temperatura húmeda interior
$T_{wb, ext}$	Temperatura húmeda exterior
We	Consumo Eléctrico
MSE	Minimum square error
$\omega_{in}$	Humedad del aire a la entrada del evaporador
$\omega_{out}$	Humedad del aire a la salida del evaporador
:	Tal que
<	Menor o igual
>	Mayor o igual
↔	Si y sólo si

# 1 INTRODUCCIÓN

---

*Los dos días más importantes de tu vida son el día que naces y el día que descubres para qué.*

*- Mark Twain -*

**H**oy en día con el avance de las tecnologías cada vez se diseñan y crean más y mejores modelos digitales de simulación, debido al ahorro de costes y de tiempo que supone a la hora de iniciar un nuevo proyecto, sea cual sea su naturaleza.

## 1.1 Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo de este proyecto es el de modelar un sistema autónomo capaz de simular cargas frigoríficas y consumos en función de sus variables reales de funcionamiento las cuales son la temperatura seca y húmeda del aire a la entrada del evaporador y la temperatura exterior en el modo refrigeración; o la temperatura seca del aire interior y la temperatura húmeda del aire exterior en el modo BdC. Este modelo no pretende entrar en detalle componente a componente de la máquina sino simular a modo de caja negra, es decir, mi modelo que depende de unas variables de entrada, al imponer esas variables, me devuelve resultados tales como la  $Q_f$ , el consumo eléctrico etc.

Es por ello por lo que he diseñado este modelo de simulación, que se centra únicamente en la máquina autónoma que genera el frío necesario en las condiciones favorables para las personas para cualquier instalación edificio o vivienda. También se considera el funcionamiento en modo BdC.

En concreto los datos que he usado para elaborar mi modelo y verificar su validez son los proporcionados por el fabricante Carrier®, el modelo en cuestión es el rooftop 50UZ 016 pero como veremos más adelante el modelo se puede usar para simular cualquier máquina, siempre y cuando se dispongan de datos de esta.

Cabe destacar que en esta simulación no se simula el comportamiento de la máquina a carga parcial debido a que no se disponen de datos para elaborar una correlación de los mismos por lo que todos los valores calculados son a carga máxima, en función de la temperatura y caudal de aire que esté impuesto.

## 1.2 Resumen de capítulos

En resumen, el proyecto se divide en varias partes:

En el punto 2 se aborda la explicación de las ecuaciones que rigen el funcionamiento del modelo, y cómo es el mencionado proceso de convertir algo complejo como puede ser un sistema autónomo en un modelo que depende de ecuaciones y modificadores cuando no se está en condiciones nominales.

El punto 3 trata sobre el análisis de los resultados obtenidos en la simulación de la ya mencionada máquina y de cómo estos resultados se ajustan a la realidad. Asimismo, se analiza la influencia de las temperaturas

(variables de entrada) en el funcionamiento y rendimiento de la máquina.

La motivación del punto 4 es, a modo de manual, comprender y saber interpretar los resultados del código, cómo hay que establecer los datos de entrada y consideraciones a tener en cuenta para evitar errores de compilación.

En el punto 5 se analiza otras posibilidades de cálculo de algunas de las variables del programa diseñado diferentes de las vistas en el punto 2.

El punto 6 son futuros desarrollos y trabajos que se podrían hacer en base al modelo desarrollado para mejorarlo y se puedan simular en más escenarios como por ejemplo cuando la máquina opera en carga parcial.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

*La vida es y seguirá siendo una ecuación sin solución,  
pero contiene algunos factores conocidos.*

*- Nikola Tesla -*

El modelo se ha diseñado íntegramente usando el entorno de JupyterLab y con el lenguaje de programación Python.

Las ecuaciones de comportamiento del sistema y cómo hay que proceder a la hora de crear una simulación se han basado del manual de EnergyPlus [1] y de un estudio [2] que también se basaba en el mismo manual, adaptándolas en mi caso a mi modelo y obviando detalles muy puntuales que a la práctica no son esenciales en la comprensión del modelo y si son difíciles de reproducir, haciendo necesario el uso de más datos de los cuales no se disponen.

### 2.1. Ecuaciones que modelan el Sistema

Con un breve esquema podremos entender mejor el sistema a simular:

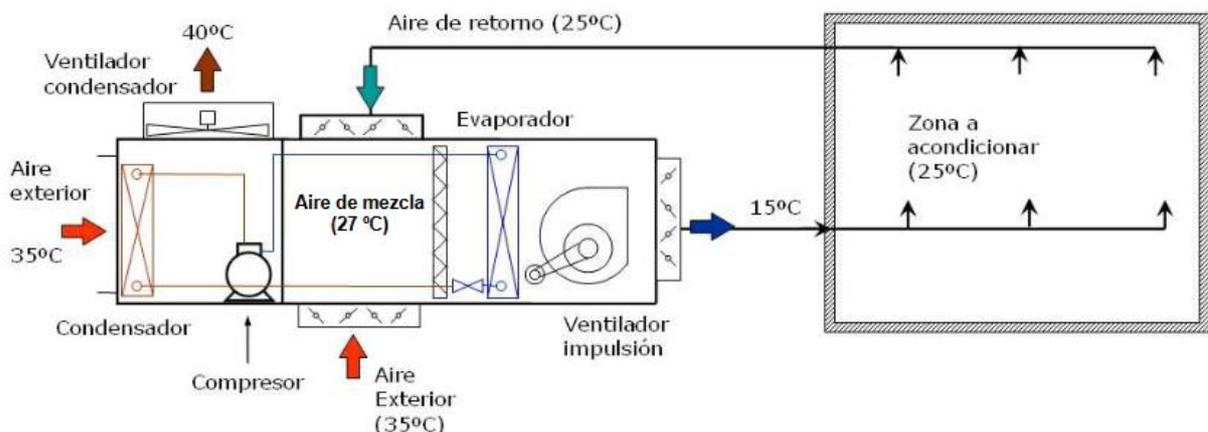


Figura 2-1. Esquema sistema autónomo aire-aire [3]

Según el dibujo, las variables que vamos a usar son la temperatura del aire exterior, ( $T_c = 35^\circ\text{C}$  en el esquema), temperatura seca interior ( $T_{db, int} = 27^\circ\text{C}$  en el esquema) y la temperatura húmeda interior ( $T_{wb, int}$ ); estas dos últimas referidas a la entrada del evaporador.

De forma general según la documentación de EnergyPlus [1] la ecuaciones que modelan el sistema autónomo

son las que se exponen a continuación:

### 2.1.1 Cálculo de $Q_f$

Para el cálculo de  $Q_f$  (total, sensible + latente) se procede tal y como sigue en la ecuación

$$Q_f = Q_{fn} \cdot Mod_{T,Qf} \cdot Mod_{F,Qf} \quad (2-1)$$

siendo:

$Q_{fn}$  la potencia frigorífica nominal (Condiciones nominales a la entrada del evaporador  $T_{db, int} = 27^\circ\text{C}$ ,  $T_{wb, int} = 19^\circ\text{C}$  y  $T_c = 35^\circ\text{C}$ ).

$Mod_{T,Qf}$  el modificador de la  $Q_f$  cuando estamos en condiciones de temperatura distintas a las nominales.

$Mod_{F,Qf}$  el modificador de la  $Q_f$  cuando el caudal de aire en el ventilador del evaporador es diferente al nominal.

Las ecuaciones de estos modificadores son ecuaciones bicuadráticas para el caso del modificador de temperatura y cuadráticas para el caso de los de caudal y se definen así:

$$Mod_{T,Qf} = cc_1 + cc_2 \cdot T_c + cc_3 \cdot T_c^2 + cc_4 \cdot T_{wb, int} + cc_5 \cdot T_{wb, int}^2 + cc_6 \cdot T_c \cdot T_{wb, int} \quad (2-2)$$

$$Mod_{F,Qf} = cc_7 + cc_8 \cdot F_{caudal} + cc_9 \cdot F_{caudal}^2 \quad (2-3)$$

Siendo  $cc_1$  hasta  $cc_6$  los coeficientes calculados de la regresión no lineal para los modificadores de temperatura para el cálculo de la potencia frigorífica actual ( $Q_f$ ) y los coeficientes  $cc_7$  hasta  $cc_9$  los coeficientes para el modificador de caudal.  $F_{caudal}$  es el caudal con el que opera el equipo dividido entre el caudal nominal.  $T_c$  es la temperatura exterior del aire, la temperatura seca de entrada al condensador, y  $T_{wb, int}$  la temperatura húmeda del aire a la entrada del evaporador.

### 2.1.2 Cálculo de $W_e$

El consumo eléctrico del compresor se hace de forma similar que en el apartado anterior

$$W_e = W_n \cdot Mod_{T,W} \cdot Mod_{F,W} \quad (2-4)$$

siendo:

$W_n$  el consumo eléctrico nominal del compresor (Condiciones nominales a la entrada del evaporador  $T_{db, int} = 27^\circ\text{C}$ ,  $T_{wb, int} = 19^\circ\text{C}$  y  $T_c = 35^\circ\text{C}$ ).

$Mod_{T,W}$  el modificador del consumo cuando estamos en condiciones de temperatura distintas a las nominales.

$Mod_{F,W}$  el modificador del consumo cuando el caudal de aire en el ventilador del evaporador es diferente al nominal.

Las ecuaciones son similares a las del apartado anterior

$$Mod_{T,W} = ce_1 + ce_2 \cdot T_c + ce_3 \cdot T_c^2 + ce_4 \cdot T_{wb, int} + ce_5 \cdot T_{wb, int}^2 + ce_6 \cdot T_c \cdot T_{wb, int} \quad (2-5)$$

$$Mod_{F,W} = ce_7 + ce_8 \cdot F_{caudal} + ce_9 \cdot F_{caudal}^2 \quad (2-6)$$

siendo  $ce_1$  hasta  $ce_6$  los coeficientes calculados de la regresión no lineal para los modificadores de temperatura para el cálculo del consumo eléctrico actual ( $W_e$ ) y los coeficientes  $ce_7$  hasta  $ce_9$  los coeficientes para el modificador de caudal.

### 2.1.3 Cálculo de $Q_{fs}$

En el cálculo de la capacidad frigorífica sensible,  $Q_{fs}$ , (SHC en inglés) se sigue la misma filosofía sólo que con

el detalle de que intervienen 3 temperaturas (variables a introducir en el programa) en vez de 2 ya que es necesario conocer  $T_{db, int}$  a la entrada del evaporador además de  $T_{wb, int}$  y  $T_c$  por lo tanto las ecuaciones son las siguientes:

$$Q_{fs} = Q_{fsn} \cdot Mod_{T,Qfs} \cdot Mod_{F,Qfs} \quad (2-7)$$

$$Mod_{T,Qfs} = a_0 + a_1 \cdot T_{db,int} + a_2 \cdot T_{db,int}^2 + a_3 \cdot T_{wb,int} + a_4 \cdot T_{wb,int}^2 + a_5 \cdot T_{db,int} \cdot T_{wb,int} + a_6 \cdot T_c + a_7 \cdot T_c^2 + a_8 \cdot T_{db,int} \cdot T_c + a_9 T_{wb,int} \cdot T_c \quad (2-8)$$

$$Mod_{F,Qfs} = a_{10} + a_{11} \cdot F_{caudal} + a_{12} \cdot F_{caudal}^2 \quad (2-9)$$

siendo:

$Q_{fsn}$  la capacidad frigorífica sensible nominal (Condiciones nominales a la entrada del evaporador

$T_{db, int} = 27^\circ\text{C}$ ,  $T_{wb, int} = 19^\circ\text{C}$  y  $T_c = 35^\circ\text{C}$ ).

$Mod_{T,Qfs}$  el modificador de la  $Q_{fs}$  cuando estamos en condiciones de temperatura distintas a las nominales.

$Mod_{F,Qfs}$  el modificador de la  $Q_{fs}$  cuando el caudal de aire en el ventilador del evaporador es diferente al nominal.

De la misma manera los coeficientes desde  $a_0$  hasta  $a_9$  son los calculados con la regresión no lineal que se explicarán más adelante; e igualmente con los coeficientes desde  $a_{10}$  hasta  $a_{12}$ .

### 2.1.3.1 FCS

El factor de calor sensible, FCS, (SHR en inglés) es un número entre 0 y 1 que nos dice de una forma rápida cuánto calor se está intercambiando en forma sensible respecto al calor total. Su cálculo es sencillo, simplemente es:

$$FCS = \frac{Q_{fs}}{Q_f} \quad (2-10)$$

## 2.1.4 Cálculo de la Temperatura de ADP ( $T_{ADP}$ )

La Temperatura de ADP (Apparatus Dew Point) nos da una idea de a qué temperatura están los tubos del evaporador, ya que en ellos se condensa la humedad del aire en su superficie exterior, y es el punto de corte entre la prolongación de la línea que une los puntos de entrada y salida del aire en el evaporador, y la línea de saturación del aire en el diagrama psicrométrico.

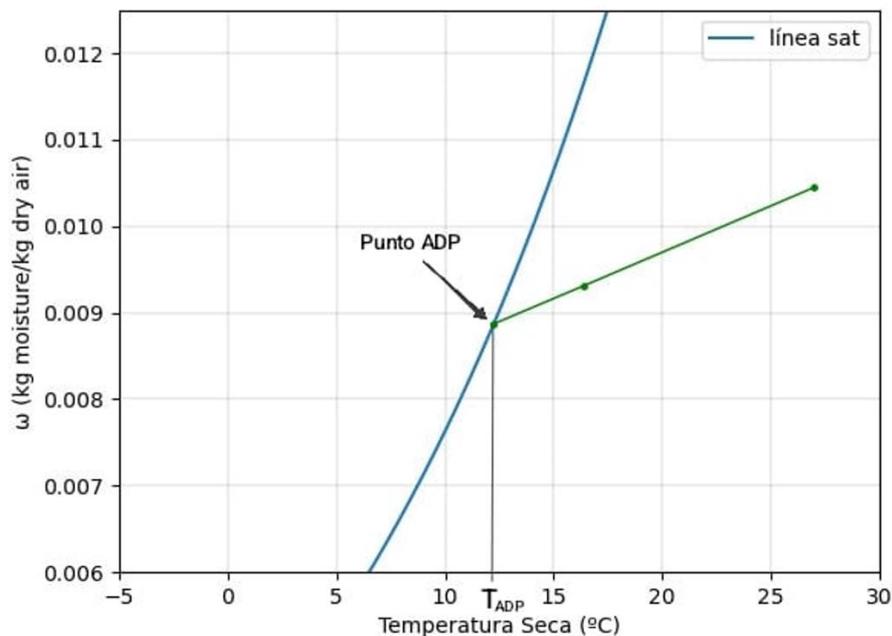


Figura 2-2.  $T_{ADP}$  en diagrama psicrométrico

En este sentido, al estar los 3 puntos alineados en una línea recta podemos decir que:

$$\frac{Tdb_{coil,in} - Tdb_{coil,out}}{Tdb_{coil,in} - T_{ADP}} = \frac{\omega_{in} - \omega_{out}}{\omega_{in} - \omega_{ADP}} \quad (2-11)$$

Siendo  $Tdb_{coil,in}$  la temperatura seca a la entrada del evaporador ( $=T_{db,int}$ ) y  $Tdb_{coil,out}$  la temperatura seca a la salida del evaporador. Por lo que podemos calcular  $T_{ADP}$  pero en dicha ecuación hay dos incógnitas,  $T_{ADP}$  y  $\omega_{ADP}$  (humedad de aire saturado en el punto de ADP) por lo que nos falta 1 ecuación para poder resolver el sistema que sería,

$$\omega_{ADP} = \omega(T_{ADP}, HR, P) \quad (2-12)$$

en donde  $HR=1$  y  $P$  es la presión atmosférica.

Es decir, esta ecuación lo que nos dice es que la humedad en el punto de ADP es justamente la humedad del aire saturado a la temperatura de ADP por lo que esa ecuación debe de cumplirse. Es la ecuación que hace falta en el proceso iterativo resolutivo que ejecuta la función `fsolve` de Python. Dicha función es importada de la librería `Scipy`® en la subsección de optimización de ecuaciones (`scipy.optimize`) [4]. Esta librería es la que también se usa para el cálculo de los coeficientes de las previas, y posteriores, ecuaciones.

La humedad dadas la temperatura seca, humedad y presión se calcula con la librería `Psychrolib` [5] existente en Python. Con esta librería podemos calcular todas las propiedades termodinámicas del aire, que se necesitan en el programa y en las ecuaciones que definen el modelo.

### 2.1.5 Cálculo del Factor de Bypass (FB)

El Factor de Bypass como concepto se define como la fracción del aire que no se enfría en el evaporador y atraviesa el mismo como si éste no existiese. Es decir es lo máximo que se podría enfriar el aire en la salida del evaporador (que es la  $T_{ADP}$ ).

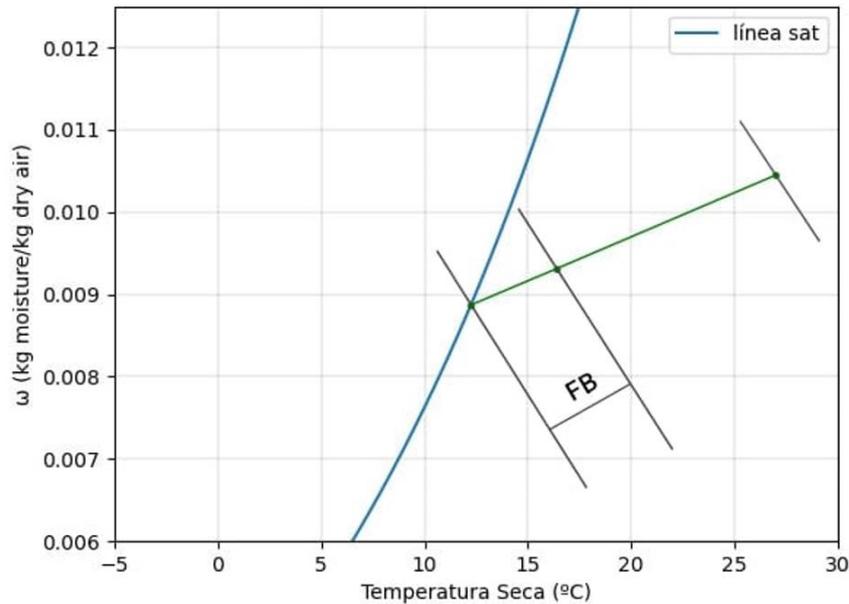


Figura 2-3. FB en diagrama psicrométrico

El cálculo es una diferencia de entalpías que relaciona los 3 puntos (entrada, salida y ADP).

$$FB = \frac{h_{air,out} - h_{ADP}}{h_{air,out} - h_{air,in}} \tag{2-13}$$

Siendo:

$h_{air,in}$ ,  $h_{air,out}$  la entalpía específica del aire a la entrada y salida del aire en el evaporador respectivamente calculadas con la librería Psychrolib [5] e igual con  $h_{ADP}$ .

En el punto de entrada tenemos los datos para calcular la entalpía (Temperatura seca y húmeda ya que son los datos que necesitamos introducir en el programa diseñado, además de  $T_c$ , para todos los cálculos de la simulación, se explica con detalle en el punto 4 del proyecto), entonces para calcular la entalpía a la salida necesitamos  $T_{db,coil,out}$  y  $\omega_{out}$  en kg/kg a.s. por lo que siguiendo las ecuaciones descritas en la página 834 de Energy Plus [1] se procede así:

Primero debemos calcular la entalpía total a la salida teniendo en cuenta la carga frigorífica simulada en unas condiciones dadas dicha entalpía responde a la siguiente ecuación

$$h_{air,out} = h_{air,in} - \frac{Q_f(W)}{m} \tag{2-14}$$

Ya que trabajamos con entalpías específicas debemos dividir la  $Q_f$  entre en caudal másico de aire ( $m$ , en kg/s) que se calcula multiplicando el caudal de aire que tenemos (l/s) por la densidad del aire a la entrada del evaporador, teniendo en cuenta los cambios de unidades.

Después siguiendo el manual calculamos la entalpía del aire a la temperatura de entrada y humedad a la salida, esto lo hacemos con el factor de calor sensible

$$h_{Tdb\ in,\omega\ out} = h_{air,in} - (1 - SHR) \frac{Q_f(W)}{m} \tag{2-15}$$

Al calcular esta entalpía, podemos calcular la humedad absoluta del aire a la salida con dicha entalpía y la temperatura seca a la entrada.

Teniendo la humedad a la salida, igualmente calculamos la temperatura seca a la salida con dicha humedad y con la entalpía total a la salida  $h_{air,out}$  calculada previamente. Esta temperatura nos hizo falta para el cálculo del ADP en la ecuación (2-11).

### 2.1.6 Cálculo de $Q_c$

En el funcionamiento en modo Bdc hay que tener en cuenta que todo el calor se intercambia en forma sensible ya que el aire se calienta a su paso por el condensador (en este caso al invertir el ciclo el condensador sería la unidad interior) y las temperaturas, que son mis variables en el programa que calcula tanto  $Q_c$  (potencia calorífica total) como  $W_c$  (consumo eléctrico en modo Bdc), en este caso son la  $T_{wb, ext}$  del aire exterior ( $T_{wb, ext}$ ) y la  $T_{db, int}$  del aire interior ( $T_{db, int}$ ).

Las ecuaciones son similares a las del apartado donde se calcula  $Q_f$ , cambiando las temperaturas por las que se acaban de describir y con unos coeficientes diferentes adaptados a las condiciones de Bdc.

$$Q_c = Q_{cn} \cdot Mod_{T, Q_c} \cdot Mod_{F, Q_c} \quad (2-16)$$

$$Mod_{T, Q_c} = c_1 + c_2 \cdot T_{wb, ext} + c_3 \cdot T_{wb, ext}^2 + c_4 \cdot T_{db, int} + c_5 \cdot T_{db, int}^2 + c_6 \cdot T_{wb, ext} \cdot T_{db, int} \quad (2-17)$$

$$Mod_{F, Q_c} = c_7 + c_8 \cdot F_{caudal} + c_9 \cdot F_{caudal}^2 \quad (2-18)$$

siendo:

$Q_{cn}$  la potencia calorífica nominal (Condiciones nominales en Bdc,  $T_{wb, ext} = 6^\circ\text{C}$ ,  $T_{db, int} = 20^\circ\text{C}$ ).

$Mod_{T, Q_c}$  el modificador de la  $Q_c$  cuando estamos en condiciones de temperatura distintas a las nominales.

$Mod_{F, Q_c}$  el modificador de la  $Q_c$  cuando el caudal de aire en el ventilador del evaporador es diferente al nominal, en este caso de estudio el valor calculado es de 1 porque trabajamos con el caudal nominal de aire del ventilador. Si no estuviésemos en ese punto se corregiría con este modificador.

### 2.1.7 Cálculo de $W_c$

De igual forma, al calcular el consumo eléctrico en modo Bdc ( $W_c$ ) se adopta una forma similar a la del apartado 2.1.2 pero cambiando las temperaturas y con diferentes coeficientes.

$$W_c = W_{cn} \cdot Mod_{T, W_c} \cdot Mod_{F, W_c} \quad (2-19)$$

$$Mod_{T, W_c} = c_1 + c_2 \cdot T_{wb, ext} + c_3 \cdot T_{wb, ext}^2 + c_4 \cdot T_{db, int} + c_5 \cdot T_{db, int}^2 + c_6 \cdot T_{wb, ext} \cdot T_{db, int} \quad (2-20)$$

$$Mod_{F, W_c} = c_7 + c_8 \cdot F_{caudal} + c_9 \cdot F_{caudal}^2 \quad (2-21)$$

siendo:

$W_{cn}$  el consumo eléctrico nominal del compresor (Condiciones nominales en Bdc,  $T_{wb, ext} = 6^\circ\text{C}$ ,  $T_{db, int} = 20^\circ\text{C}$ ).

$Mod_{T, W_c}$  el modificador del consumo cuando estamos en condiciones de temperatura distintas a las nominales.

$Mod_{F, W_c}$  el modificador del consumo cuando el caudal de aire en el ventilador del evaporador es diferente al nominal.

### 2.1.8 Cálculo de los coeficientes

En el cálculo de los coeficientes se hace mediante un ajuste con una regresión no lineal ya que en las variables que involucran las ecuaciones de modificador por temperatura existen términos donde se multiplican las variables independientes entre sí.

Dicha regresión se calcula mediante la función 'curve\_fit' de la librería scipy.optimize [4] donde se define la ecuación, las variables que involucra y de las que depende y da como resultado los mencionados coeficientes de las ecuaciones vistas.

# 3 EJEMPLO DE APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

*Si una persona es perseverante, aunque sea dura de entendimiento, se hará inteligente; y aunque sea débil se transformará en fuerte.*

*- Leonardo da Vinci -*

Definido ya el modelo, en este apartado se estudian diversas curvas simuladas con el mismo programa creado donde se estudia su fiabilidad y validez comparando con los datos reales de los que se disponen en un principio. Todas las curvas mostradas son calculadas basándose en los datos del catálogo del rooftop modelo 50UZ 016 del fabricante Carrier®.

50UZ 016 - Caudal de aire 2528 l/s							
Ewb °C	Edb °C		Temperatura seca de aire exterior °C				
			25	30	35	40	46
15	CAP		41,50	38,18	34,71	31,44	27,92
		kW	10,91	11,42	12,03	12,96	14,70
	19	SHC	23,95	22,94	21,83	21,13	20,58
	21	SHC	28,12	27,01	27,12	25,35	24,65
	23	SHC	32,65	31,59	30,54	29,83	29,18
	25	SHC	37,93	33,50	34,66	31,39	27,87
17	CAP		43,97	40,65	37,58	34,81	30,99
		kW	11,01	11,68	12,29	13,42	14,95
	21	SHC	24,55	23,54	22,44	21,73	21,18
	23	SHC	28,73	27,72	26,71	25,96	25,25
	25	SHC	33,25	32,20	31,14	30,44	29,78
	27	SHC	38,53	37,13	36,27	34,76	30,94
19	CAP		46,99	43,82	41,00	37,88	34,26
		kW	11,32	11,88	12,67	13,57	15,11
	23	SHC	25,15	24,15	23,04	22,34	21,78
	25	SHC	29,33	28,32	27,32	26,56	25,86
	27	SHC	33,86	32,80	31,74	31,04	30,39
	29	SHC	39,14	37,73	36,87	36,27	34,81
21	CAP		50,16	46,73	43,57	40,90	37,43
		kW	11,42	11,98	12,75	13,52	15,21
	25	SHC	25,76	24,75	23,64	22,94	22,39
	27	SHC	29,93	28,93	27,92	27,17	26,46
	29	SHC	34,46	33,40	32,35	31,64	30,99
	31	SHC	39,74	38,33	37,48	36,87	35,42

Figura 3-1. Datos del catálogo

Los datos así se representan en el mismo catálogo. Ewb es la temperatura húmeda a la entrada del evaporador, Edb la temperatura seca a la entrada del evaporador, CAP es la  $Q_f$ , kW el consumo eléctrico del compresor y SHC la potencia frigorífica sensible cuando se tiene una Edb dada, por eso hay varios valores en el catálogo según esa temperatura. Por tanto, por ejemplo, para 19°C de Ewb, 27°C de Edb y 35°C de temperatura exterior tendríamos CAP = 41 kW, consumo eléctrico = 12.67 kW y SHC = 31.74 kW.

### 3.1 Curvas modo Refrigeración

Para obtener estas curvas en vez de ir punto por punto sustituyendo temperaturas en el programa y calculando manualmente, usamos la librería PANDAS<sup>®</sup> (Python ANálisis DAta Software) para leer los valores escritos en una hoja de cálculo Excel y representando las gráficas con la librería matplotlib<sup>®</sup>. En este caso de estudio trabajamos con el caudal nominal de aire del ventilador.

#### 3.1.1 Potencia Frigorífica

Primero calculamos el error cuadrático medio para ver la precisión que tenemos a la hora de calcular y cuánta desviación se alcanza respecto a los datos reales (tomando como reales los datos leídos de catálogo).

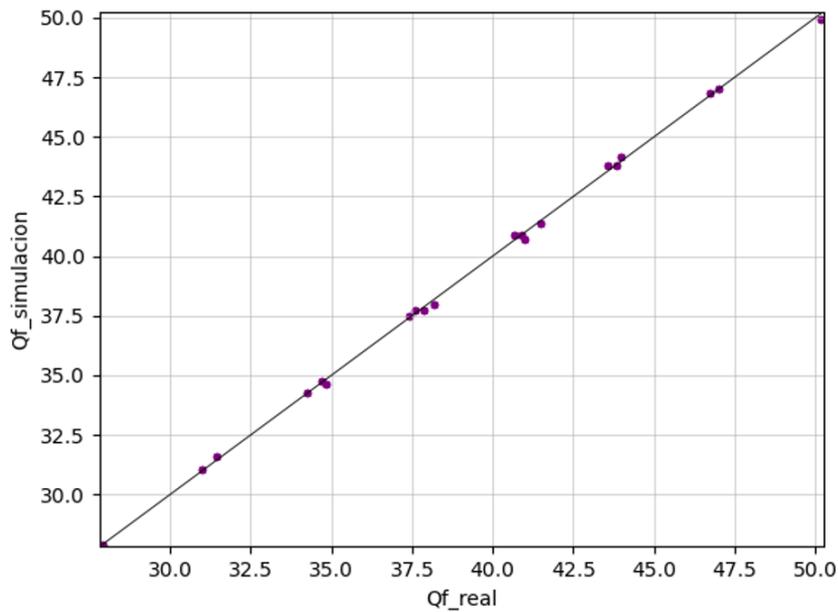


Figura 3-2. Ajuste Q<sub>f</sub>

El ajuste es relativamente bueno obteniendo un error cuadrático medio (MSE) de 0.022 lo que se traduce en una desviación respecto a los valores reales de 0.148 kW y el coeficiente de correlación de Pearson calculado es  $R^2 = 0.99966$ .

El valor de los coeficientes calculados se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3-1. Coeficientes Q<sub>f</sub>

cc <sub>1</sub>	$1.06209804 \times 10^0$
cc <sub>2</sub>	$-2.20226179 \times 10^{-2}$
cc <sub>3</sub>	$4.94433796 \times 10^{-5}$
cc <sub>4</sub>	$2.35962820 \times 10^{-2}$
cc <sub>5</sub>	$1.79878047 \times 10^{-4}$
cc <sub>6</sub>	$1.92455955 \times 10^{-4}$
cc <sub>7</sub>	$8.00000227 \times 10^{-1}$
cc <sub>8</sub>	$1.99999542 \times 10^{-1}$
cc <sub>9</sub>	$2.29103981 \times 10^{-7}$

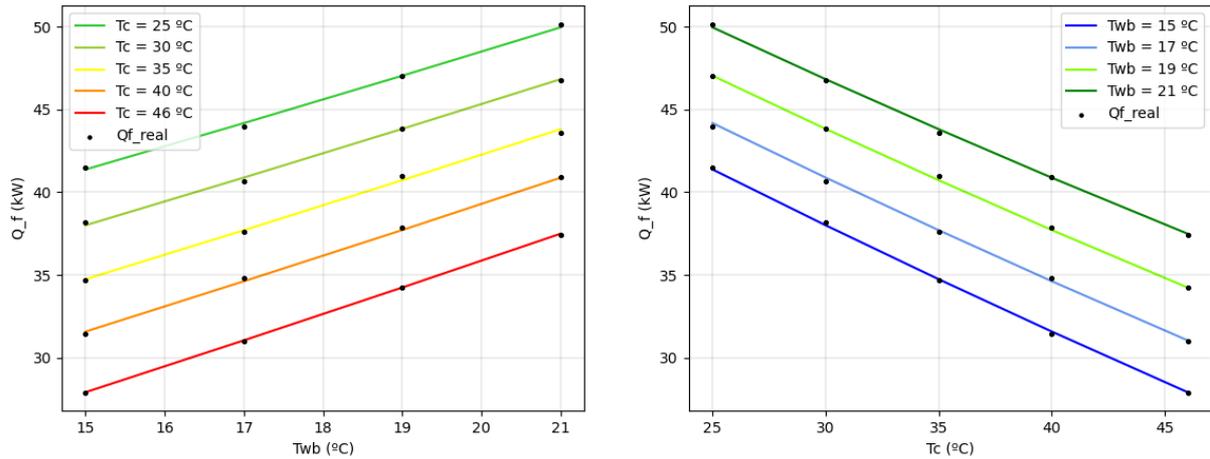


Figura 3-3.  $Q_f$  para distintos valores de  $T_c$  y  $T_{wb}$  ( $T_{wb, int}$ )

Se puede observar que las curvas calculadas siguen muy bien a los puntos reales (puntos en negro) y dan resultados coherentes, por ejemplo un aumento de  $T_c$  ( $T_c$  en las gráficas) influirá en una menor  $Q_f$  ya que el rendimiento es peor al tener que subir la presión de condensación en el condensador, lo que influye en un mayor consumo del compresor como se verá en el siguiente punto.

### 3.1.2 Consumo eléctrico modo refrigeración (Compresor)

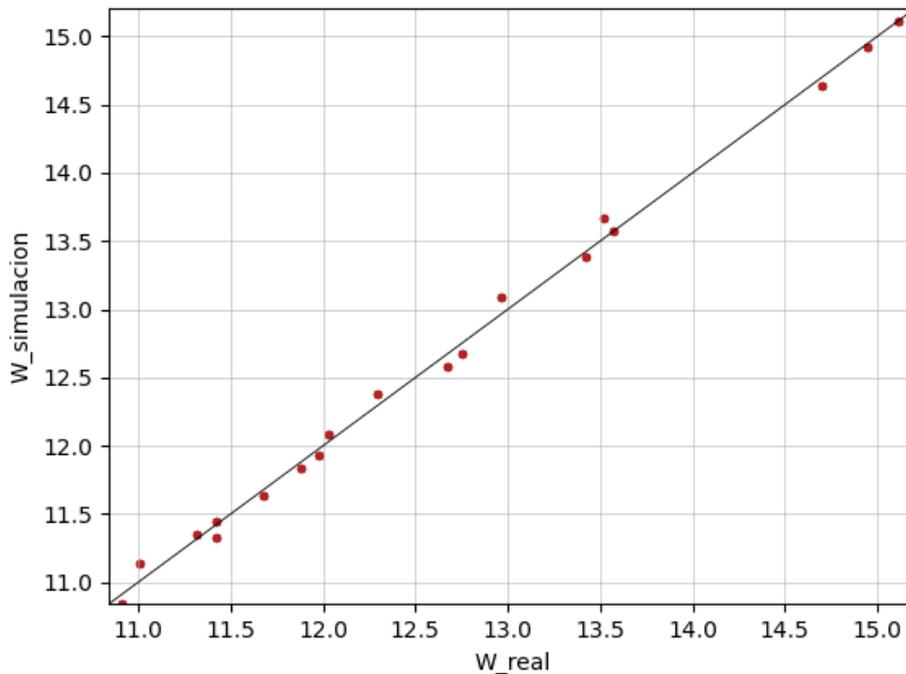


Figura 3-4. Ajuste  $W_e$  (refrigeración)

En este caso el ajuste parece peor que el anterior aparentemente, pero es simplemente por cuestión de la escala de valores porque los resultados son incluso mejores. Su MSE es de 0.005, la desviación de los valores es igual a 0.074 kW y  $R^2 = 0.99852$ .

El valor de los coeficientes calculados se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3-2. Coeficientes We

ce <sub>1</sub>	$5.22403117 \times 10^{-1}$
ce <sub>2</sub>	$-1.40324317 \times 10^{-2}$
ce <sub>3</sub>	$4.04733215 \times 10^{-4}$
ce <sub>4</sub>	$4.42701671 \times 10^{-2}$
ce <sub>5</sub>	$-9.86582956 \times 10^{-4}$
ce <sub>6</sub>	$-2.93795291 \times 10^{-5}$
ce <sub>7</sub>	$9.00000055 \times 10^{-1}$
ce <sub>8</sub>	$9.99998906 \times 10^{-2}$
ce <sub>9</sub>	$5.36447889 \times 10^{-8}$

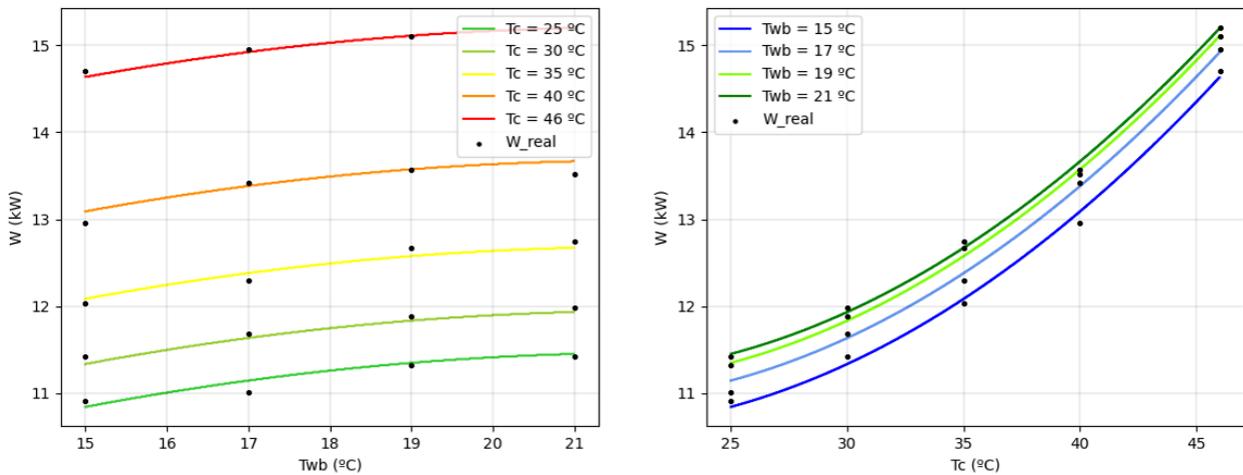


Figura 3-5. We para distintos valores de Tc y Twb

Se puede apreciar que ajusta peor para valores de T<sub>c</sub> = 35 °C (figura izquierda) y en T<sub>c</sub> = 40 °C para los puntos de Twb, temperatura húmeda, (figura derecha).

### 3.1.3 Potencia Frigorífica Sensible

Es el ajuste que mayor dispersión arroja obteniendo MSE = 0.280, la desviación de los valores es igual a 0.529 kW y R<sup>2</sup> = 0.99481. Los coeficientes calculados son:

Tabla 3-3. Coeficientes Q<sub>fs</sub>

a <sub>0</sub>	$5.63880535 \times 10^{-1}$
a <sub>1</sub>	$5.48690430 \times 10^{-2}$
a <sub>2</sub>	$-3.18995708 \times 10^{-4}$
a <sub>3</sub>	$-4.13946695 \times 10^{-2}$
a <sub>4</sub>	$-3.14098734 \times 10^{-3}$
a <sub>5</sub>	$2.73534460 \times 10^{-3}$
a <sub>6</sub>	$-1.08065318 \times 10^{-2}$
a <sub>7</sub>	$4.36611313 \times 10^{-5}$
a <sub>8</sub>	$-5.90472580 \times 10^{-4}$
a <sub>9</sub>	$9.02027703 \times 10^{-4}$
a <sub>10</sub>	$0.15 \times 10^0$
a <sub>11</sub>	$1.35 \times 10^0$
a <sub>12</sub>	$-0.5 \times 10^0$

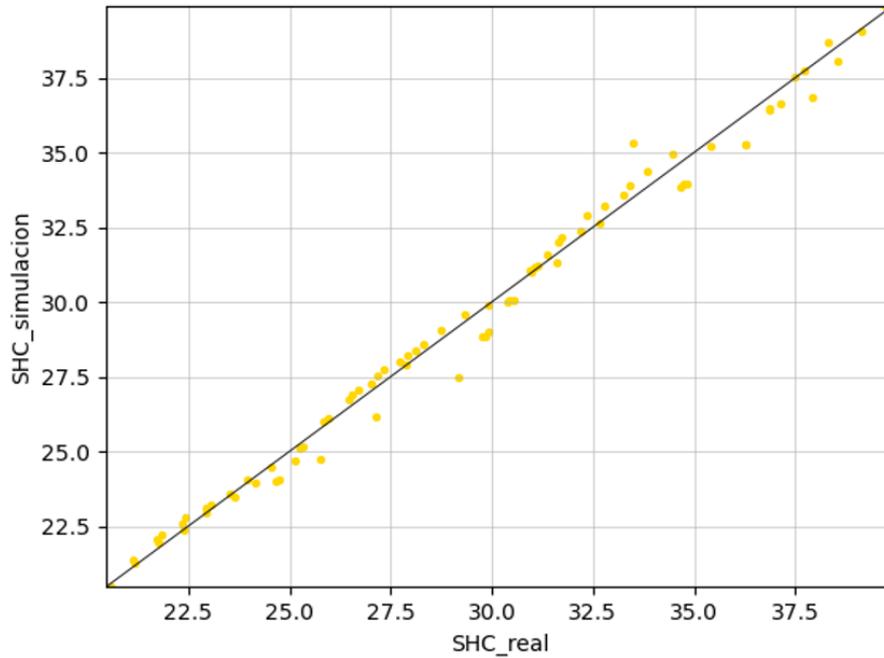


Figura 3-6. Ajuste SHC

Como el cálculo del SHC depende de 3 variables ( $T_{db, int}$ ,  $T_{wb, int}$  en la entrada del evaporador y  $T_c$ ) se han realizado gráficas con  $T_c$  constante y variando los otros dos parámetros para observar la tendencia que siguen.

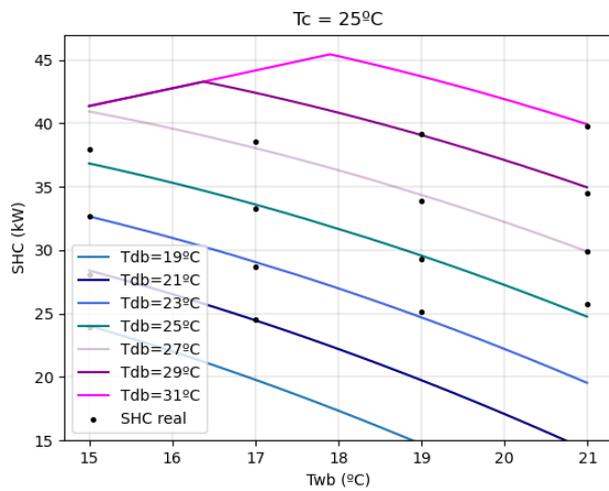


Figura 3-7. SHC con Tc = 25 °C

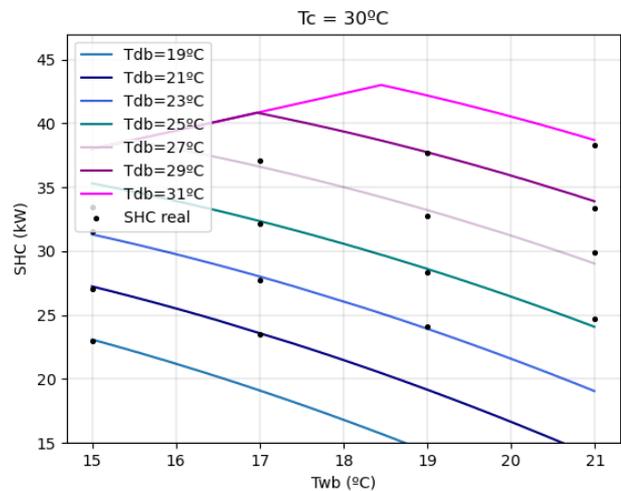


Figura 3-8. SHC con Tc = 30 °C

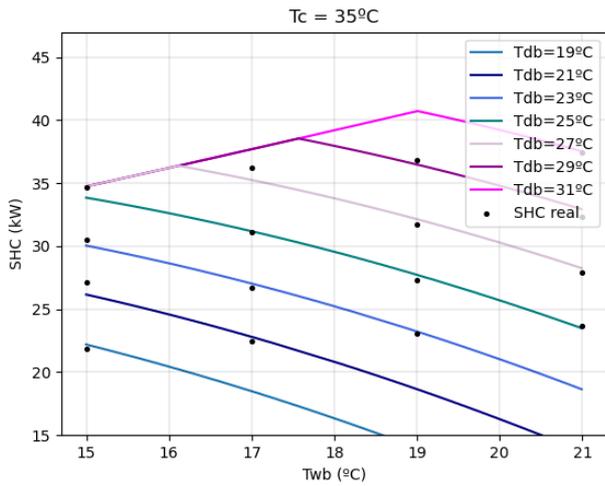


Figura 3-9. SHC con  $T_c = 35\text{ }^\circ\text{C}$

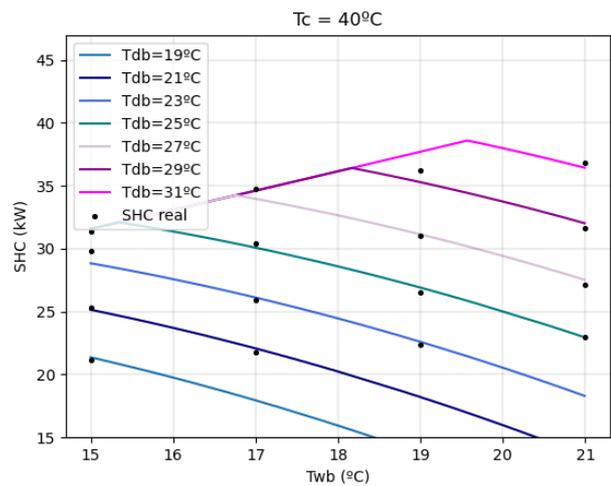


Figura 3-10. SHC con  $T_c = 40\text{ }^\circ\text{C}$

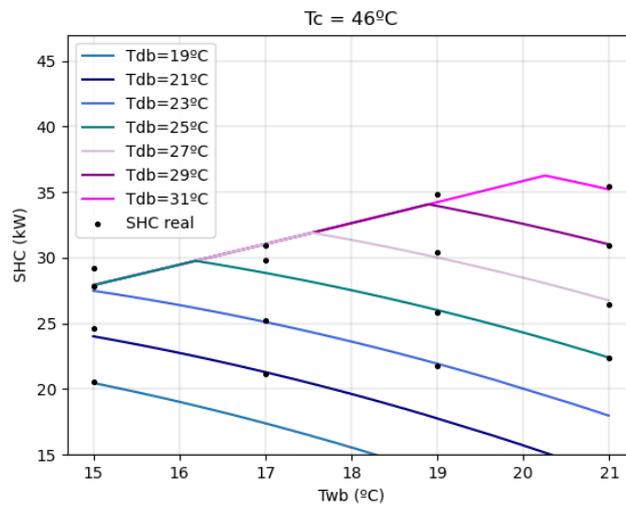


Figura 3-11. SHC con  $T_c = 46\text{ }^\circ\text{C}$

Observamos que las curvas siguen la misma forma, viéndose claramente como se disminuye el SHC cuando aumenta  $T_c$  ya que como hemos visto  $Q_f$  también disminuye. Se puede observar cómo al aumentar  $T_{db}$  ( $T_{db,int}$ ), SHC crece y este disminuye cuando  $T_{wb}$  ( $T_{wb,int}$ ) aumenta como es de esperar. Para cada  $T_{db}$  vemos que la gráfica alcanza un pico para luego descender. Empezando desde el valor de  $T_{wb}$  más alto hacia la izquierda se observa que al disminuir  $T_{wb}$ , SHC aumenta como es lógico, hasta cierto punto donde empieza a descender. Ese pico es donde  $SHR = 1$ , después comienza a descender porque sencillamente  $SHC=Q_f$  y la gráfica toma la forma de esta última. En el diagrama psicrométrico una situación donde el  $FCS = 1$  sería así:

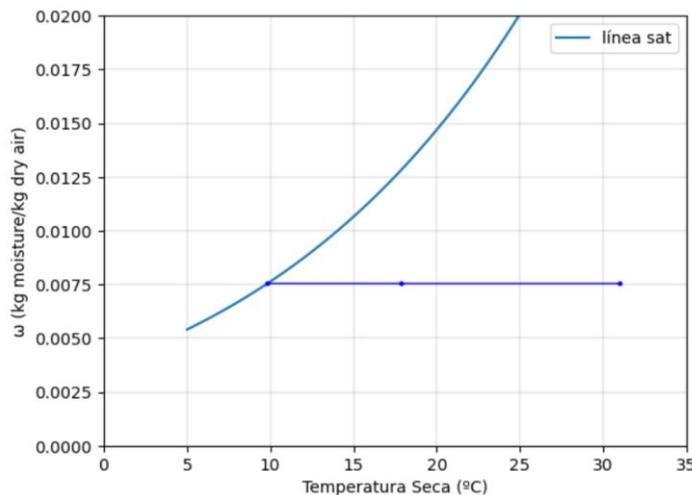


Figura 3-12. Evolución temperaturas cuando  $Q_{s}=Q_f$

### 3.1.4 SHR

Con estas gráficas se ve más claro lo anteriormente explicado.

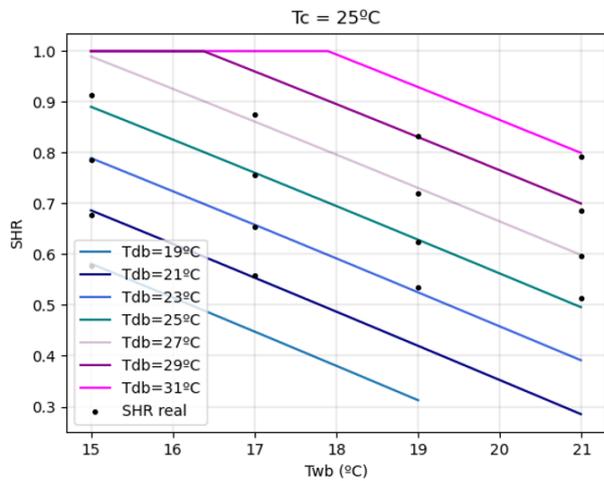


Figura 3-13. SHR con Tc = 25°C

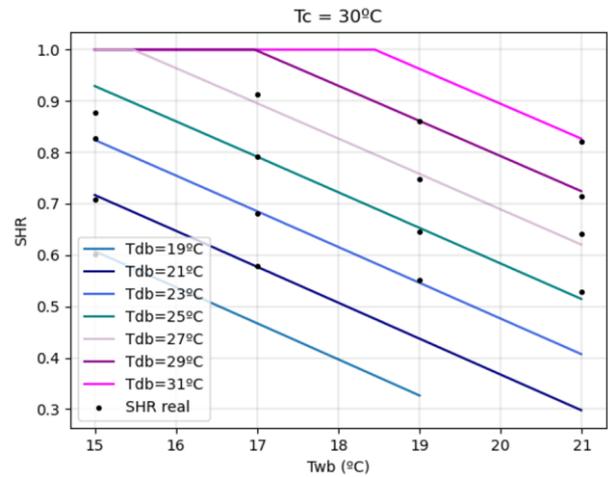


Figura 3-14. SHR con Tc = 30°C

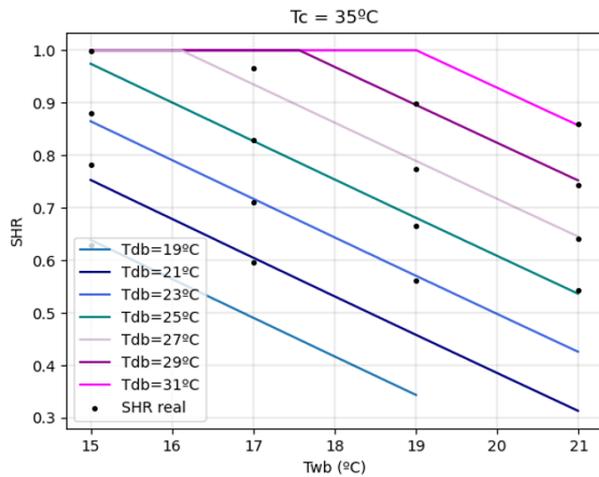


Figura 3-16. SHR con Tc = 35°C

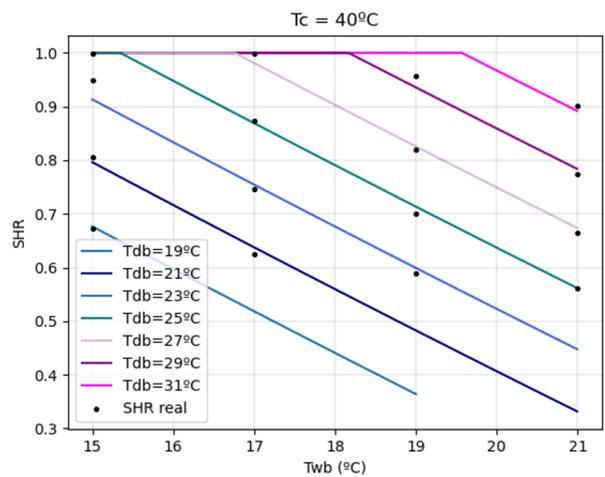


Figura 3-15. SHR con Tc = 40°C

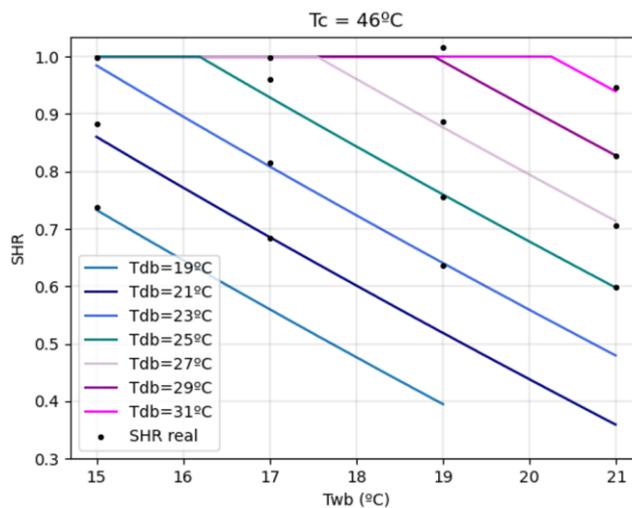


Figura 3-17. SHR con Tc = 46°C

### 3.1.5 EER

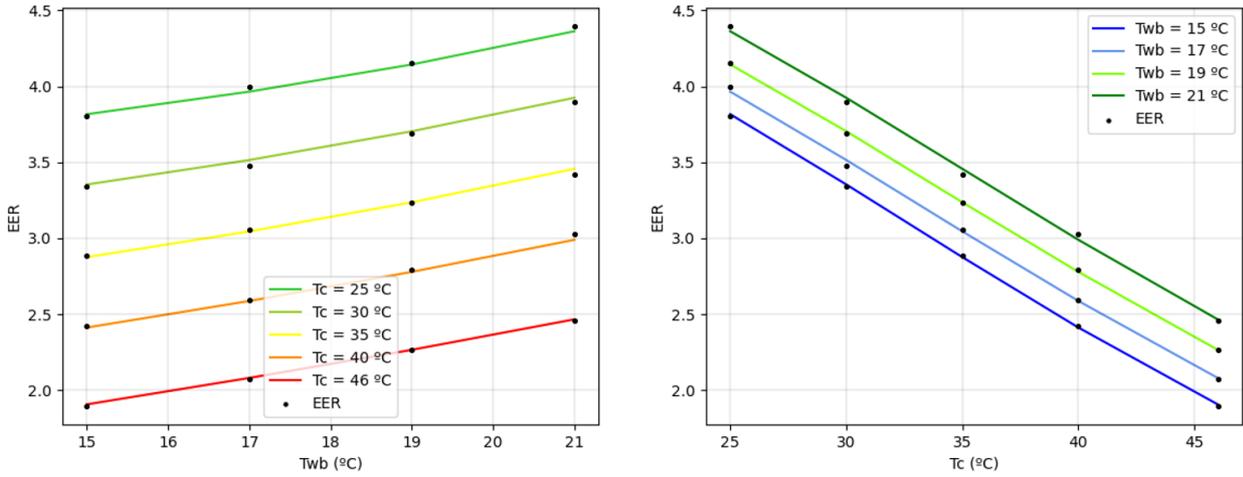


Figura 3-18. EER

Con el EER confirmamos lo que venimos diciendo en anteriores apartados, al aumentar  $T_c$  el rendimiento cae casi linealmente lo cual tiene sentido. Además, se observa como al fijar una  $T_c$ , al aumentar  $T_{wb}$  aumenta también el EER, aproximadamente un incremento de 0.6 pasando de 15 °C a 21 °C de temperatura de bulbo húmedo.

Esto tiene origen en que, al aumentar  $T_{wb}$  a la entrada, también subimos la temperatura de evaporación en el evaporador, por lo que el compresor debe de dar menos diferencia de presión y para una misma potencia, mueve más caudal de refrigerante lo que se traduce en mayor potencia frigorífica. O visto de otra forma, para la misma  $Q_f$ , el consumo disminuye, el resumen, el EER aumenta.

## 3.2 Curvas $T_{ADP}$ , FB y evolución diagrama Psicrométrico (Refrigeración)

### 3.2.1 $T_{ADP}$

$T_{db} = 27$  °C

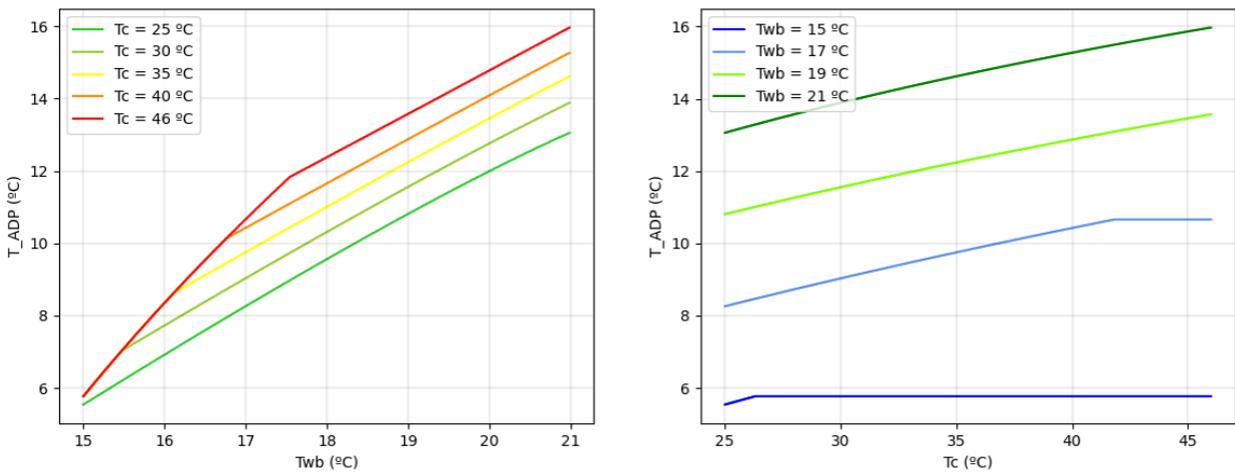


Figura 3-19.  $T_{ADP}$

Para  $T_{db} = 27$  °C obtenemos estas curvas, se ve que al aumentar  $T_{wb}$  se aumenta también el punto de ADP, lo cual tiene sentido y justifica lo anteriormente comentado en el apartado 3.1.5.

### 3.2.2 FB

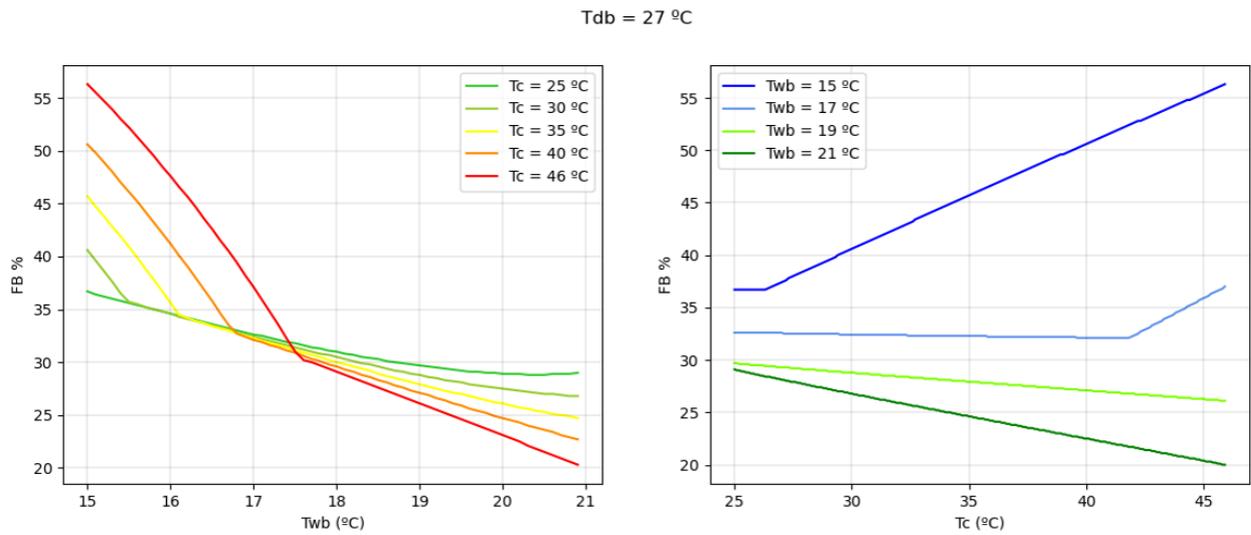


Figura 3-20. Factor de Bypass

### 3.2.3 Casos estudiados en diagrama Psicrométrico

He estudiado 3 tipos de casos para analizar el comportamiento de la máquina en diversas condiciones.

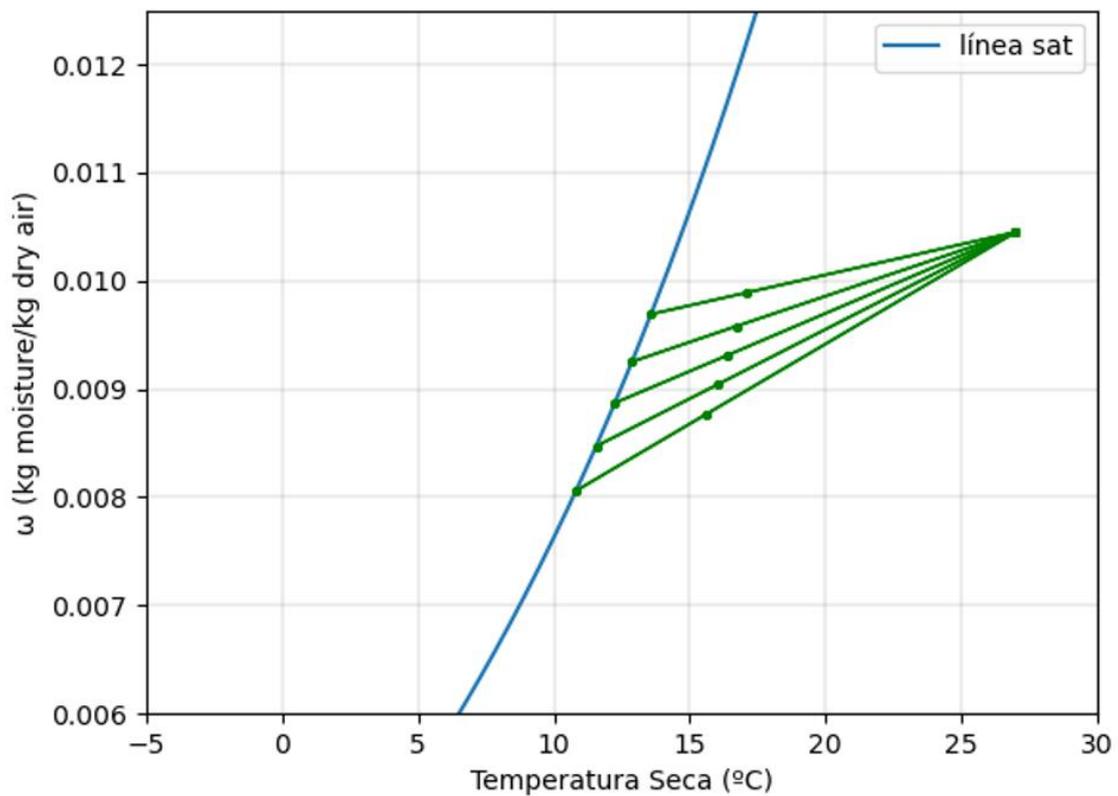


Figura 3-21.  $T_c$  valor constante

En este primer caso, he simulado para una  $T_{db} = 27^{\circ}\text{C}$  y  $T_{wb} = 19^{\circ}\text{C}$  (condiciones nominales), todos los casos posibles variando  $T_c$  entre  $25^{\circ}\text{C}$  y  $46^{\circ}\text{C}$  y se puede observar cómo a medida aumenta  $T_c$ , disminuye  $Q_f$  como hemos podido comprobar en apartados anteriores.

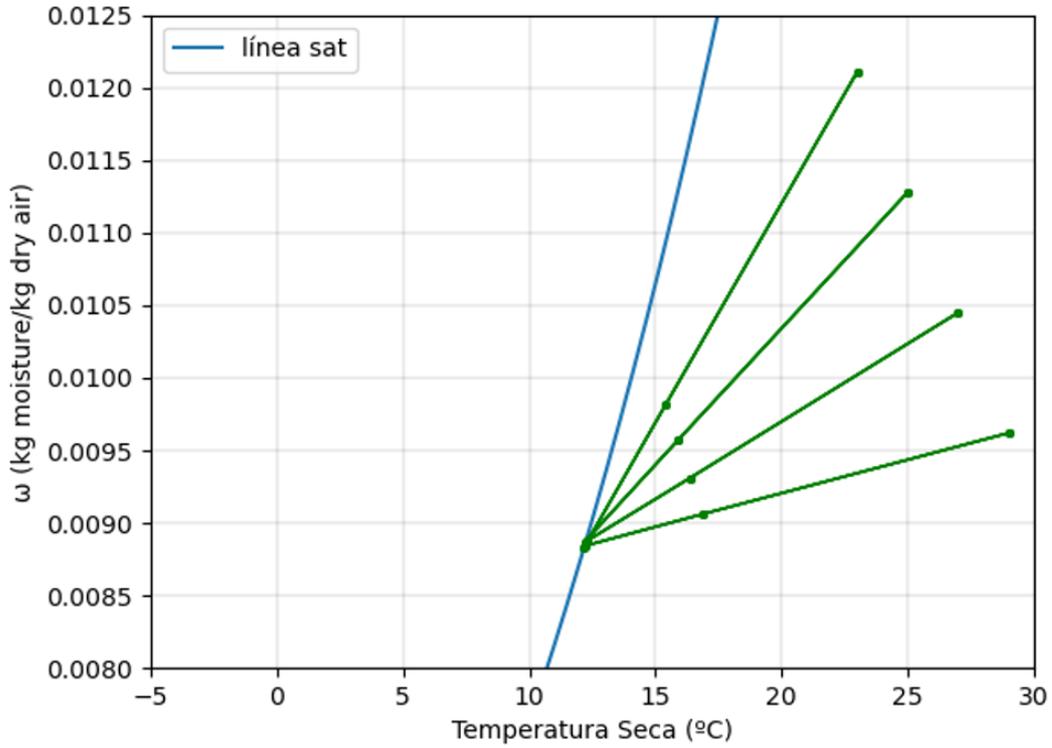


Figura 3-22.  $T_c$ ,  $T_{wb}$  valor constante

Este otro caso es curioso a la vez que lógico, si fijamos  $T_c$  y  $T_{wb}$  (en mi caso  $35\text{ }^\circ\text{C}$  y  $19\text{ }^\circ\text{C}$  respectivamente) al ser justamente las variables de las que depende  $Q_f$  y  $W_e$ , estos no varían, únicamente lo hace el SHC pero la carga total permanece constante ya que al ser  $T_{wb}$  constante, esta temperatura me indica la entalpía del aire a la entrada y con  $T_c$  fijado, me indica cuánta potencia frigorífica voy a poder dar en unas condiciones dadas. Se puede observar que entalpías similares a la entrada y a la salida, variando  $T_{db}$  obtenemos la misma  $T_{ADP}$  y por consiguiente igual FB.

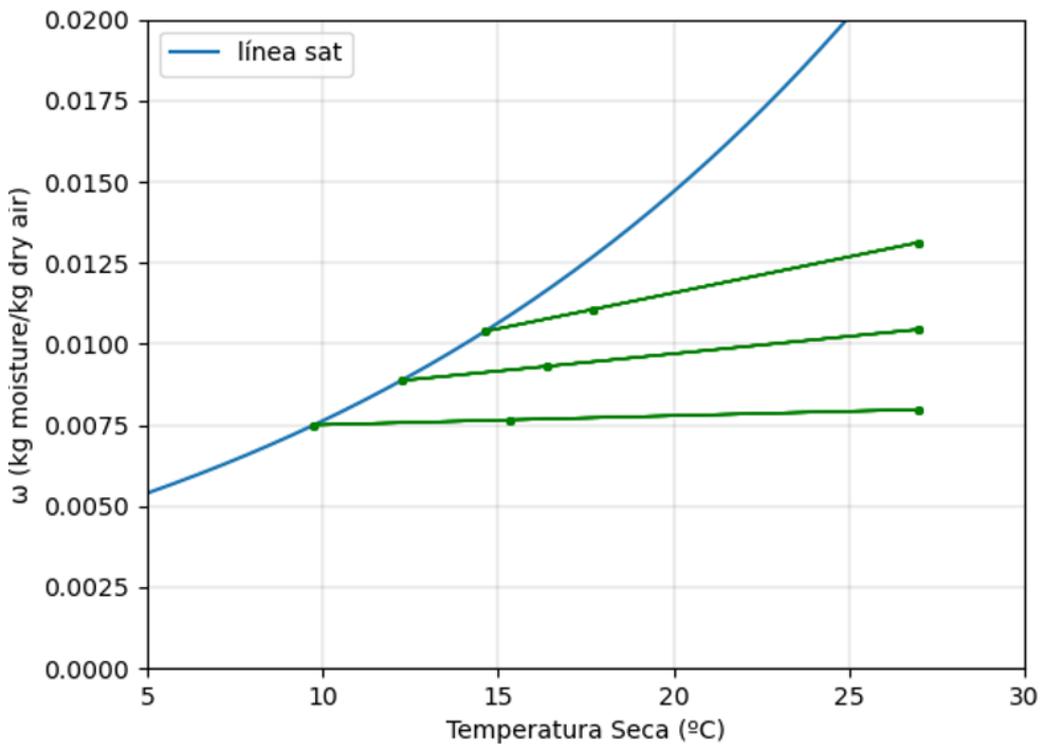


Figura 3-23.  $T_{db}$  constante,  $T_{wb}$  varía

Aquí fijamos  $T_c = 35^\circ\text{C}$  (podríamos fijar otro valor diferente y seguiríamos obteniendo la misma forma de las gráficas) y  $T_{db} = 27^\circ\text{C}$ . Variando  $T_{wb}$  y simulando según los puntos que se muestran en catálogo  $T_{wb}$  toma valores de 17,19 hasta  $21^\circ\text{C}$  se percibe cómo al disminuir  $T_{wb}$ , SHC aumenta al punto de que prácticamente en  $T_{wb} = 17^\circ\text{C}$  la recta es prácticamente horizontal indicando que SHC es próximo a 1, es decir toda la  $Q_f$  es en forma de calor sensible y la  $T_{ADP}$  es muy cercana a la temperatura de rocío en las condiciones de entrada del aire.

### 3.3 Curvas modo Calefacción

Con las curvas en modo BdC se sigue la misma filosofía que anteriormente. En este caso no existe carga latente, toda la potencia calorífica que se le aporta al aire es en forma sensible e incrementa su temperatura. En este caso también trabajamos con el caudal nominal de aire del ventilador. Aunque en las gráficas se ve “ $T_{wb}$ ” y “ $T_{db}$ ” en el caso de régimen de calefacción (BdC) se refieren a temperatura húmeda exterior y temperatura seca interior, respectivamente.

#### 3.3.1 Potencia Calorífica

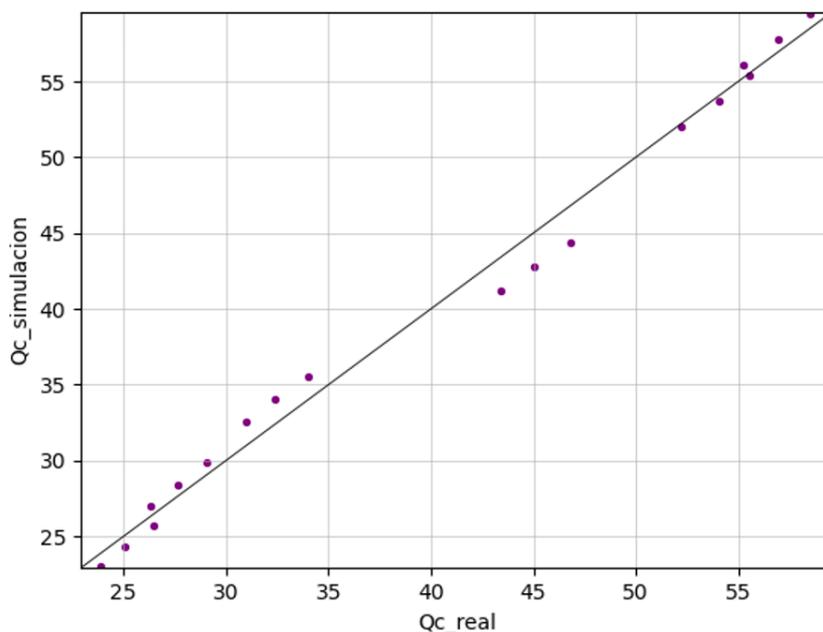


Figura 3-24. Ajuste  $Q_c$

Aquí el ajuste es peor respecto al caso de la misma máquina en modo refrigeración obteniendo un error cuadrático medio (MSE) de 1.665 lo que viene a ser una desviación de 1.291 kW y el coeficiente de correlación de Pearson calculado es  $R^2 = 0.9947$ . Los coeficientes calculados son los siguientes:

Tabla 3-4. Coeficientes  $Q_c$

cc <sub>1</sub>	$1.04562570 \times 10^0$
cc <sub>2</sub>	$3.19373418 \times 10^{-2}$
cc <sub>3</sub>	$6.93757530 \times 10^{-4}$
cc <sub>4</sub>	$-1.32402846 \times 10^{-2}$
cc <sub>5</sub>	$4.23641707 \times 10^{-5}$
cc <sub>6</sub>	$-1.20384899 \times 10^{-4}$
cc <sub>7</sub>	$8.00000227 \times 10^{-1}$
cc <sub>8</sub>	$1.99999542 \times 10^{-1}$
cc <sub>9</sub>	$2.29103981 \times 10^{-7}$

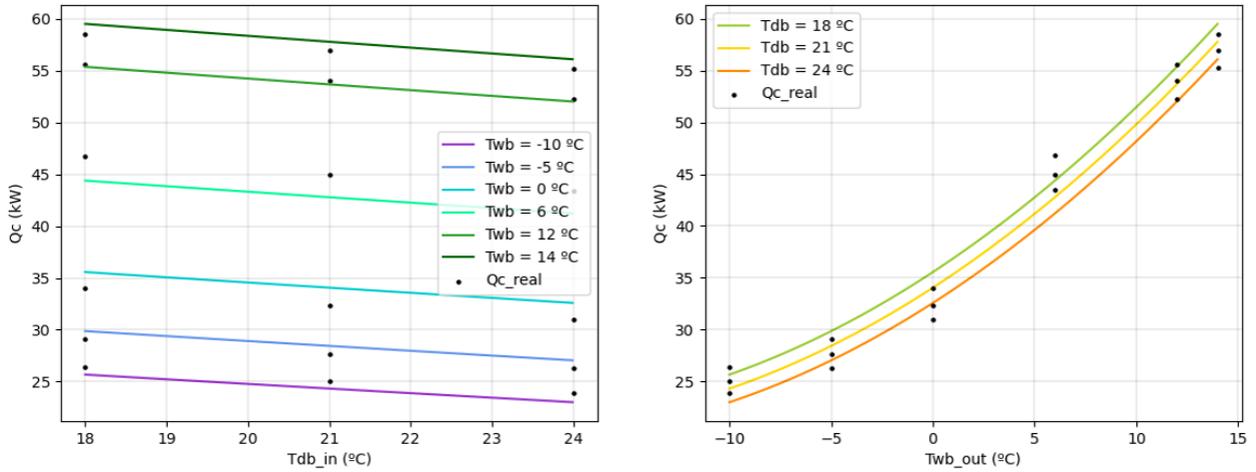


Figura 3-25. Qc para distintos valores de Twb y Tdb

### 3.3.2 Consumo eléctrico modo calefacción (Compresor)

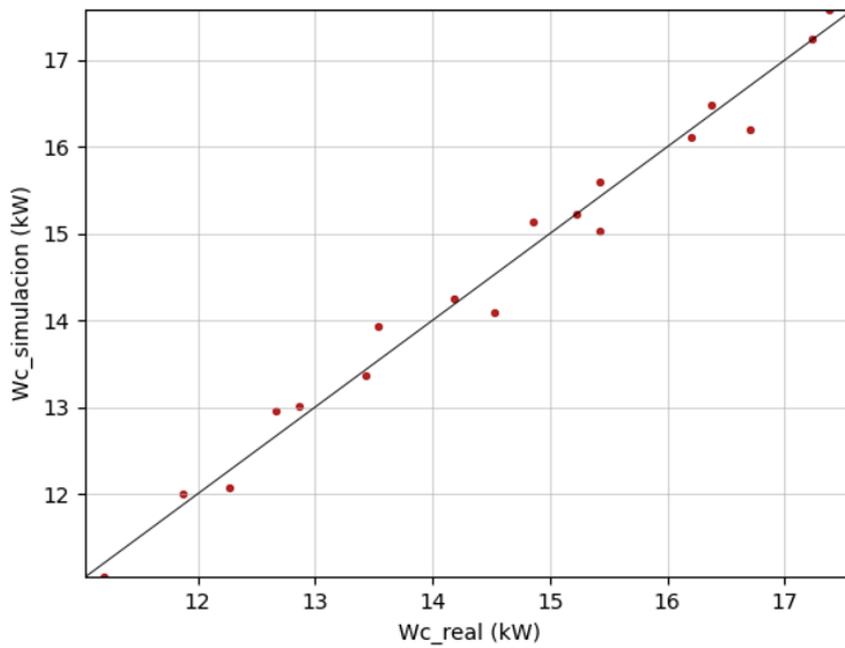


Figura 3-26. Ajuste We (BdC)

Sin embargo, el consumo eléctrico se ajusta mejor comparado con Qc, al igual que pasaba en modo refrigeración. Su MSE es de 0.062, la desviación de los valores es igual a 0.250 kW y  $R^2 = 0.99067$ .

Los valores de los coeficientes en este caso son:

Tabla 3-5. Coeficientes We (BdC)

ce <sub>1</sub>	$8.16329804 \times 10^{-1}$
ce <sub>2</sub>	$1.56358685 \times 10^{-2}$
ce <sub>3</sub>	$-1.05835349 \times 10^{-5}$
ce <sub>4</sub>	$-1.21913093 \times 10^{-2}$
ce <sub>5</sub>	$8.80585929 \times 10^{-4}$
ce <sub>6</sub>	$-1.49487432 \times 10^{-4}$
ce <sub>7</sub>	$-0.25 \times 10^0$
ce <sub>8</sub>	$2.75 \times 10^0$
ce <sub>9</sub>	$-1.5 \times 10^0$

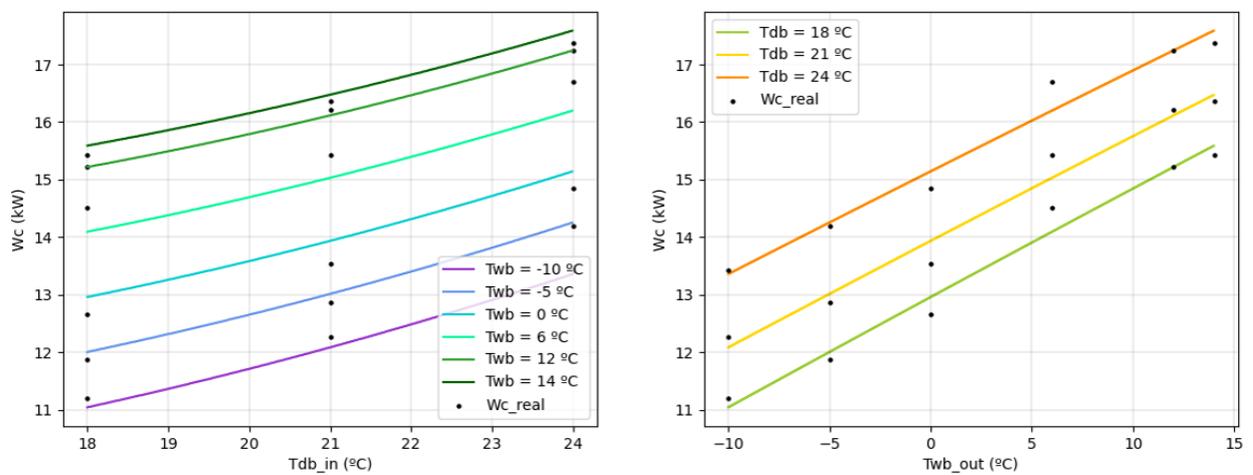


Figura 3-27. We para distintos valores de Twb y Tdb

### 3.3.3 COP

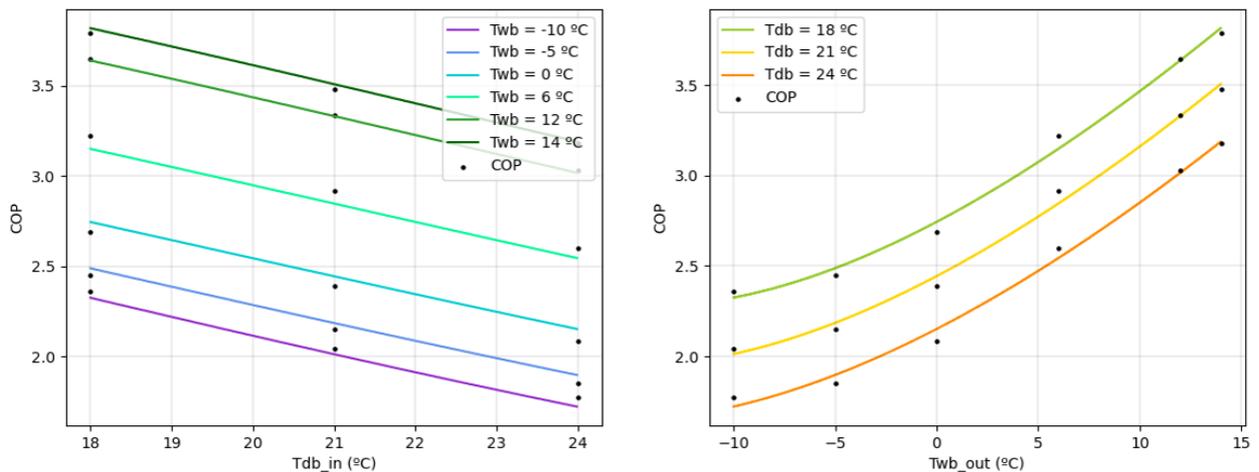


Figura 3-28. COP

Se puede comprobar que la variación del COP es lineal con la variación de la temperatura seca interior y ligeramente cuadrática al principio para luego ser prácticamente lineal con la variación de la temperatura húmeda exterior.



# 4 ESTRUCTURA Y USO DEL SOFTWARE

*Si quieres cambiar el mundo cámbiate a ti mismo.*

*- Mahatma Gandhi -*

En este capítulo explicaremos cómo usar el programa de simulación, aspectos a tener en cuenta y datos que calcula el mismo. A modo de manual, este apartado ayudará a entender la lógica del código para que en futuros usos se puedan calcular o representar datos calculados del mismo de la forma más óptima posible.

## 4.1 Datos de Entrada

Es necesario recopilar datos de la máquina objeto de estudio para que la simulación se adapte a dicha máquina. Estos datos pueden ser bien leídos de catálogo o bien datos que se hayan obtenido mediante pruebas reales a la misma máquina en diferentes condiciones. Todos estos datos deben ser recopilados y escritos en una hoja excel siguiendo un orden concreto que se detallará más adelante. Se dispone de una plantilla para escribir los datos ya sea para unidades solo frío o también las que incluyan BdC.

Cuando en Python ejecute un nuevo Jupyter Notebook o cualquier otra interfaz donde sacar las gráficas que desee es importante que el excel donde escribe los datos esté en la misma carpeta que dicho Notebook.

DATOS NOMINALES_Qf(kW)											DATOS NOMINALES_BdC		
SHC(kW)_W(kW)_V(l/s)	Tc	Twb	Tdb	Q actual	W	SHC	Twb_ext	Tdb_int	Q_BdC	W_BdC	Qc(kW)_W(kW)_V(l/s)		
41	25	15	19	41,5	10,91	23,95							
31,74	30	15	19	38,18	11,42	22,94	-10	18	26,4446	11,19775			43,32
12,67	35	15	19	34,71	12,03	21,83	-10	21	25,0796	12,26506			14,69
2528	40	15	19	31,44	12,96	21,13	-5	18	23,8602	13,4348			2528
	46	15	19	27,92	14,7	20,58	-5	18	29,0654	11,87312			
	25	15	21	41,5	10,91	28,12	-5	21	27,6549	12,86035			
	30	15	21	38,18	11,42	27,01	0	24	26,2899	14,18928			
	35	15	21	34,71	12,03	27,12	0	18	34,03218	12,66078			
	40	15	21	31,44	12,96	25,35	0	21	32,34582	13,53155			
	46	15	21	27,92	14,7	24,65	0	24	30,9465	14,85527			
	25	15	23	41,5	10,91	32,65	6	18	46,78	14,52			
	30	15	23	38,18	11,42	31,59	6	21	45	15,42			
	35	15	23	34,71	12,03	30,54	6	24	43,44	16,7			
	40	15	23	31,44	12,96	29,83	12	18	55,56	15,23			
	46	15	23	27,92	14,7	29,18	12	21	54,06	16,21			
	25	15	25	41,5	10,91	37,93	12	24	52,22	17,24			
	30	15	25	38,18	11,42	33,5	14	18	58,5	15,43			
	35	15	25	34,71	12,03	34,66	14	21	56,94	16,37			
	40	15	25	31,44	12,96	31,39		24	55,22	17,38			
	46	15	25	27,92	14,7	27,87							
	25	17	21	43,97	11,01	24,55							
	30	17	21	40,65	11,68	23,54							
	35	17	21	37,58	12,29	22,44							
	40	17	21	34,81	13,42	21,73							
	46	17	21	30,99	14,95	21,18							
	25	17	23	43,97	11,01	28,73							
	30	17	23	40,65	11,68	27,72							
	35	17	23	37,58	12,29	26,71							
	40	17	23	34,81	13,42	25,96							
	46	17	23	30,99	14,95	25,21							

Figura 4-1. Datos de entrada de la 50UZ 016

Como se puede ver es intuitivo el manejo del Excel de introducción de datos, en los datos nominales se debe seguir este orden para introducir los datos en las casillas; 1°  $Q_f$  (kW), 2° SHC (kW), 3°  $W_c$  (kW), 4° V(L/s) siendo V el caudal de aire que mueve el ventilador del evaporador. Es importante seguir este orden y las unidades ya que el programa diseñado tiene en cuenta todos los cambios de unidades necesarios para calcular. En modo frío se deben introducir las temperaturas ( $T_c$ ,  $T_{wb}$  y  $T_{db}$  en grados Celsius) y las correspondientes cargas frigoríficas totales ( $Q_{actual}$ ), consumos eléctricos ( $W$ ) y capacidades frigoríficas sensibles (SHC) asociadas a dichas temperaturas, todo ello en kW.

En modo BdC los datos nominales son 1°  $Q_c$  (kW), 2°  $W_c$  (kW), 3° V (L/s) y el resto igual que en el caso de modo frío solo que con menos variables a tener en cuenta.

El programa de simulación se compone de 3 archivos de Python, uno es el programa en sí, el segundo es para el cálculo de coeficientes y el tercero es para el cálculo de la  $T_{ADP}$ . En el primer y segundo archivo cada vez que se cambie de máquina, además de preparar un nuevo Excel para dicha máquina también se deberá cambiar en el programa el nombre del Excel que se desea leer, para que simule dicha máquina.

```
##### CAMBIAR POR EL EXCEL A LEER #####
rf=pd.read_excel('50UZ_016.xlsx')
#####
```

Figura 4-2. Datos a leer

También en el archivo del programa, para el cálculo de los modificadores por caudal de aire, si se disponen de datos, hay que introducirlos en el archivo en sí. En mi caso me dan 3 puntos para calcularlo por lo tanto podemos proceder así. En caso de que en cualquier máquina a simular no se disponieran de esos datos pues el modificador por caudal tomaría valor 1.

## Factores de corrección

### Funcionamiento en frío

50UZ	Multiplicador	% caudal de aire nominal		
		90	100	110
016-040	CAP	0,98	1	1,02
	SHC	0,96	1	1,03
	kW	0,99	1	1,01

CAP - Capacidad frigorífica total, kW  
 SHC - Capacidad frigorífica sensible, kW  
 kW - Consumo compresor

### Funcionamiento en calor

50UZ	Multiplicador	% caudal de aire nominal		
		90	100	110
016-042	CAP	0,98	1	1,02
	COP	0,97	1	1,06

Figura 4-3. Factores de corrección por caudal

```
F_ratio=1.0

caudal = np.array([0.90, 1.00, 1.10])
Mod_FQF = np.array([0.98, 1.00, 1.02])
Mod_FSHC = np.array([0.96, 1.00, 1.03])
Mod_FW = np.array([0.99, 1.00, 1.01])
```

Figura 4-4. Datos de caudal introducidos (Modo frío)

En los Anexos se explicará el código, pero como se puede ver, al introducir los datos como sigue en la figura ya el programa puede calcular las correlaciones por caudal. Luego el  $F_{ratio}$  del código es el  $F_{caudal}$  explicado en el apartado 2.1.1. Si variamos este parámetro, variarán las demás variables acorde a la correlación que acabamos de ver. En modo BdC se procede igual.

Cabe señalar que mientras más datos se dispongan o se puedan medir de dicha unidad, más precisa será la simulación y menores errores se cometerán. Igualmente, en el punto 3 vimos que los errores eran relativamente aceptables en relación con la magnitud de los datos.

## 4.2 Obtención de resultados

A modo de ejemplo se usarán los datos de la página 113 del manual de ASHRAE® [6] que sirve para validar modelos de simulación si los datos siguen la misma tendencia y son parecidos a los mostrados en dicho manual.

Table 9-9 Equipment Full-Load Performance with Adjusted Net Capacities<sup>a</sup> (SI Units)

ODB (°C)	EWB (°C)	Adj Net Total Capacity <sup>b,c,d</sup> (kW)	Adjusted Net Sensible Capacity <sup>b,c</sup> (kW) at entering drybulb temperature (EDB, °C)					Compressor Power <sup>d</sup> (kW)	Apparatus Dew Point <sup>d</sup> (°C)
			22.2	23.3	24.4	25.6	26.7		
29.4	15.0	7.19	6.31	6.87	7.28	7.48	7.66	1.62	8.9
	17.2	7.78	5.26	5.81	6.37	6.90	7.45	1.66	11.1
	19.4	8.42	4.11	4.67	5.23	5.75	6.31	1.71	13.4
	21.7	9.06	2.97	3.50	4.05	4.58	5.14	1.76	15.8
32.2	15.0	7.01	6.22	6.78	7.13	7.31	7.51	1.69	9.1
	17.2	7.57	5.20	5.72	6.28	6.81	7.37	1.74	11.3
	19.4	8.19	4.03	4.58	5.14	5.67	6.22	1.79	13.6
	21.7	8.80	2.85	3.41	3.97	4.49	5.05	1.84	15.9
35.0	15.0	6.81	6.16	6.69	6.98	7.16	7.34	1.77	9.3
	17.2	7.37	5.11	5.64	6.19	6.72	7.28	1.81	11.4
	19.4	7.95	3.94	4.49	5.05	5.58	6.13	1.86	13.8
	21.7	8.57	2.77	3.32	3.85	4.41	4.96	1.91	16.2
37.8	15.0	6.63	6.08	6.63	6.81	6.98	7.16	1.85	9.4
	17.2	7.16	5.02	5.55	6.11	6.63	7.16	1.89	11.6
	19.4	7.72	3.85	4.41	4.93	5.49	6.05	1.94	13.9
	21.7	8.27	2.68	3.23	3.76	4.32	4.85	1.98	16.3
40.6	15.0	6.43	5.99	6.49	6.63	6.81	6.98	1.94	9.6
	17.2	6.93	4.93	5.46	6.02	6.54	6.98	1.98	11.8
	19.4	7.45	3.76	4.32	4.85	5.40	5.93	2.02	14.2
	21.7	8.01	2.59	3.12	3.67	4.23	4.76	2.06	16.6
46.1	15.0	6.02	5.81	6.13	6.31	6.46	6.60	2.11	10.0
	17.2	6.49	4.76	5.29	5.84	6.37	6.60	2.14	12.2
	19.4	6.98	3.59	4.14	4.67	5.23	5.75	2.18	14.6
	21.7	7.48	2.41	2.94	3.50	4.03	4.58	2.21	16.9
Values at ARI Rating Conditions (EDB = 26.7°C, EWB = 19.4°C, ODB = 35.0°C)									
Adj Net Total Capacity 7951 W									
Airflow 0.4248 m <sup>3</sup> /s									
Apparatus Dew Point 13.8 °C									
Compressor Power 1858 W									
Indoor Fan Power 230 W									
Outdoor Fan Power 108 W									
COP 3.62									
Seasonal Efficiency Rating									
COP <sub>SEER</sub> 3.78									
Abbreviations: ODB = outdoor drybulb temperature; EWB = entering wetbulb temperature; EDB = entering drybulb temperature; ARI = Air-Conditioning and Refrigeration Institute; COP = coefficient of performance; COP <sub>SEER</sub> = dimensionless Seasonal Energy Efficiency Ratio.									
Notes:									
<sup>a</sup> Performance rated at 0.425 m <sup>3</sup> /s airflow with 7.62 m of 19.05 mm suction and 7.94 mm liquid lines.									
<sup>b</sup> Listed adjusted net total and adjusted net sensible capacities are gross capacities with actual fan heat (230 W) subtracted.									
<sup>c</sup> Where (Sensible Capacity) > (Total Capacity) indicates dry coil condition; in such case (Total Capacity) = (Sensible Capacity).									
<sup>d</sup> Compressor kW, Apparatus Dew Point, and Adjusted Net Total Capacity valid only for wet coil.									

CE100MAP.xls, Table-26e/a4, f54, Aug 7, 2007

Figura 4-5. Datos del manual de ASHRAE

Dentro del archivo llamado “programa.py” está la simulación. Para simular en modo frío la función se llama “rooftop” y depende de Tc, Twb y Tdb, en ese orden. Cuando se ejecuta introducidas las tres temperaturas los resultados los devuelve el programa en un array de Python por lo que para acceder al cualquiera de sus elementos se hace como en un vector normal, desde “[0]” hasta “[8]”. Los resultados son FB, T<sub>ADP</sub> (°C), SHC (kW), Q<sub>f</sub> (kW), We (kW), Tdb<sub>coil, in</sub> (°C), ω<sub>in</sub> (g/kg a.s.), Tdb<sub>coil, out</sub> (°C), ω<sub>out</sub> (g/kg a.s.) respectivamente.

En la simulación en modo BdC la función se llama “BdC”, incluida también en programa.py, y depende de la temperatura húmeda exterior y temperatura seca interior, en ese orden. Al ejecutar dicha función nos devuelve un array donde el primer elemento (elemento “[0]”) es Qc (kW) y el segundo We (kW) en modo BdC.

Por ejemplo, para la citada máquina de Ashrae (funcionamiento en modo frío) tras introducir los datos en un excel podemos ejecutar el siguiente sencillo código para entender la lógica de este:

```
##### CAMBIAR POR EL EXCEL A LEER #####
rf=pd.read_excel('ASHRAE.xlsx')
#####

import programa as pr

muestra=pr.rooftop(35,19.4,22.2)
Qf=muestra[3]
Qf
```

7.94

Figura 4-6. Ejemplo de cálculo

Tras leer el Excel que necesitamos, al llamar a la función y meter unos datos cualesquiera, el vector que contiene todos los resultados es “muestra” para acceder a, por ejemplo, la potencia frigorífica en esas condiciones de temperatura basta con acceder a dicho elemento tal y como se muestra en la figura 4-6. De la misma forma se procede con las demás variables.

Una forma que tenemos para validar el modelo es con la  $T_{ADP}$  que proporciona el mismo manual, si nuestra temperatura de ADP calculada se corresponde con la proporcionada por dicho manual podemos dar como válido nuestro modelo de simulación. A continuación, se presenta la gráfica que se obtuvo de  $T_{ADP}$ .

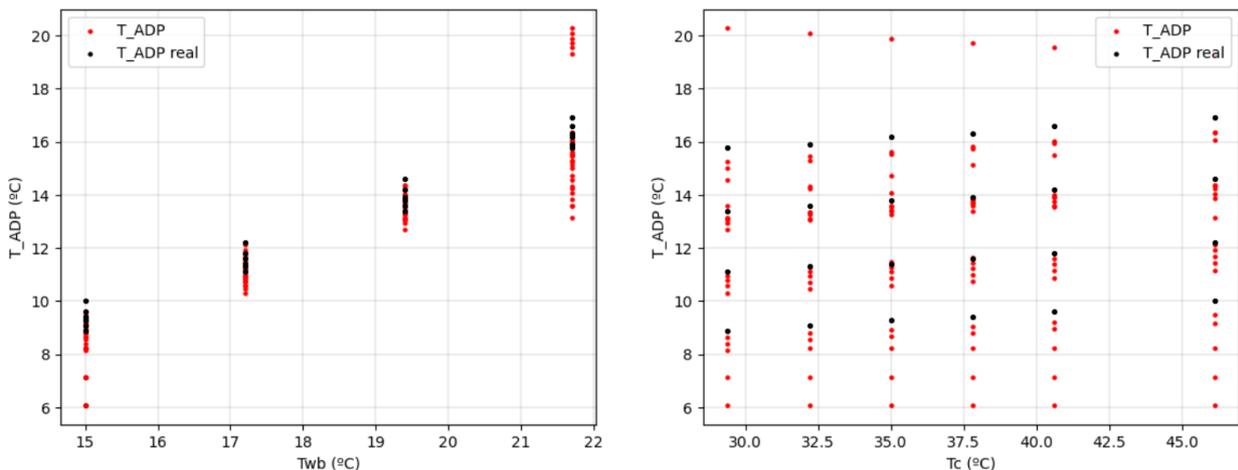


Figura 4-7.  $T_{ADP}$  calculado

Tal y como vimos en el apartado 3.2.3 si fijamos  $T_c$  y  $T_{wb}$ , debe de dar la misma  $T_{ADP}$  por ello los puntos negros que son los leídos del manual se superponen donde  $T_c$  y  $T_{wb}$  es el mismo valor. Vemos que los puntos calculados por el programa siguen la misma tendencia, aunque varía su valor. Esto nos da a pensar que también está dependiendo de  $T_{db}$  lo cual no debería de ser así. La conclusión tras varios estudios con los puntos y tal y como se ve en esta figura y en las siguientes es que  $T_{ADP}$  converge correctamente cuando  $T_{wb}$  no es muy bajo (entre 17 y 19.5 los puntos son correctos) ni muy alto ( $\geq 21$ ). Respecto a  $T_c$  afecta ligeramente cuando  $T_c > 65^\circ\text{C}$  (a la práctica es una temperatura que raramente se verá expuesta la máquina) pero en menor magnitud que con la variación de  $T_{wb}$ .

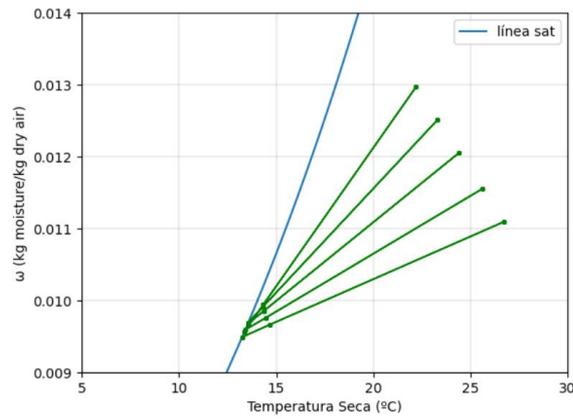


Figura 4-8.  $T_c = 35^\circ\text{C}$ ,  $T_{wb} = 19.4^\circ\text{C}$

En este caso (donde  $T_c$  no es muy alta y  $T_{wb}$  se mantiene entre los valores antes comentados) se ve que el punto de ADP tiende al mismo valor prácticamente.

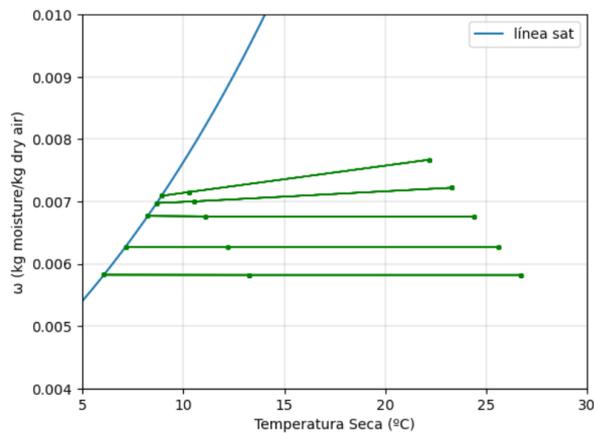


Figura 4-9.  $T_c = 35^\circ\text{C}$ ,  $T_{wb} = 15^\circ\text{C}$

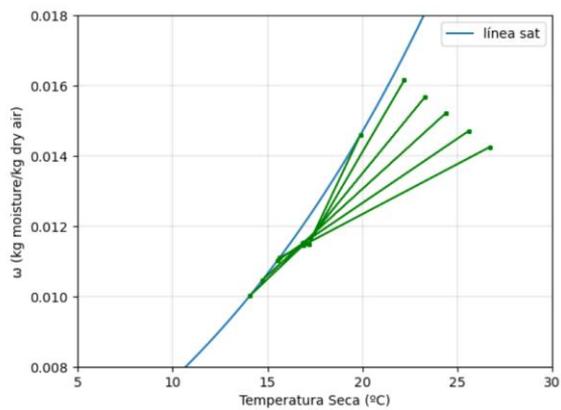


Figura 4-10.  $T_c = 35^\circ\text{C}$ ,  $T_{wb} = 21.7^\circ\text{C}$

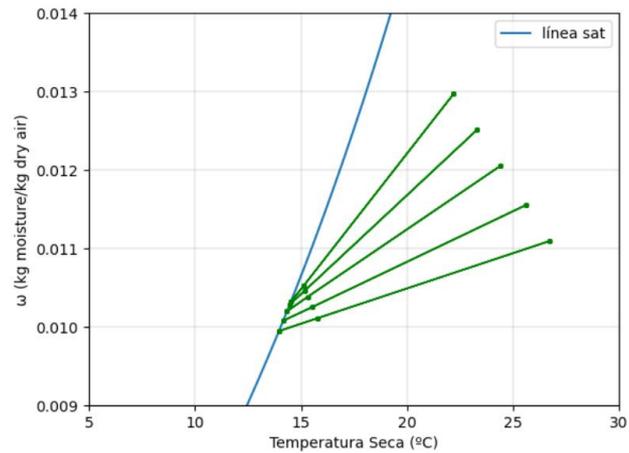


Figura 4-11.  $T_c = 48^\circ\text{C}$ ,  $T_{wb} = 19.4^\circ\text{C}$

### 4.3 Guía rápida de usuario del programa

En este apartado se expone brevemente los pasos a seguir para simular un equipo desde cero.

- 1° Preparar el excel usando la plantilla con los datos de la máquina a estudiar.
- 2° En los archivos del programa y de cálculo de coeficientes cambiar el nombre del archivo excel a leer por el que justo hemos creado.
- 3° Introducir los datos que se dispongan para el cálculo de la correlación para el caudal de aire en el archivo del programa tal y como se vió en la figura 4.4.
- 4° Crear un nuevo Jupyter Notebook e importar en él los programas para empezar a simular con el mismo lo que se desee.

```
[1]: import matplotlib.pyplot as plt
      %matplotlib inline
      import psychrolib
      psychrolib.SetUnitSystem(psychrolib.SI)

      import numpy as np
      import pandas as pd
      import programa as pr

[2]: ##### CAMBIAR POR EL EXCEL A LEER #####
      rf=pd.read_excel('50UZ_016.xlsx')
      #####
```

Figura 4-12. Datos de entrada para empezar a simular

# 5 OTRAS FORMAS DE CÁLCULO DE WE

*Si siempre haces lo mismo obtendrás los mismos resultados.*

*- Sudden Death, 1983 -*

Hemos visto que en el cálculo de  $W_e$  tanto en modo frío como en BdC se efectúa mediante una regresión no lineal que depende de las 3 temperaturas (o 2 en BdC) ya mencionadas para el factor corrector por temperatura, y del caudal de aire para el factor corrector del caudal. No obstante, se podría calcular  $W_e$ , en vez de estudiando directamente el mismo, parametrizar el EER (o el COP) y con la  $Q_f$  (o  $Q_c$ ) ya parametrizado como se vió en el punto 2, calcular el consumo eléctrico. En este apartado vemos este y otros casos y analizamos si se obtiene mejor, igual o peor precisión que con el modelo de referencia.

## 5.1 Cálculo de $W_e$ a partir del EER

Tomando como referencia la misma máquina que en el apartado 3 (50UZ016) al calcular usando el EER y la  $Q_f$  parametrizados se obtiene el siguiente ajuste:

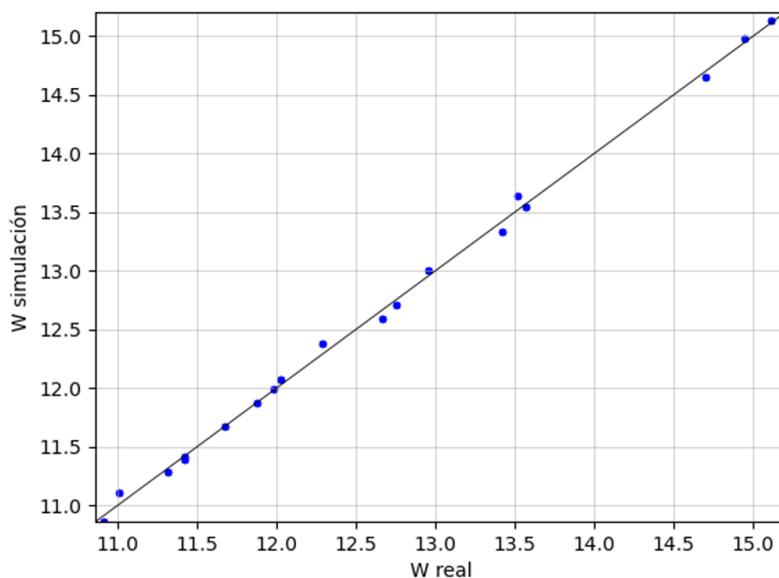


Figura 5-1. Ajuste  $W_e$  por EER

Aparentemente es prácticamente igual pero los resultados son ligeramente mejores. Su MSE es de 0.003 (0.005 antes), la desviación de los valores es igual a 0.057 kW (0.074 kW antes) y  $R^2 = 0.99914$  (0.99852

antes). Es curioso como dar un enfoque diferente hace que se obtengan mejores resultados.

En este caso debemos parametrizar  $Q_f$  y el EER.  $Q_f$  se parametriza con las mismas ecuaciones que vino en el punto 2 y el EER, de una forma muy similar, como sigue:

$$EER = EER_n \cdot Mod_{T,EER} \quad (5-1)$$

$$Mod_{T,EER} = cc_1 + cc_2 \cdot T_c + cc_3 \cdot T_c^2 + cc_4 \cdot T_{wb,int} + cc_5 \cdot T_{wb,int}^2 + cc_6 \cdot T_c \cdot T_{wb,int} \quad (5-2)$$

Siendo:

$EER_n$  el rendimiento nominal en modo refrigeración (potencia frigorífica nominal dividido entre consumo eléctrico nominal).

$Mod_{T,EER}$  el modificador de temperatura cuando no estamos en condiciones nominales.

Como sólo queremos comparar cómo es un método respecto al método directo, no calculamos corrección por caudal, sólo por temperatura siendo la más relevante. Igualmente, en el punto 3 como calculamos las curvas con el caudal nominal podemos comparar igualmente porque el modificador de caudal vale 1 con caudal nominal.

Cuando se calculan estos dos parámetros ( $Q_f$  y EER) ya podemos calcular el consumo eléctrico:

$$We = \frac{Q_f}{EER} \quad (5-3)$$

## 5.2 Cálculo de We (BdC) a partir del COP

De igual manera que antes pero ahora con el funcionamiento en modo bomba de calor se obtuvo el siguiente ajuste:

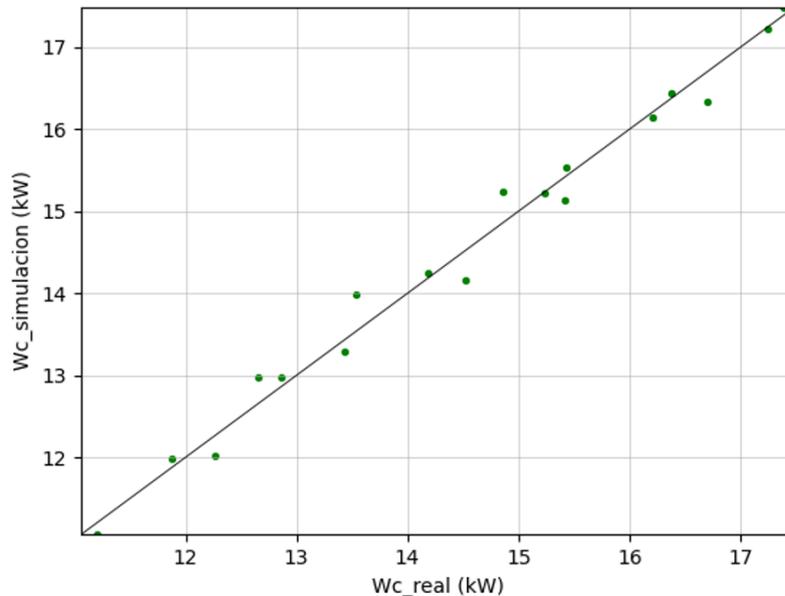


Figura 5-2. Ajuste We por COP

En el funcionamiento en modo BdC se sigue la misma tendencia que antes, al ajustar y obtener We parametrizando el COP se obtienen mejores resultados. En concreto su MSE es de 0.053 (0.062 antes), la desviación de los valores es igual a 0.231 kW (0.250 kW antes) y  $R^2 = 0.99203$  (0.99067 antes).

Las ecuaciones a parametrizar ahora son  $Q_c$  y el COP.  $Q_c$  se hace exactamente igual como se vió en el punto 2

y el COP se presenta a continuación:

$$COP = COP_n \cdot Mod_{T,COP} \quad (5-4)$$

$$Mod_{T,COP} = cc_1 + cc_2 \cdot T_c + cc_3 \cdot T_c^2 + cc_4 \cdot T_{wb,int} + cc_5 \cdot T_{wb,int}^2 + cc_6 \cdot T_c \cdot T_{wb,int} \quad (5-5)$$

Siendo:

$COP_n$  el rendimiento nominal en modo BdC (potencia calorífica nominal dividido entre consumo eléctrico nominal).

$Mod_{T,COP}$  el modificador de temperatura cuando no estamos en condiciones nominales.

Como sólo queremos comparar cómo es un método respecto al método directo, no calculamos corrección por caudal, sólo por temperatura siendo la más relevante.

Cuando se calculan estos dos parámetros ( $Q_c$  y COP) ya podemos calcular el consumo eléctrico:

$$W_{e,BdC} = \frac{Q_c}{COP} \quad (5-6)$$

### 5.3 Cálculo de $Q_{fs}$ a partir del FCS

En este caso, a diferencia de los anteriores, calcular  $Q_{fs}$  por este método en vez de por el método directo arroja no mejores o iguales resultados sino peores curiosamente. Igualmente, tal y como vimos las ecuaciones no dependen sólo de dos variables, sino de 3 al parametrizar el FCS ya que en él se encuentra implícito  $Q_{fs}$  y éste depende de 3 variables para su cálculo por lo que en este método se parametriza  $Q_f$  (de la misma forma que la descrita en el apartado 2) y el FCS. Las ecuaciones que describen el FCS en este caso son las siguientes:

$$FCS = FCS_n \cdot Mod_{T,FCS} \quad (5-7)$$

$$Mod_{T,FCS} = a_0 + a_1 \cdot T_{db,int} + a_2 \cdot T_{db,int}^2 + a_3 \cdot T_{wb,int} + a_4 \cdot T_{wb,int}^2 + a_5 \cdot T_{db,int} \cdot T_{wb,int} + a_6 \cdot T_c + a_7 \cdot T_c^2 + a_8 \cdot T_{db,int} \cdot T_c + a_9 T_{wb,int} \cdot T_c \quad (5-8)$$

Siendo:

$FCS_n$  el Factor de Calor Sensible nominal (potencia frigorífica sensible nominal dividido entre potencia frigorífica total nominal).

$Mod_{T,FCS}$  el modificador de temperatura cuando no estamos en condiciones nominales.

Igualmente, sólo queremos comparar cómo es un método respecto al método directo, por lo que no calculamos corrección por caudal, sólo por temperatura.

Con FCS y  $Q_f$  parametrizados, calculamos  $Q_{fs}$  como sigue:

$$Q_{fs} = FCS \cdot Q_f \quad (5-9)$$

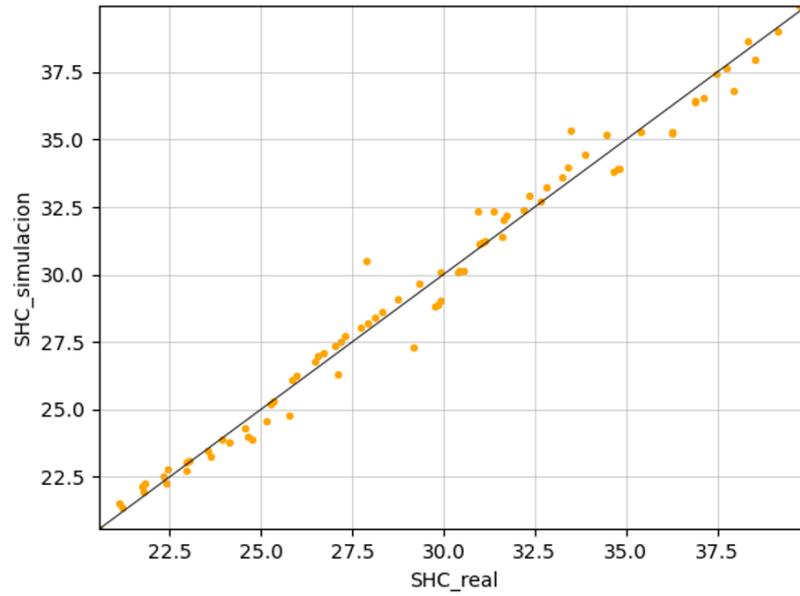


Figura 5-3. Ajuste  $Q_{fs}$  por FCS

En efecto, los resultados obtenidos fueron de un MSE igual a 0.428 (0.280 antes), la desviación de los valores igual a 0.654 kW (0.529 kW antes) y  $R^2 = 0.99189$  (0.99481 antes).

# 6 CONCLUSIONES Y FUTURO DESARROLLO

---

*La grandeza nace de pequeños comienzos.*

*- Sir Francis Drake -*

Como hemos visto, la simulación sólo trata en condiciones donde la potencia frigorífica es máxima, sin simular en condiciones de carga parcial a unas temperaturas dadas debido a la escasez de información en ese estado. No obstante, hemos visto que el sistema modelado en base a las ecuaciones mostradas simula relativamente bien y ajustándose a los datos por lo que podríamos tomar como válido los valores que simula en proyectos de simulación, cálculo de cargas frigoríficas o de cualquier otro tipo.

También podemos concluir que el ajuste por EER y COP del cálculo del consumo eléctrico es mejor que ajustando este directamente. No obstante, al calcular  $Q_{fs}$  es mejor por el método directo (esto es, parametrizando directamente  $Q_{fs}$ ) que por el método de ajuste del FCS.

## 6.1 Futuros desarrollos

Si se obtuviese información de equipos trabajando en carga parcial, un futuro desarrollo podría ser, de forma similar que, con la simulación hecha, modelar las ecuaciones que describirían al equipo funcionando en carga parcial y añadirlas al mismo código. La lógica sería la misma que la vista en este trabajo.

Otros campos de estudio podrían ser probar el modelo con otro tipo de máquinas como enfriadoras agua-agua, u otro tipo de máquinas frigoríficas, para ver si el modelo es apto con las mismas ecuaciones que lo describen, o por el contrario se tendría que optar por otras correlaciones, claro está que, manteniendo la estructura de las ecuaciones si es el primer caso, habría que cambiar las temperaturas de las que dependen, que en el caso de la enfriadora serían las temperaturas del agua.

También se podría simular varias marcas de equipos autónomos y obtener un estudio de por ejemplo qué marca se ajusta mejor, o cual tiene menos error a la hora de simular entre otras posibilidades.

A modo de lista, se exponen diferentes posibles proyectos a desarrollar para completar este modelo diseñado o incluso aumentar su alcance:

- Simulación en condiciones de carga parcial en equipos autónomos.
- Simulación de sistemas hidrónicos y baterías de agua.
- Estudio de diferentes marcas de equipos que existan en el mercado y su ajuste de sus datos a las simulaciones vistas en este proyecto.
- Simulación y estudio de los diferentes gases refrigerantes que existen y probarlos en una máquina dada.



# REFERENCIAS

---

- [1] U.S. Department of Energy, «Engineering Reference, EnergyPlus™ Version 22.1.0 Documentation,» 29 3 2022. [En línea]. Available: [https://energyplus.net/assets/nrel\\_custom/pdfs/pdfs\\_v22.1.0/EngineeringReference.pdf](https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v22.1.0/EngineeringReference.pdf).
- [2] J. Joe, P. Im y J. Dong, «ResearchGate, Empirical Modeling of Direct Expansion (DX),» 21 10 2020. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/346370461\\_Empirical\\_Modeling\\_of\\_Direct\\_Expansion\\_DX\\_Cooling\\_System\\_for\\_Multiple\\_Research\\_Use\\_Cases](https://www.researchgate.net/publication/346370461_Empirical_Modeling_of_Direct_Expansion_DX_Cooling_System_for_Multiple_Research_Use_Cases).
- [3] Juan Francisco Coronel Toro, Luis Pérez Lombard, *Instalaciones Térmicas en la Edificación, Esquema Sistema Autónomo*, Sevilla: Universidad de Sevilla, 2024.
- [4] «SciPy API,» [En línea]. Available: [https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.curve\\_fit.html](https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.curve_fit.html). [Último acceso: 2024].
- [5] D. Thevenard and D. Meyer, «PsychroLib API Documentation,» 2018. [En línea]. Available: [https://psychrometrics.github.io/psychrolib/api\\_docs.html](https://psychrometrics.github.io/psychrolib/api_docs.html).
- [6] ANSI/ASHRAE Standard 140-2023, «Method of Test for Evaluating Building Performance Simulation Software,» 2023. [En línea]. Available: <https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashraestandard1402023>.
- [7] R. CODER, «PYTHON CHARTS,» 2023. [En línea]. Available: [https://python-charts.com/es/colores/?utm\\_content=cmp-true](https://python-charts.com/es/colores/?utm_content=cmp-true).
- [8] NumPy Developers, «NumPy API Reference, numpy.corrcoef,» [En línea]. Available: <https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.corrcoef.html>.
- [9] InteractiveChaos, «Mean Squared Error,» [En línea]. Available: <https://interactivechaos.com/es/manual/tutorial-de-machine-learning/mean-squared-error>.



## ANEXO 1: Códigos del programa

El primer archivo es el programa en sí y se llama “programa.py”, contiene todas las funciones necesarias para realizar los cálculos vistos en este Trabajo. Asimismo contiene llamadas a funciones, algunas ya creadas y otras que he creado como la necesaria para el calculo de los coeficientes en las ecuaciones. En concreto he desarrollado dos archivos más complementarios al programa: “calculo\_coef.py” y “ADP.py” el primero es para el cálculo de los coeficientes tal y como acabamos de decir y el segundo para el cálculo de la temperatura de ADP.

- **programa.py:**

```
import psychrolib
psychrolib.SetUnitSystem(psychrolib.SI)
import numpy as np
import pandas as pd
import ADP
import calculo_coef as c

##### CAMBIAR POR EL EXCEL A LEER #####
rf=pd.read_excel('50UZ_016.xlsx')
#####

##DATOS NOMINALES##
def rooftop(T_out, TH_coil, Tdb):
    dnom=rf['DATOS NOMINALES_Qf(kW) _SHC(kW) _W(kW) _V(1/s)'].dropna().values

    Tc = rf['Tc'].dropna().values
    Twb = rf['Twb'].dropna().values
    Q_actual = rf['Q_actual'].dropna().values
    W = rf['W'].dropna().values
```

```

Tdb_SHC = rf['Tdb'].dropna().values
SHC = rf['SHC'].dropna().values

c_Qf = c.coef_Qf(Tc,Twb,Q_actual)
c_W = c.coef_W(Tc,Twb,W)
c_SHC = c.coef_SHC(Tc,Twb,Tdb_SHC,SHC)

Q_nom=dnom[0]
SHC_nom=dnom[1]
W_nom=dnom[2]
COP_nom=Q_nom/W_nom

V = dnom[3] #L/s

#####
F_ratio=1.0
#####
caudal = np.array([0.90, 1.00, 1.10]) #
Mod_FQf = np.array([0.98, 1.00, 1.02]) #
Mod_FSHC = np.array([0.96, 1.00, 1.03]) #
Mod_FW = np.array([0.99, 1.00, 1.01]) #
#####
c_F_Qf = c.Fratio_Qf(caudal,Mod_FQf)
c_F_W = c.Fratio_W(caudal,Mod_FW)
c_F_SHC = c.Fratio_SHC(caudal,Mod_FSHC)
#condiciones nominales T_out=35 TH_coil=19 Tdb=27

#####def-data#####
cc1 = c_Qf[0]
cc2 = c_Qf[1]
cc3 = c_Qf[2]
cc4 = c_Qf[3]
cc5 = c_Qf[4]
cc6 = c_Qf[5]

cc7 = c_F_Qf[0]
cc8 = c_F_Qf[1]

```

```
cc9 = c_F_Qf[2]
```

```
ce1 = c_W[0]
```

```
ce2 = c_W[1]
```

```
ce3 = c_W[2]
```

```
ce4 = c_W[3]
```

```
ce5 = c_W[4]
```

```
ce6 = c_W[5]
```

```
ce7 = c_F_W[0]
```

```
ce8 = c_F_W[1]
```

```
ce9 = c_F_W[2]
```

```
a0 = c_SHC[0]
```

```
a1 = c_SHC[1]
```

```
a2 = c_SHC[2]
```

```
a3 = c_SHC[3]
```

```
a4 = c_SHC[4]
```

```
a5 = c_SHC[5]
```

```
a6 = c_SHC[6]
```

```
a7 = c_SHC[7]
```

```
a8 = c_SHC[8]
```

```
a9 = c_SHC[9]
```

```
a10 = c_F_SHC[0]
```

```
a11 = c_F_SHC[1]
```

```
a12 = c_F_SHC[2]
```

```
#####
```

```
Mod_Tcap=cc1+cc2*T_out+cc3*T_out**2+cc4*TH_coil+cc5*TH_coil**2+cc6*T_out*TH_coi  
l
```

```
Mod_Fcap=cc7+cc8*F_ratio+cc9*F_ratio**2
```

---

```
Mod_T_W=ce1+ce2*T_out+ce3*T_out**2+ce4*TH_coil+ce5*TH_coil**2+ce6*T_out*TH_coil
```

```
Mod_F_W=ce7+ce8*F_ratio+ce9*F_ratio**2
```

```
Q_actual=Q_nom*Mod_Tcap*Mod_Fcap
```

```
W=W_nom*Mod_T_W*Mod_F_W
```

```
# SHR
```

```
Tc=T_out
```

```
Twb=TH_coil
```

```
Mod_SHC = a0 + a1*Tdb + a2*Tdb**2 + a3*Twb + a4*Twb**2 + a5*Tdb*Twb + a6*Tc
+ a7*Tc**2 + a8*Tdb*Tc + a9*Twb*Tc
```

```
Mod_F_SHC=a10+a11*F_ratio+a12*F_ratio**2
```

```
SHC =SHC_nom*Mod_SHC*Mod_F_SHC
```

```
if SHC>Q_actual:
```

```
    SHC=Q_actual
```

```
else:
```

```
    SHC
```

```
SHR=SHC/Q_actual
```

```
#Bypass Factor
```

```
Tdb_in = Tdb
```

```
Twb_in = TH_coil
```

```
P = 101325
```

```
def h(Tdb, omega):
```

```
    return psychrolib.GetMoistAirEnthalpy(Tdb, omega)
```

```

def factor_bypass(h_in, h_out, h_ADP):

    if h_in == h_ADP:
        raise ValueError("La entalpía de entrada y la entalpía de ADP no
pueden ser iguales.")

    factor_bypass = (h_out - h_ADP) / (h_in - h_ADP)
    return factor_bypass

# Calcular las entalpías correspondientes
if Twb_in<=Tdb_in:
    omega_in = psychrolib.GetHumRatioFromTWetBulb(Tdb_in, Twb_in, P)

    rho = psychrolib.GetMoistAirDensity(Tdb_in, omega_in, P) # kg/m³
    m=(V/1000)*rho

    h_in = h(Tdb_in, omega_in)
    h_out = h_in - Q_actual*1000/m
    h_Tin_wout = h_in-(1-SHR)*Q_actual*1000/m
    omega_out = psychrolib.GetHumRatioFromEnthalpyAndTDryBulb(h_Tin_wout,
Tdb_in)
    Tdb_out = psychrolib.GetTDryBulbFromEnthalpyAndHumRatio(h_out,
omega_out)

    calcularADP = ADP.resolver_adp(Tdb_in,omega_in,Tdb_out,omega_out,P)

    h_ADP = h(calcularADP[0], psychrolib.GetSatHumRatio(calcularADP[0], P))

    BP = factor_bypass(h_in, h_out, h_ADP)
    return (round(BP*100,1), round(calcularADP[0],2), round(SHC,2),
round(Q_actual,2), round(W,2), round(Tdb_in,2), round(omega_in*1000,2),
round(Tdb_out,2),
round(omega_out*1000,2),f"coef_Qf{c_Qf}",f"coef_F_Qf{c_F_Qf}",f"coef_W{c_W}",f"
coef_F_W{c_F_W}",f"coef_SHC{c_SHC}",f"coef_F_SHC{c_F_SHC}")
else:
    #print(f"Temperatura húmeda no puede ser superior a la Temperatura
seca")
    return None

```

```
def SHC_by_SHR(T_out,TH_coil,Tdb):

    dnom=rf['DATOS NOMINALES_Qf(kW) _SHC(kW) _W(kW) _V(1/s)'].dropna().values

    Tc = rf['Tc'].dropna().values
    Twb = rf['Twb'].dropna().values
    Tdb_values = rf['Tdb'].dropna().values

    Q_actual = rf['Q_actual'].dropna().values
    SHC = rf['SHC'].dropna().values
    SHR = SHC/Q_actual

    c_Qf = c.coef_Qf(Tc,Twb,Q_actual)
    c_SHR = c.coef_SHR(Tc,Twb,Tdb_values,SHR)

    Q_nom=dnom[0]
    SHC_nom=dnom[1]
    SHR_nom=SHC_nom/Q_nom

    V = dnom[3] #L/s

    cc1 = c_Qf[0]
    cc2 = c_Qf[1]
    cc3 = c_Qf[2]
    cc4 = c_Qf[3]
    cc5 = c_Qf[4]
    cc6 = c_Qf[5]

    e0 = c_SHR[0]
```

```

e1 = c_SHR[1]
e2 = c_SHR[2]
e3 = c_SHR[3]
e4 = c_SHR[4]
e5 = c_SHR[5]
e6 = c_SHR[6]
e7 = c_SHR[7]
e8 = c_SHR[8]
e9 = c_SHR[9]

```

```

Mod_Tcap=cc1+cc2*T_out+cc3*T_out**2+cc4*TH_coil+cc5*TH_coil**2+cc6*T_out*TH_coil

```

```

Mod_T_SHR=e0 + e1*Tdb + e2*Tdb**2 + e3*TH_coil + e4*TH_coil**2 +
e5*Tdb*TH_coil + e6*T_out + e7*T_out**2 + e8*Tdb*T_out + e9*TH_coil*T_out

```

```

Q_actual=Q_nom*Mod_Tcap

```

```

SHR=SHR_nom*Mod_T_SHR

```

```

SHC = SHR*Q_actual

```

```

return (round(SHC,2))

```

```

def W_by_EER(T_out,TH_coil):

```

```

    dnom=rf['DATOS NOMINALES_Qf(kW) _SHC(kW) _W(kW) _V(1/s)'].dropna().values

```

```

    Tc = rf['Tc'].dropna().values

```

```

    Twb = rf['Twb'].dropna().values

```

```

    Q_actual = rf['Q_actual'].dropna().values

```

```

    W = rf['W'].dropna().values

```

```

    EER = Q_actual/W

```

```
c_Qf = c.coef_Qf(Tc,Twb,Q_actual)
```

```
c_EER = c.coef_EER(Tc,Twb,EER)
```

```
Q_nom=dnom[0]
```

```
W_nom=dnom[2]
```

```
EER_nom=Q_nom/W_nom
```

```
V = dnom[3] #L/s
```

```
cc1 = c_Qf[0]
```

```
cc2 = c_Qf[1]
```

```
cc3 = c_Qf[2]
```

```
cc4 = c_Qf[3]
```

```
cc5 = c_Qf[4]
```

```
cc6 = c_Qf[5]
```

```
e1 = c_EER[0]
```

```
e2 = c_EER[1]
```

```
e3 = c_EER[2]
```

```
e4 = c_EER[3]
```

```
e5 = c_EER[4]
```

```
e6 = c_EER[5]
```

```
Mod_Tcap=cc1+cc2*T_out+cc3*T_out**2+cc4*TH_coil+cc5*TH_coil**2+cc6*T_out*TH_coil
```

```
Mod_T_EER=e1+e2*T_out+e3*T_out**2+e4*TH_coil+e5*TH_coil**2+e6*T_out*TH_coil
```

```
Q_actual=Q_nom*Mod_Tcap
```

```
EER=EER_nom*Mod_T_EER
```

```
We = Q_actual/EER
```

```
return (round(We,2))
```

```

def Bdc(Twb_ext,Tdb_in):
    dnom_Bdc=rf['DATOS NOMINALES_Bdc Qc(kW)_W(kW) _V(1/s)'].dropna().values

    Twetbulb_ext = rf['Twb_ext'].dropna().values
    Tdrybulb_in = rf['Tdb_int'].dropna().values
    Qc = rf['Q_Bdc'].dropna().values
    Wc = rf['W_Bdc'].dropna().values

    c_Qc = c.coef_Qc(Twetbulb_ext,Tdrybulb_in,Qc)
    c_Wc = c.coef_Wc(Twetbulb_ext,Tdrybulb_in,Wc)

    Qc_nom = dnom_Bdc[0]
    Wc_nom = dnom_Bdc[1]

    #####
    F_ratio=1.00
    #####
    caudal_data = np.array([0.90, 1.00, 1.10])
    Mod_FQc_data = np.array([0.98, 1.00, 1.02])
    Mod_FWc_data = np.array([1.01, 1.00, 0.96])
    #####

    c_F_Qc = c.Fratio_Qc(caudal_data,Mod_FQc_data)
    c_F_Wc = c.Fratio_Wc(caudal_data,Mod_FWc_data)
    #condiciones nominales Bdc Twb_exterior=6 °C, Tdb_interior=20 °C

    cc1 = c_Qc[0]
    cc2 = c_Qc[1]
    cc3 = c_Qc[2]
    cc4 = c_Qc[3]
    cc5 = c_Qc[4]
    cc6 = c_Qc[5]

```

```

cc7 = c_F_Qc[0]
cc8 = c_F_Qc[1]
cc9 = c_F_Qc[2]

```

```

ce1 = c_Wc[0]
ce2 = c_Wc[1]
ce3 = c_Wc[2]
ce4 = c_Wc[3]
ce5 = c_Wc[4]
ce6 = c_Wc[5]

```

```

ce7 = c_F_Wc[0]
ce8 = c_F_Wc[1]
ce9 = c_F_Wc[2]

```

```

Mod_TQc=cc1+cc2*Twb_ext+cc3*Twb_ext**2+cc4*Tdb_in+cc5*Tdb_in**2+cc6*Twb_ext*Tdb_in

```

```

Mod_FQc=cc7+cc8*F_ratio+cc9*F_ratio**2

```

```

Mod_T_Wc=ce1+ce2*Twb_ext+ce3*Twb_ext**2+ce4*Tdb_in+ce5*Tdb_in**2+ce6*Twb_ext*Tdb_in

```

```

Mod_FWc=ce7+ce8*F_ratio+ce9*F_ratio**2

```

```

Q_c=Qc_nom*Mod_TQc*Mod_FQc

```

```

W_c=Wc_nom*Mod_T_Wc*Mod_FWc

```

```

return (round(Q_c,2), round(W_c,2),
f"coef_Qc{c_Qc}", f"coef_F_Qc{c_F_Qc}", f"coef_Wc{c_Wc}", f"coef_F_Wc{c_F_Wc}")

```

```

def W_by_COP(Twb_ext,Tdb_in):

    dnom_BdC=rf['DATOS NOMINALES_BdC Qc(kW)_W(kW) _V(1/s)'].dropna().values

    Twetbulb_ext = rf['Twb_ext'].dropna().values
    Tdrybulb_in = rf['Tdb_int'].dropna().values
    Qc = rf['Q_BdC'].dropna().values
    Wc = rf['W_BdC'].dropna().values
    COP = Qc/Wc

    c_Qc = c.coef_Qc(Twetbulb_ext,Tdrybulb_in,Qc)
    c_COP = c.coef_COP(Twetbulb_ext,Tdrybulb_in,COP)

    Qc_nom = dnom_BdC[0]
    Wc_nom = dnom_BdC[1]
    COP_nom=Qc_nom/Wc_nom

    cc1 = c_Qc[0]
    cc2 = c_Qc[1]
    cc3 = c_Qc[2]
    cc4 = c_Qc[3]
    cc5 = c_Qc[4]
    cc6 = c_Qc[5]

    c1 = c_COP[0]
    c2 = c_COP[1]
    c3 = c_COP[2]
    c4 = c_COP[3]
    c5 = c_COP[4]
    c6 = c_COP[5]

    Mod_TQc=cc1+cc2*Twb_ext+cc3*Twb_ext**2+cc4*Tdb_in+cc5*Tdb_in**2+cc6*Twb_ext*Tdb_in

    Mod_T_COP=c1+c2*Twb_ext+c3*Twb_ext**2+c4*Tdb_in+c5*Tdb_in**2+c6*Twb_ext*Tdb_in

    Q_c=Qc_nom*Mod_TQc

```

```
COP=COP_nom*Mod_T_COP
```

```
Wc = Q_c/COP
```

```
return (round(Wc,2))
```

- **calculo\_coef.py:**

```
import numpy as np
import pandas as pd
from scipy.optimize import curve_fit

##### CAMBIAR POR EL EXCEL A LEER #####
rf=pd.read_excel('50UZ_016.xlsx')
#####
dnom=rf['DATOS NOMINALES_Qf(kw) _SHC(kw) _W(kw) _V(1/s)'].values

dnom_BdC=rf['DATOS NOMINALES_BdC Qc(kw)_W(kw) _V(1/s)'].values

def Fratio_Qf(caudal,Mod_Fcap):

    def equation(caudal, cc7, cc8, cc9):

        return cc7+cc8*caudal+cc9*caudal**2

    # Ajusta la regresión no lineal
    coef, covarianza = curve_fit(equation, (caudal), Mod_Fcap)
    return coef

def Fratio_W(caudal,Mod_FW):

    def equation(caudal, ce7, ce8, ce9):

        return ce7+ce8*caudal+ce9*caudal**2

    # Ajusta la regresión no lineal
```

```
    coef, covarianza = curve_fit(equation, (caudal), Mod_FW)
    return coef

def Fratio_SHC(caudal,Mod_FSHC):

    def equation(caudal, a10, a11, a12):

        return a10+a11*caudal+a12*caudal**2

    # Ajusta la regresión no lineal
    coef, covarianza = curve_fit(equation, (caudal), Mod_FSHC)
    return coef

def Fratio_Qc(caudal,Mod_Fcapc):

    def equation(caudal, cc7, cc8, cc9):

        return cc7+cc8*caudal+cc9*caudal**2

    # Ajusta la regresión no lineal
    coef, covarianza = curve_fit(equation, (caudal), Mod_Fcapc)
    return coef

def Fratio_Wc(caudal,Mod_FWc):

    def equation(caudal, ce7, ce8, ce9):

        return ce7+ce8*caudal+ce9*caudal**2

    # Ajusta la regresión no lineal
    coef, covarianza = curve_fit(equation, (caudal), Mod_FWc)
    return coef
```

```

def coef_Qf(T_out,TH_coil,Q_actual):

    from scipy.optimize import curve_fit

    Q_nom=dnom[0]
    # Define la función que quieres ajustar
    def equation(T_outTH_coil, cc1, cc2, cc3, cc4, cc5, cc6):

        T_out, TH_coil = T_outTH_coil

    Mod_Tcap=cc1+cc2*T_out+cc3*T_out**2+cc4*TH_coil+cc5*TH_coil**2+cc6*T_out*TH_coi
    l

        return Q_nom*(Mod_Tcap)

    # Ajusta la regresión no lineal
    coef, covarianza = curve_fit(equation, (T_out, TH_coil), Q_actual)

    return coef

def coef_W(T_out,TH_coil,W):

    from scipy.optimize import curve_fit

    W_nom = dnom[2]

    # Define la función que quieres ajustar
    def equation(T_outTH_coil, ce1, ce2, ce3, ce4, ce5, ce6):

        T_out, TH_coil = T_outTH_coil

```

```
Mod_T_W=ce1+ce2*T_out+ce3*T_out**2+ce4*TH_coil+ce5*TH_coil**2+ce6*T_out*TH_coil

    return W_nom*Mod_T_W

# Ajusta la regresión no lineal
coef, covarianza = curve_fit(equation, (T_out, TH_coil), W)

return coef

def coef_EER(T_out,TH_coil,EER):

    from scipy.optimize import curve_fit

    EER_nom = dnom[0]/dnom[2]

    # Define la función que quieres ajustar
    def equation(T_outTH_coil, e1, e2, e3, e4, e5, e6):

        T_out, TH_coil = T_outTH_coil

    Mod_T_EER=e1+e2*T_out+e3*T_out**2+e4*TH_coil+e5*TH_coil**2+e6*T_out*TH_coil

    return EER_nom*Mod_T_EER

# Ajusta la regresión no lineal
coef, covarianza = curve_fit(equation, (T_out, TH_coil), EER)

return coef
```

```

def coef_SHC(Tc,Twb,Tdb,SHC):

    from scipy.optimize import curve_fit
    import numpy as np

    Q_nom=dnom[0]
    SHC_nom=dnom[1]

    #Tc= temp. aire exterior condensación
    #Tdb y Twb son las temp seca y húmeda del aire de entrada

    def equation(TcTwbTdb, a0, a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9):

        Tc, Twb, Tdb = TcTwbTdb

        Mod_SHC = a0 + a1*Tdb + a2*Tdb**2 + a3*Twb + a4*Twb**2 + a5*Tdb*Twb +
a6*Tc + a7*Tc**2 + a8*Tdb*Tc + a9*Twb*Tc

        return SHC_nom*Mod_SHC

    coef, covarianza = curve_fit(equation, (Tc, Twb, Tdb), SHC)

    return coef

def coef_SHR(Tc,Twb,Tdb,SHR):

    from scipy.optimize import curve_fit
    import numpy as np

    Q_nom=dnom[0]
    SHC_nom=dnom[1]

    SHR_nom = SHC_nom/Q_nom

```

```

#Tc= temp. aire exterior condensación
#Tdb y Twb son las temp seca y húmeda del aire de entrada

def equation(TcTwbTdb, a0, a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9):

    Tc, Twb, Tdb = TcTwbTdb

    Mod_SHR = a0 + a1*Tdb + a2*Tdb**2 + a3*Twb + a4*Twb**2 + a5*Tdb*Twb +
a6*Tc + a7*Tc**2 + a8*Tdb*Tc + a9*Twb*Tc

    return SHR_nom*Mod_SHR

coef, covarianza = curve_fit(equation, (Tc, Twb, Tdb), SHR)

return coef

def coef_Qc(Twb_ext,Tdb_in,Q_c):

    from scipy.optimize import curve_fit

    Qc_nom=dnom_BdC[0]
    # Define la función que quieres ajustar
    def equation(Twb_extTdb_in, cc1, cc2, cc3, cc4, cc5, cc6):

        Twb_ext, Tdb_in = Twb_extTdb_in

    Mod_TQc=cc1+cc2*Twb_ext+cc3*Twb_ext**2+cc4*Tdb_in+cc5*Tdb_in**2+cc6*Twb_ext*Tdb
_in

    return Qc_nom*(Mod_TQc)

# Ajusta la regresión no lineal
coef, covarianza = curve_fit(equation, (Twb_ext, Tdb_in), Q_c)

```

```
return coef
```

```
def coef_Wc(Twb_ext,Tdb_in,Wc):
```

```
    from scipy.optimize import curve_fit
```

```
    Wc_nom = dnom_BdC[1]
```

```
    def equation(Twb_extTdb_in, ce1, ce2, ce3, ce4, ce5, ce6):
```

```
        Twb_ext, Tdb_in = Twb_extTdb_in
```

```
        Mod_T_Wc=ce1+ce2*Twb_ext+ce3*Twb_ext**2+ce4*Tdb_in+ce5*Tdb_in**2+ce6*Twb_ext*Td  
        b_in
```

```
        return Wc_nom*Mod_T_Wc
```

```
    # Ajusta la regresión no lineal
```

```
    coef, covarianza = curve_fit(equation, (Twb_ext, Tdb_in), Wc)
```

```
    return coef
```

```
def coef_COP(Twb_ext,Tdb_in,COP):
```

```
    from scipy.optimize import curve_fit
```

```
    COP_nom = dnom_BdC[0]/dnom_BdC[1]
```

```

# Define la función que quieres ajustar
def equation(Twb_extTdb_in, c1, c2, c3, c4, c5, c6):

    Twb_ext, Tdb_in = Twb_extTdb_in

Mod_T_COP=c1+c2*Twb_ext+c3*Twb_ext**2+c4*Tdb_in+c5*Tdb_in**2+c6*Twb_ext*Tdb_in

    return COP_nom*Mod_T_COP

# Ajusta la regresión no lineal
coef, covarianza = curve_fit(equation, (Twb_ext, Tdb_in), COP)

return coef

```

- **ADP.py:**

```

import psychrolib as ps
from scipy.optimize import fsolve

def resolver_adp(TAE,wAE,TAS,wAS,P):
    if abs(wAE-wAS)<0.0001*wAE:
        return [ps.GetTDewPointFromHumRatio(TAE,wAE,P)]
    def ecuaciones(y,*data):
        TAE,wAE,TAS,wAS,P=data
        return[(TAE-TAS)/(TAE-y[0])-(wAE-wAS)/(wAE-y[1]),
                y[1]-ps.GetHumRatioFromRelHum(y[0], 1, P)]

    data=(TAE,wAE,TAS,wAS,P)
    solucion=fsolve(ecuaciones, [TAS,wAS],args=data)
    return solución

```

## ANEXO 2: Catálogo del fabricante



PRO-DIALOG Plus



La Compañía participa en el Programa de Certificación EUROVENT. Los productos se corresponden con los relacionados en el Directorio EUROVENT de productos certificados.



## 50UZ

**Capacidad frigorífica nominal 41,0-119,2 kW**

**Capacidad calorífica nominal 45,0-146,1 kW**

Las unidades rooftop compactas 50UZ están especialmente diseñadas para su instalación en el exterior. Estas unidades son autónomas y pueden ser instaladas en aplicaciones comerciales e industriales.

### Características

- El refrigerante R-407C ofrece una solución económica a los problemas de protección del medio ambiente. Los componentes de estas unidades están diseñados para este nuevo refrigerante y las unidades han sido sometidas en los laboratorios a las pruebas necesarias para asegurar su perfecto funcionamiento.
- El mueble está fabricado de chapa de acero galvanizado, pintado con pintura de poliéster en polvo secada, especialmente adecuada para instalar en el exterior.
- Reducido volumen y peso apropiado para edificios modernos con estructura ligera.
- Los modelos 016, 024, 028, 038 y 042 incorporan compresores Scroll, modelo 020 monta compresor hermético alternativo diseñados para refrigerante R-407C incluyendo protector térmico contra sobrecargas y temperaturas elevadas.
- Los compresores van montados sobre amortiguadores para evitar vibraciones.
- Los calentadores del cárter son de serie para todas las unidades.
- Los ventiladores interiores son centrífugos de doble oído con álabes curvados.
- El revolucionario ventilador de bajo nivel de ruido de dos velocidades Flying Bird II se fabrica de material compuesto reciclable y responde a un diseño de aspas múltiples y anillo giratorio como el que se utiliza en la industria aeronáutica. Es excepcionalmente silencioso y no genera el ruido de baja frecuencia. A carga parcial y a temperaturas exteriores bajas, el ventilador conmuta automáticamente a baja velocidad.
- Los intercambiadores están contruidos con tubos de cobre de alta calidad expandidos en aletas corrugadas de aluminio pretratado que ofrecen un alto nivel de protección contra la corrosión y la radiación UV.
- El circuito refrigerante utiliza tubos de cobre desoxidado y deshidratado con válvulas de acceso tipo obús. Incluye una carga completa de refrigerante, válvulas de expansión y el resto de elementos necesarios para el funcionamiento de la unidad.
- Las unidades están completamente cableadas de acuerdo con la normativa EN incorporan magnetotérmicos e interruptor general.
- La descongelación se ha optimizado con un algoritmo autoadaptativo. Esto y el nuevo diseño de la batería acortan el ciclo de descongelación en un 50% por término medio. Para aumentar la seguridad, un calentador eléctrico evita la acumulación de hielo en la base del intercambiador de calor.

- Todas las tuberías y componentes de refrigeración van soldados, salvo los compresores, que se conectan mediante tomas rotalock. Los sensores de presión se montan directamente en las tuberías.
- Las conexiones eléctricas se han simplificado y el equipo estándar incluye un interruptor principal y un solo punto de entrada de la alimentación eléctrica trifásica sin neutro para toda la unidad.

### Control Pro-Dialog Plus

- El control Pro-Dialog Plus es un avanzado sistema de control numérico que combina una compleja inteligencia con una gran sencillez de manejo. El control Pro-Dialog Plus vigila constantemente todos los parámetros de la máquina y gestiona con precisión el funcionamiento de los compresores, ventiladores y válvula de inversión del ciclo para conseguir una eficiencia energética óptima.

### Un potente sistema de control

- El control Pro-Dialog Plus se adapta automáticamente y garantiza la protección total de los compresores. El sistema comprueba permanentemente los parámetros de funcionamiento y responde para evitar un número de ciclos excesivo, manteniendo el intervalo idóneo de funcionamiento de cada compresor (temperaturas y presiones fuera de los límites admisibles, etc.). Aplicando correcciones antes de que se produzca ningún fallo, el control de adaptación automática impide con frecuencia una parada debida a una condición de fallo.
- Para optimizar el consumo de energía, el Pro-Dialog Plus reajusta el punto de consigna de la temperatura del espacio de acuerdo con la temperatura del aire exterior o utiliza un segundo punto de consigna (por ejemplo, para ocupación/desocupación), y asegura la conmutación automática entre calefacción y refrigeración.
- El control Pro-Dialog Plus permite la comunicación a través de JBus y LonWorks si se proporciona el hardware necesario.

### Sistema de control claro y fácil de usar

- El interface del operador es claro y fácil de usar: varios LED y dos pantallas numéricas permiten la verificación inmediata de todos los datos de funcionamiento de la unidad.
- Botones convenientemente situados en un esquema sinóptico de la unidad bomba de calor permiten la visualización inmediata de los parámetros de funcionamiento: temperaturas, presiones, punto de consigna, tiempos de funcionamiento de los compresores, etc.
- 10 menús ofrecen acceso directo a todos los controles de la máquina, incluido un registro de posibles fallos, para realizar rápida y completamente el diagnóstico de los fallos de la unidad bomba de calor.

### Mayores posibilidades de comunicaciones

- El control Pro-Dialog Plus permite el control remoto. Unos contactos sin tensión permiten regular lo siguiente: puesta en marcha/parada, selección de la modalidad de calefacción/refrigeración, límite de demanda de potencia o selección de un segundo punto de consigna. El sistema permite la señalización remota de cualquier posible anomalía en cualquiera de los circuitos de refrigerante.
- El control Pro-Dialog Plus permite la programación de las operaciones siguientes:
  - puesta en marcha/parada
  - funcionamiento en el segundo punto de consigna (por ejemplo, para habitación desocupada)
  - funcionamiento de la unidad con el ventilador a baja velocidad para reducir el nivel de ruido
  - puerto serie RS 485 para control remoto de hasta seis unidades en un grupo maestro-esclavo a través del bus de comunicaciones.

## Opcionales y accesorios

	Opción	Accesorio
Economizador - entálpico	x	
Economizador - termostático	x	
Campana del economizador con panel deslizante	x	x
Regulador manual del aire exterior	x	x
Resistencia eléctrica	x	
Batería de agua caliente con válvula proporcional	x	
Accesorio descarga frontal		x
Accesorio descarga vertical		x
Accesorio descarga vertical con ventilación de aire (normativa francesa ERP)		x
Accesorio ajustable longitudinal de descarga vertical		x
Accesorio ajustable transversal de descarga vertical		x
Ventilador de retorno del aire		x
Ventilador de retorno de aire con actuador de compuerta		x
Compuerta de sobrepresión	x	
Salida barométrica	x	
Alarma de filtro sucio	x	
Filtros de 50 mm de espesor, eficiencia G4, clase de reacción al fuego M1	x	
Filtros de 50 mm de espesor, eficiencia F6, clase de reacción al fuego M1	x	
Filtros de 50 mm de espesor, eficiencia F7, clase de reacción al fuego M1	x	
Filtros de 50 mm de espesor, eficiencia G4 + F6, clase de reacción al fuego M1	x	
Filtros de 50 mm de espesor, eficiencia G4 + F7, clase de reacción al fuego M1	x	
Filtros de 50 mm de espesor, eficiencia F6 + F7, clase de reacción al fuego M1	x	
Transmisión de alta presión estática - HS1	x	
Transmisión de alta presión estática - HS2	x	
Transmisión de alta presión estática - HS3	x	
Termostato de incendio	x	
Detector de humos	x	
Detector de humos con DAD (normativa francesa ERP)	x	
Detector de caudal del aire	x	
Bandeja de drenaje de acero inoxidable	x	
Baterías con capa blue-fin	x	
Sensor complementario de temperatura del espacio		x
IAQ - sensor de calidad del aire interior CO <sub>2</sub>		x
Controlador Room-mate		x
Terminal de contacto libre	x	
Interface de usuario Pro-Dialog+	x	
Gateway de comunicaciones JBus	x	x
Gateway de comunicaciones LonWorks	x	x
Termostato programable - TSTAT		x
Termostato no programable - TSTAT		x

### Filtro y filtro previo de dos etapas opcional



## Datos físicos

50UZ		016	020	024	028	038	042
<b>Capacidad frigorífica nominal*</b>	kW	41	52	68,5	77	108	119,2
<b>Capacidad calorífica nominal**</b>	kW	45	56,7	79	85	123	146,1
<b>Peso en funcionamiento</b>	kg	755	930	1070	1080	1635	1670
<b>Carga de refrigerante</b>		R-407C					
Circuito A	kg	11,8	6,5	9,4	9,4	16,8	24
Circuito B	kg	-	7,4	9,9	9,9	16,8	24
<b>Compresor</b>		Scroll	Hermético	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Cantidad, circuito A		1	1	1	1	1	1
Cantidad, circuito B		-	1	1	1	1	1
Carga de aceite (cada uno)	l	6,6	4	4	6,6	8	8
<b>Tipo de control</b>		Pro-Dialog Plus					
<b>Batería interior</b>		Tubos de cobre, aletas de aluminio					
Superficie frontal	m <sup>2</sup>	1,71	1,71	1,71	1,71	2,56	2,56
Filas ... separación entre aletas	mm	3 ... 1,7	3 ... 1,81	4 ... 1,7	4 ... 1,7	3 ... 1,7	4 ... 1,7
<b>Batería exterior</b>		Tubos de cobre, aletas de aluminio					
Superficie frontal	m <sup>2</sup>	2,05	1,93	2,78	2,78	5,2	5,2
Filas ... separación entre aletas	mm	3 ... 1,7	4 ... 1,7	4 ... 1,7	4 ... 1,7	3 ... 1,81	4 ... 1,81
<b>Ventilador interior</b>		Uno, centrífugo					
Caudal de aire	l/s	2528	3444	3472	3944	5550	5550
Velocidad	r/s	15,25	18,28	18,77	18,77	13,62	14,30
Consumo nominal	kW	2,2	4	5,5	5,5	7,5	7,5
Presión estática nominal (batería seca/húmeda)	Pa	146	159	149	149	146	165
<b>Ventilador exterior</b>		Ventiladores axiales Flying Bird II con anillo exterior					
Cantidad		1	2	2	2	2	2
Caudal de aire	l/s	6100	6600	10600	10600	13000	12500
Velocidad (baja/alta velocidad)	r/s	15,6/7,8	11,5/5,8	15,6/7,8	15,6/7,8	15,6/7,8	15,6/7,8
Consumo nominal (cada uno)	kW	1,8	0,75	1,8	1,8	1,8	1,8
<b>Filtro de aire</b>		G4					
Cantidad		6	6	6	6	9	9
Anchura x altura	mm	595 x 495	595 x 495	595 x 495	595 x 495	595 x 495	595 x 495
Espesor	mm	50	50	50	50	50	50

\* Condiciones nominales Eurovent: temperatura de aire exterior de 35°C y una temperatura húmeda de aire interior de 19°C.

\*\* Condiciones nominales Eurovent: temperatura de aire exterior de 6°C y una temperatura seca de aire interior de 20°C.

## Datos eléctricos

50UZ†		016	020	024	028	038	042
<b>Tensión de funcionamiento</b>	V-f-Hz	400-3-50					
<b>Rango de voltaje</b>	V						
Mín.		360	360	360	360	360	360
Máx.		440	440	440	440	440	440
<b>Consumo nominal</b>							
Refrigeración*	kW	17,01	26,12	31,76	35,41	51,15	63,35
Calefacción**	kW	16,77	21,91	33,54	36,37	48,26	58,28
<b>Consumo efectivo</b>							
Refrigeración*	kW	15,66	24,20	29,76	33,04	47,26	60,02
Calefacción**	kW	15,42	19,99	31,54	34,00	44,37	54,95
<b>Corriente nominal</b>							
Refrigeración*	A	35,09	46,76	56,23	67,85	98,44	121,92
Calefacción**	A	34,54	42,00	58,02	68,62	92,88	112,16
<b>Corriente efectiva</b>							
Refrigeración*	A	32,31	43,32	52,69	63,31	90,95	115,51
Calefacción**	A	31,76	38,32	54,56	64,15	85,39	105,75
<b>Consumo máximo</b>							
Refrigeración***	kW	20,03	28,97	37,41	42,28	62,82	72,33
Calefacción****	kW	19,21	25,85	36,06	44,26	58,22	70,79
<b>Corriente máxima</b>							
Refrigeración***	A	41,32	51,86	66,23	81,01	120,90	139,20
Calefacción****	A	39,57	49,55	62,38	83,51	112,04	136,24
<b>Cortocircuito</b>	A	182	133	184,3	216	271	347

\* Condiciones nominales Eurovent: temperatura de aire exterior de 35°C y una temperatura húmeda de aire interior de 19°C.

\*\* Condiciones nominales Eurovent: temperatura de aire exterior de 6°C y una temperatura seca de aire interior de 20°C.

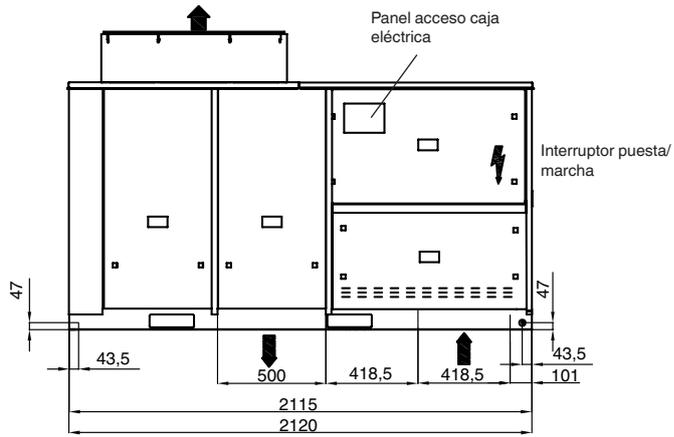
\*\*\* Basada en una temperatura de aire exterior de 46°C.

\*\*\*\* Basada en una temperatura de aire exterior de 16°C y una temperatura seca de aire interior de 27°C.

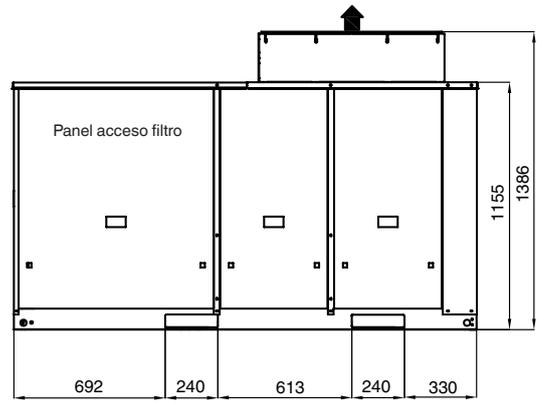
† Unidad estándar (sin accesorios ni opciones)

# Dimensiones, mm

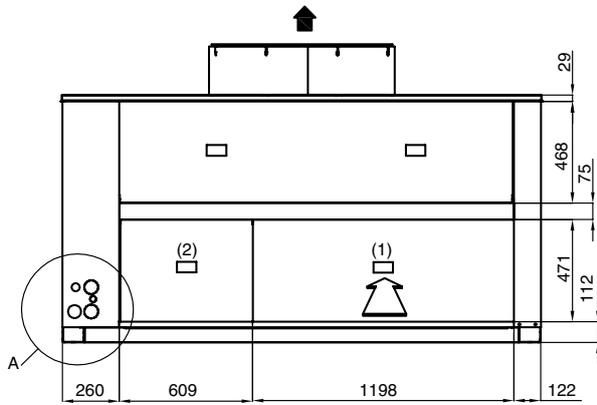
50UZ 016



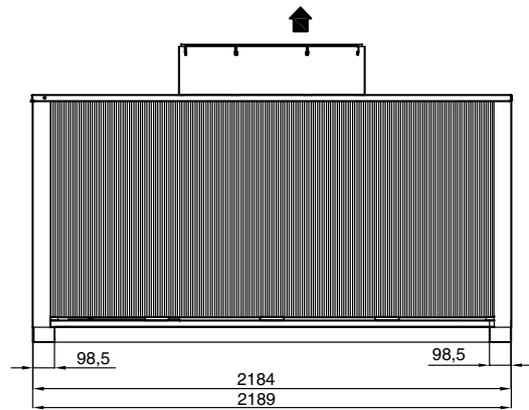
**Lateral derecho**



**Lateral izquierdo**

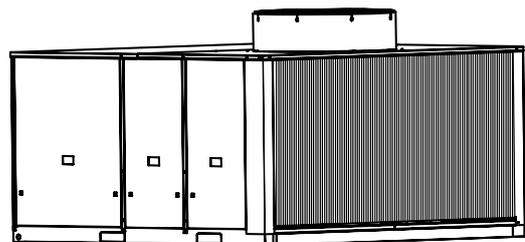
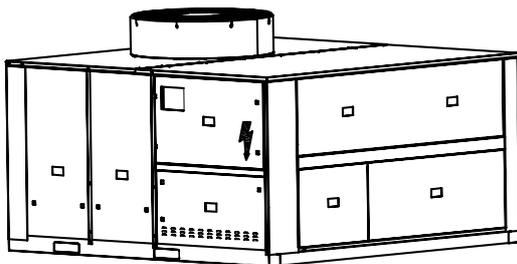
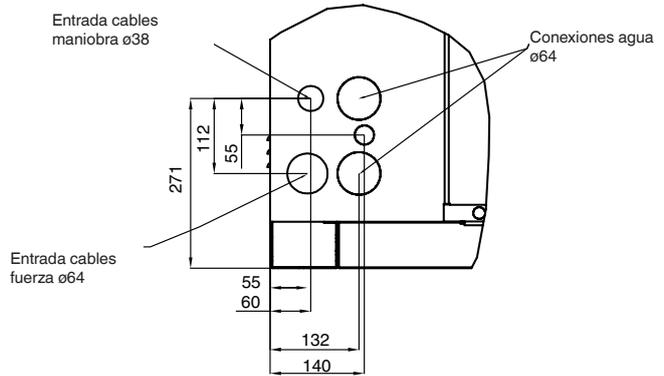


**Vista posterior**



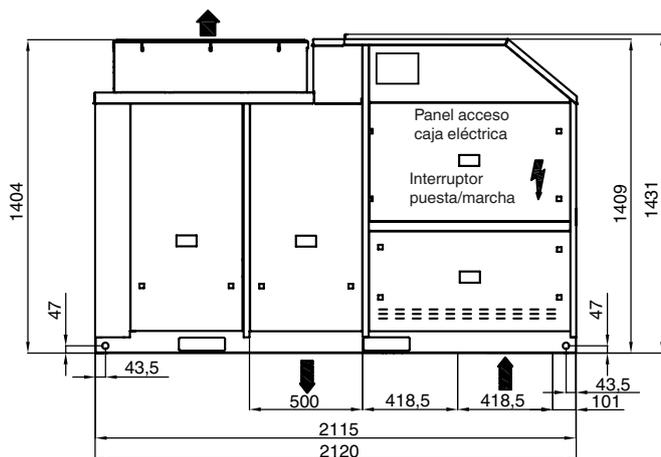
**Vista frontal**

- (1) Conexión opcional de conducto de retorno del aire
- (2) Conexión opcional de escape forzado
- (1) + (2) Conexión alternativa de conducto de retorno del aire. En este caso no se usa la opción de escape forzado.



Para el diseño de instalaciones utilizar los dibujos actualizados disponibles en la oficina local de Carrier.

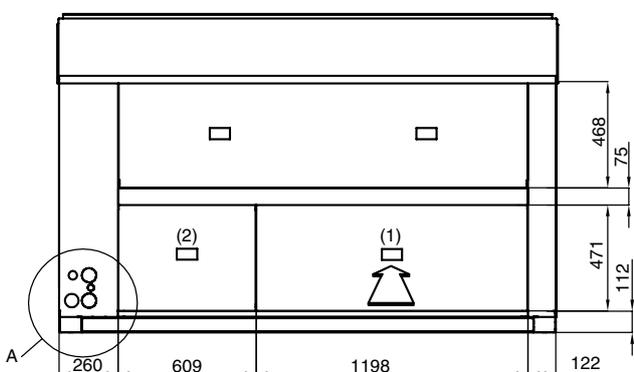
50UZ 020



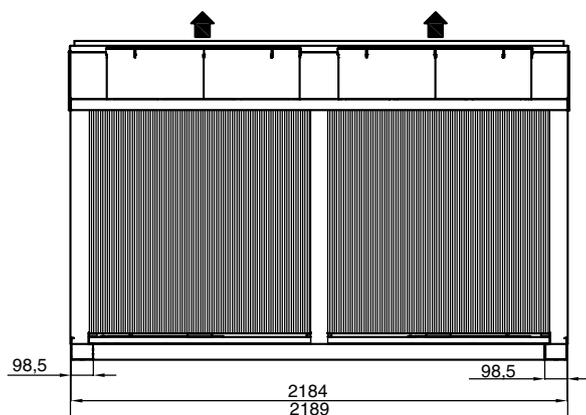
Lateral derecho



Lateral izquierdo

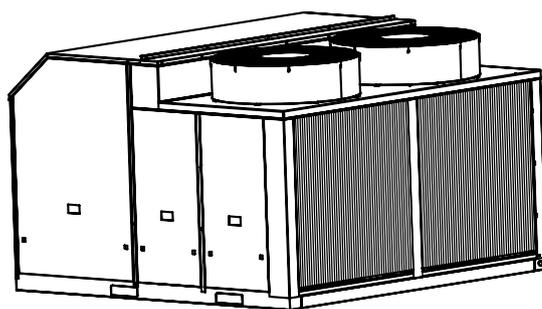
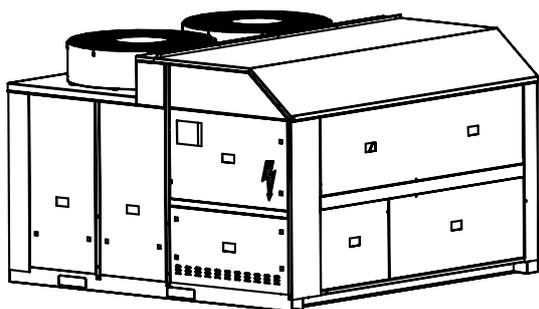
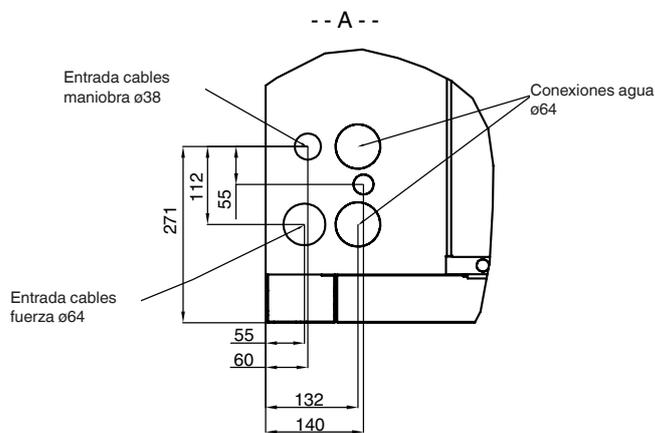


Vista posterior

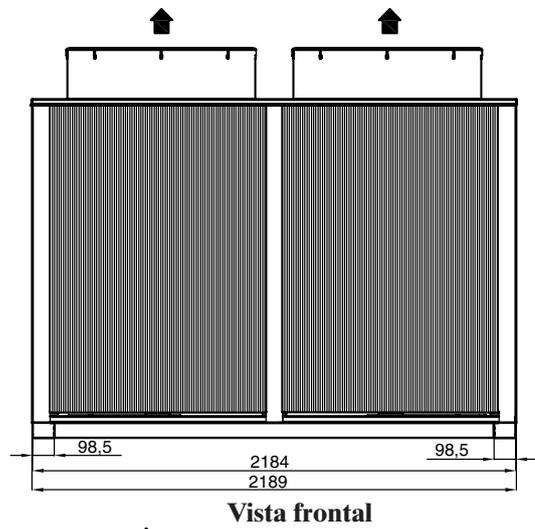
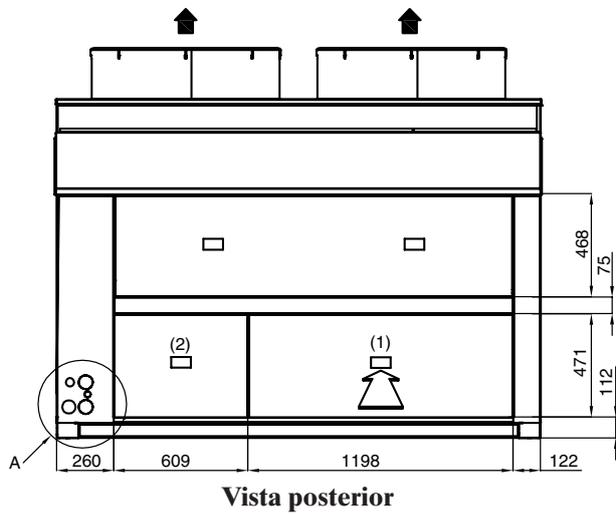
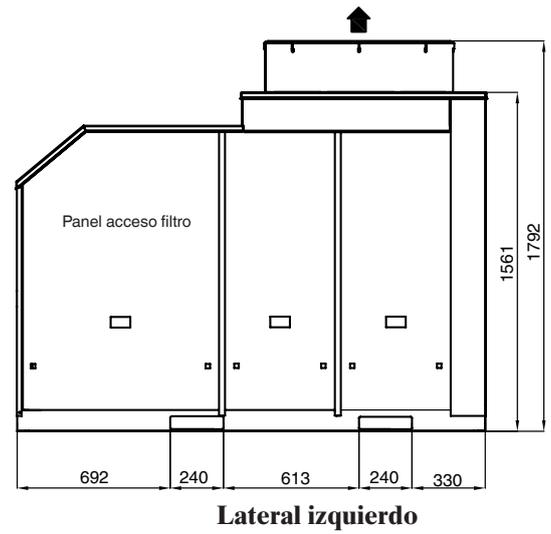
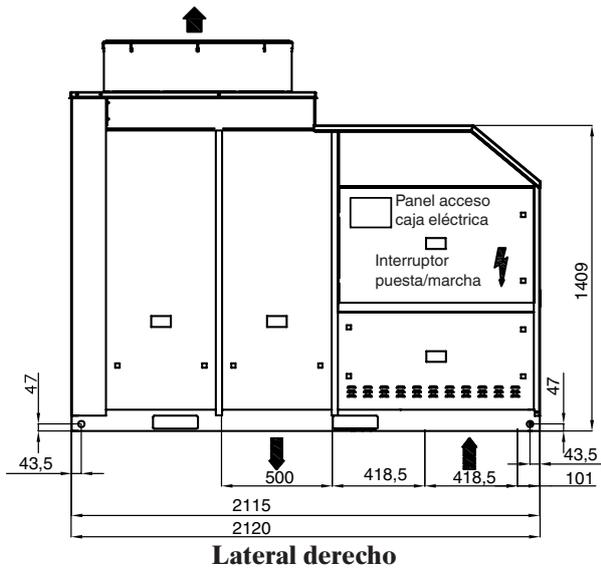


Vista frontal

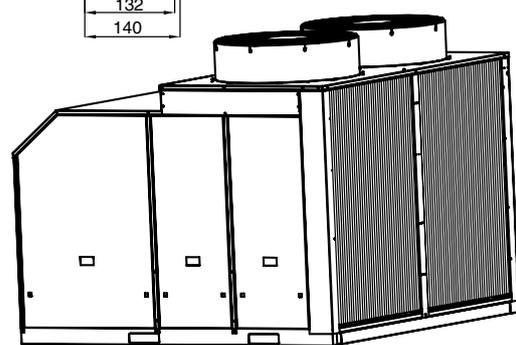
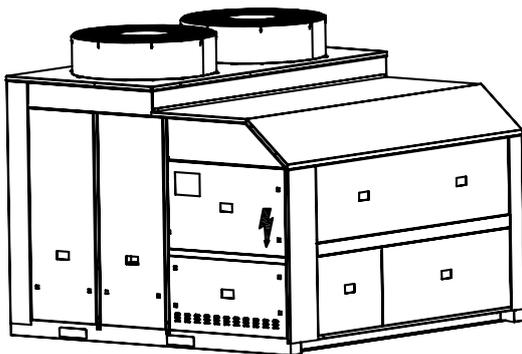
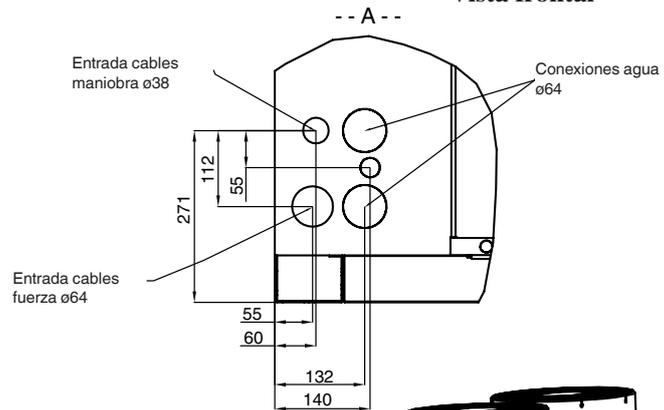
- (1) Conexión opcional de conducto de retorno del aire
- (2) Conexión opcional de escape forzado
- (1) + (2) Conexión alternativa de conducto de retorno del aire. En este caso no se usa la opción de escape forzado.



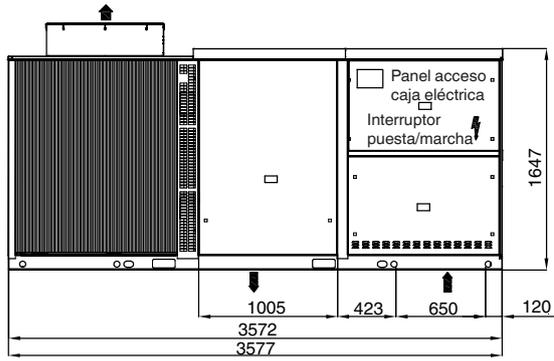
Para el diseño de instalaciones utilizar los dibujos actualizados disponibles en la oficina local de Carrier.



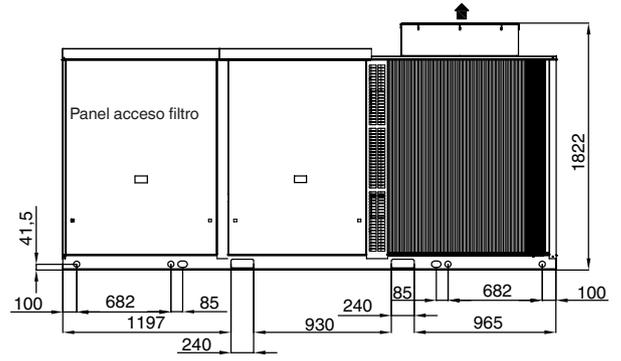
- (1) Conexión opcional de conducto de retorno del aire
- (2) Conexión opcional de escape forzado
- (1) + (2) Conexión alternativa de conducto de retorno del aire. En este caso no se usa la opción de escape forzado.



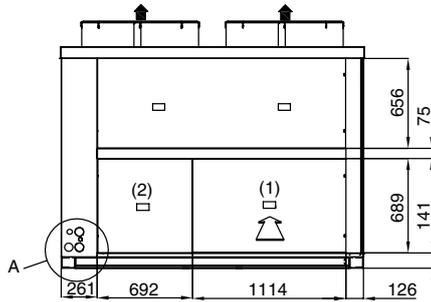
Para el diseño de instalaciones utilizar los dibujos actualizados disponibles en la oficina local de Carrier.



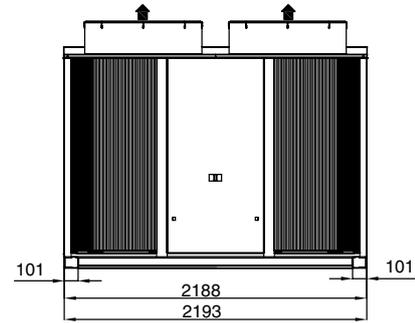
Lateral derecho



Lateral izquierdo

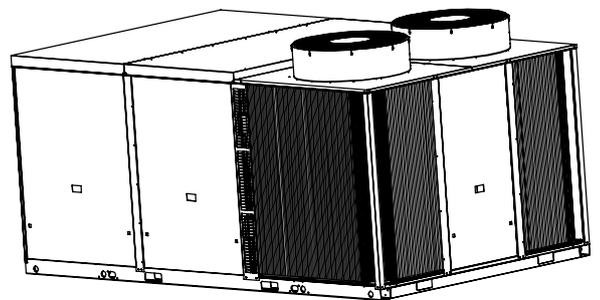
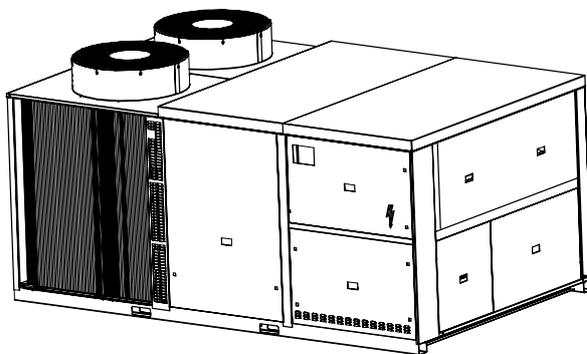
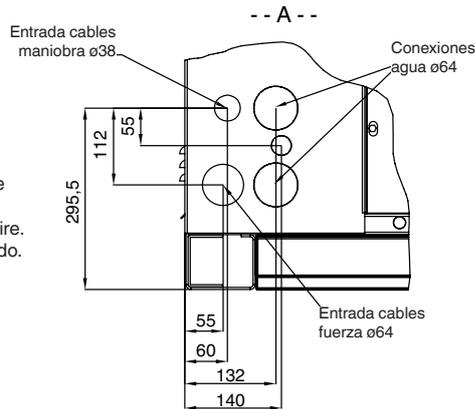


Vista posterior

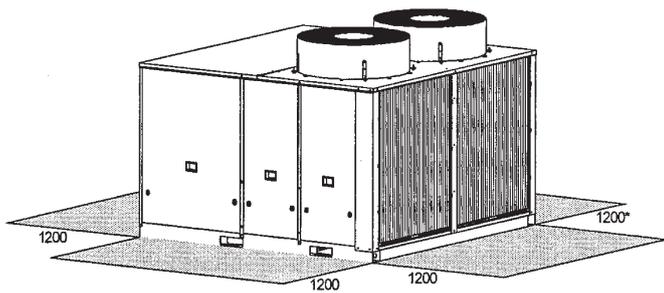


Vista frontal

- (1) Conexión opcional de conducto de retorno del aire
- (2) Conexión opcional de escape forzado
- (1) + (2) Conexión alternativa de conducto de retorno del aire. En este caso no se usa la opción de escape forzado.



# Área de servicio, mm



Área de servicio requerida

\* Si la unidad incorpora el opcional resistencias eléctricas o el opcional batería de agua caliente o se piensan instalar en el futuro, esta distancia debe ser de 2000 mm.

## Capacidades frigoríficas

### 50UZ 016 - Caudal de aire 2528 l/s

Ewb °C	Edb °C		Temperatura seca de aire exterior °C				
			25	30	35	40	46
15	CAP	kW	41,50	38,18	34,71	31,44	27,92
		10,91	11,42	12,03	12,96	14,70	
	19 SHC	23,95	22,94	21,83	21,13	20,58	
		28,12	27,01	27,12	25,35	24,65	
		32,65	31,59	30,54	29,83	29,18	
25 SHC	37,93	33,50	34,66	31,39	27,87		
17	CAP	kW	43,97	40,65	37,58	34,81	30,99
		11,01	11,68	12,29	13,42	14,95	
	21 SHC	24,55	23,54	22,44	21,73	21,18	
		28,73	27,72	26,71	25,96	25,25	
		33,25	32,20	31,14	30,44	29,78	
27 SHC	38,53	37,13	36,27	34,76	30,94		
19	CAP	kW	46,99	43,82	41,00	37,88	34,26
		11,32	11,88	12,67	13,57	15,11	
	23 SHC	25,15	24,15	23,04	22,34	21,78	
		29,33	28,32	27,32	26,56	25,86	
		33,86	32,80	31,74	31,04	30,39	
29 SHC	39,14	37,73	36,87	36,27	34,81		
21	CAP	kW	50,16	46,73	43,57	40,90	37,43
		11,42	11,98	12,75	13,52	15,21	
	25 SHC	25,76	24,75	23,64	22,94	22,39	
		29,93	28,93	27,92	27,17	26,46	
		34,46	33,40	32,35	31,64	30,99	
31 SHC	39,74	38,33	37,48	36,87	35,42		

### 50UZ 020 - Caudal de aire 3444 l/s

Ewb °C	Edb °C		Temperatura seca de aire exterior °C				
			25	30	35	40	46
15	CAP	kW	51,95	47,81	43,57	39,43	34,14
		17,19	17,55	18,57	19,64	21,27	
	19 SHC	29,18	26,39	23,64	21,19	20,13	
		35,63	32,84	30,09	28,31	26,48	
		42,03	39,29	36,54	34,71	32,93	
25 SHC	48,24	45,50	42,71	39,39	34,09		
17	CAP	kW	56,57	52,34	48,00	43,77	38,57
		18,06	18,67	19,08	20,56	21,63	
	21 SHC	30,33	27,54	24,80	23,01	21,28	
		36,79	33,99	31,25	29,47	27,64	
		43,19	40,44	37,70	35,87	34,09	
27 SHC	49,40	46,66	43,86	42,13	38,52		
19	CAP	kW	60,86	56,57	52,00	48,05	42,95
		18,36	19,03	19,74	20,86	22,44	
	23 SHC	31,49	28,70	25,95	24,17	22,44	
		37,94	35,15	32,40	30,62	28,79	
		44,37	41,60	38,86	37,03	35,24	
29 SHC	50,56	47,81	45,02	43,29	41,50		
21	CAP	kW	65,39	61,24	57,06	52,24	47,62
		18,77	19,54	20,30	21,07	22,80	
	25 SHC	32,64	29,85	27,11	25,33	23,59	
		39,10	36,30	33,56	31,78	29,95	
		45,50	42,76	40,01	38,18	36,40	
31 SHC	51,71	48,97	46,17	44,44	42,66		

### 50UZ 024 - Caudal de aire 3472 l/s

Ewb °C	Edb °C		Temperatura seca de aire exterior °C				
			25	30	35	40	46
15	CAP	kW	69,07	63,67	58,37	53,02	46,84
		19,53	20,00	20,73	21,29	22,58	
	19 SHC	38,48	35,99	33,55	31,58	28,56	
		45,34	42,90	40,35	37,91	35,42	
		53,13	50,63	48,09	45,55	43,73	
25 SHC	59,62	57,18	54,63	52,14	46,74		
17	CAP	kW	74,42	69,07	63,67	58,17	51,78
		20,47	20,95	21,63	22,19	23,48	
	21 SHC	39,21	36,72	34,28	32,30	29,29	
		46,06	43,62	41,08	38,64	36,15	
		53,85	51,36	48,82	46,27	44,45	
27 SHC	60,35	57,91	55,36	52,87	50,43		
19	CAP	kW	79,93	73,90	68,50	63,36	56,87
		21,12	21,55	22,28	23,18	24,52	
	23 SHC	39,94	37,44	35,00	33,03	30,02	
		46,79	44,35	41,81	39,37	36,87	
		54,58	52,09	49,54	47,00	45,18	
29 SHC	61,07	58,63	56,09	53,60	51,15		
21	CAP	kW	84,08	78,83	73,49	68,03	61,75
		21,42	22,02	22,88	23,74	25,29	
	25 SHC	40,66	38,17	35,73	33,76	30,74	
		47,52	45,08	42,53	40,09	37,60	
		55,31	52,82	50,27	47,73	45,91	
31 SHC	61,80	59,36	56,82	54,32	51,88		

### 50UZ 028 - Caudal de aire 3944 l/s

Ewb °C	Edb °C		Temperatura seca de aire exterior °C				
			25	30	35	40	46
15	CAP	kW	76,04	71,34	66,60	61,85	56,05
		27,37	22,30	24,00	26,41	29,75	
	19 SHC	43,82	41,47	39,12	36,73	34,42	
		51,21	48,81	46,46	43,73	41,71	
		58,30	55,90	53,60	51,21	48,81	
25 SHC	65,68	63,34	60,89	58,54	56,00		
17	CAP	kW	81,46	76,42	71,82	67,08	61,27
		21,74	23,02	24,77	26,98	30,68	
	21 SHC	44,21	41,86	39,51	37,11	34,81	
		51,59	49,19	46,84	44,11	42,10	
		58,68	56,29	53,99	51,59	49,19	
27 SHC	66,07	63,72	61,27	58,92	56,58		
19	CAP	kW	86,16	81,65	77,00	72,35	66,74
		22,35	23,79	25,59	28,01	31,19	
	23 SHC	44,59	42,24	39,89	37,49	35,19	
		51,97	49,58	47,23	44,49	42,48	
		59,07	56,67	54,37	51,97	49,58	
29 SHC	66,45	64,10	61,66	59,31	56,96		
21	CAP	kW	90,86	86,16	81,55	76,86	71,15
		22,94	24,44	26,10	28,42	31,83	
	25 SHC	44,97	42,62	40,27	37,88	35,58	
		52,36	49,96	47,61	44,88	42,86	
		59,45	57,05	54,75	52,36	49,96	
31 SHC	66,84	64,49	62,04	59,69	57,34		

## Capacidades frigoríficas (cont.)

### 50UZ 038 - Caudal de aire 5550 l/s

Ewb °C	Edb °C		Temperatura seca de aire exterior °C					
			25	30	35	40	43	46
15	CAP		102,06	98,34	94,39	90,29	87,50	84,43
		kW	31,61	34,74	38,36	42,47	45,18	48,14
	19	SHC	61,89	60,23	58,45	56,57	55,22	53,59
	21	SHC	72,87	71,21	69,38	67,72	66,51	65,16
	23	SHC	83,29	81,75	79,94	78,08	76,74	75,22
17	CAP		109,09	105,09	100,85	96,32	93,44	90,18
		kW	32,06	35,28	38,93	43,03	45,76	48,67
	21	SHC	62,61	60,10	58,34	56,51	55,30	53,96
	23	SHC	72,69	71,08	69,53	67,53	66,37	65,13
	25	SHC	83,28	81,78	80,06	78,24	77,13	75,86
19	CAP		116,47	112,45	108,00	103,14	100,22	96,26
		kW	32,67	35,90	39,64	43,86	46,42	49,95
	23	SHC	62,69	61,00	59,19	57,09	55,27	54,07
	25	SHC	72,52	71,00	69,31	67,50	66,53	65,27
	27	SHC	83,14	81,83	80,20	78,41	77,29	75,74
21	CAP		124,34	120,25	114,01	108,54	105,34	101,98
		kW	33,35	36,43	41,39	45,92	48,73	51,70
	25	SHC	62,40	61,59	58,57	56,48	55,28	54,05
	27	SHC	72,41	71,05	68,83	66,86	65,80	64,60
	29	SHC	83,25	81,70	79,79	77,95	76,86	75,70
31	SHC	93,81	92,07	90,40	88,74	87,79	86,55	

### 50UZ 042 - Caudal de aire 5550 l/s

Ewb °C	Edb °C		Temperatura seca de aire exterior °C					
			25	30	35	40	43	46
15	CAP		113,86	109,74	104,95	100,00	98,57	95,16
		kW	41,14	45,10	49,24	54,18	57,02	59,77
	19	SHC	62,92	60,92	62,08	59,72	54,90	53,29
	21	SHC	78,06	75,96	73,76	71,27	67,51	65,98
	23	SHC	89,12	86,80	84,40	81,76	82,20	80,86
17	CAP		121,16	116,86	111,86	106,45	103,48	99,50
		kW	41,65	45,80	50,34	55,41	58,22	60,77
	21	SHC	65,88	64,16	61,93	59,51	53,09	51,49
	23	SHC	77,57	75,82	73,55	70,97	65,03	63,49
	25	SHC	89,64	86,78	84,35	81,61	79,07	77,71
19	CAP		129,70	124,72	119,20	113,34	107,99	**
		kW	42,72	46,97	51,60	56,79	59,11	**
	23	SHC	66,21	64,11	61,74	59,19	51,19	**
	25	SHC	77,78	75,62	73,22	70,58	62,46	**
	27	SHC	89,02	86,94	84,05	81,32	75,83	**
21	CAP		138,22	132,81	126,57	117,00	112,36	**
		kW	43,91	48,24	52,97	57,52	60,15	**
	25	SHC	65,86	63,77	61,33	58,75	49,24	**
	27	SHC	77,46	75,20	72,03	61,31	59,15	**
	29	SHC	89,11	86,56	84,00	73,84	72,52	**
31	SHC	99,82	97,39	94,77	88,32	87,25	**	

**CAP** - Capacidad frigorífica total, kW

**Ewb** - Temperatura húmeda de entrada de aire interior, °C

**Edb** - Temperatura seca de entrada de aire interior, °C

**kW** - Consumo compresor

**SHC** - Capacidad frigorífica sensible, kW

## Capacidades caloríficas instantáneas

50UZ	Caudal de aire, l/s	IAT °C	Temperatura húmeda de aire exterior °C																		
			-10			-5			0			6			12			14			
			CAP	kW	COP	CAP	kW	COP	CAP	kW	COP	CAP	kW	COP	CAP	kW	COP	CAP	kW	COP	
016	2528	18	29,06	11,80	2,46	31,94	12,53	2,55	37,94	13,57	2,80	46,78	14,52	3,22	55,56	15,23	3,65	58,50	15,43	3,79	
			21	27,56	12,94	2,13	30,39	13,57	2,24	36,06	14,48	2,49	45,00	15,42	2,92	54,06	16,21	3,34	56,94	16,37	3,48
			24	26,22	14,19	1,85	28,89	14,99	1,93	34,50	15,89	2,17	43,44	16,70	2,60	52,22	17,24	3,03	55,22	17,38	3,18
020	3444	18	38,22	15,30	2,50	41,73	16,07	2,60	47,29	17,03	2,78	57,77	19,32	2,99	68,16	21,49	3,17	71,86	22,09	3,25	
			21	37,34	15,67	2,38	40,86	16,47	2,48	46,41	17,70	2,62	56,70	19,99	2,84	67,13	22,03	3,05	70,74	22,67	3,12
			24	36,37	16,04	2,27	39,88	16,66	2,39	45,44	17,90	2,54	55,53	20,24	2,74	66,26	22,51	2,94	69,77	23,12	3,02
024	3472	18	57,38	24,58	2,33	61,15	25,45	2,40	68,36	27,01	2,53	82,09	30,25	2,71	97,82	33,29	2,94	103,54	34,18	3,03	
			21	56,06	26,50	2,12	59,49	27,18	2,19	66,70	28,95	2,30	79,00	31,54	2,50	95,59	35,19	2,72	100,85	36,08	2,80
			24	54,69	28,95	1,89	57,20	29,00	1,97	65,04	31,53	2,06	77,63	34,03	2,28	93,30	37,17	2,51	98,45	38,10	2,58
028	3944	18	69,18	30,57	2,26	71,29	30,78	2,32	78,57	31,00	2,53	86,26	31,82	2,71	102,02	34,59	2,95	107,19	35,31	3,04	
			21	68,18	31,95	2,13	70,39	32,17	2,19	74,36	32,92	2,26	85,00	34,00	2,50	100,87	36,02	2,80	105,99	36,78	2,88
			24	67,28	33,73	1,99	69,69	34,03	2,05	73,55	34,63	2,12	83,95	35,04	2,40	100,21	37,59	2,67	103,63	38,39	2,70
038	5550	18	80,09	36,65	2,19	93,13	37,78	2,46	105,61	40,14	2,63	123,87	42,63	2,91	143,54	45,80	3,13	152,09	46,94	3,24	
			21	80,23	38,21	2,10	92,73	39,31	2,36	105,21	41,77	2,52	123,00	44,37	2,77	142,21	47,67	2,98	150,76	48,87	3,08
			24	80,54	39,83	2,02	92,34	40,94	2,26	105,01	43,53	2,41	122,21	46,23	2,64	141,06	49,69	2,84	149,39	50,94	2,93
042	5550	18	93,58	45,60	2,05	109,15	47,81	2,28	124,84	49,57	2,52	146,97	52,72	2,79	170,52	56,72	3,01	178,90	58,21	3,07	
			21	93,89	47,22	1,99	109,09	49,85	2,19	124,68	51,72	2,41	146,12	54,95	2,66	169,31	59,10	2,86	177,87	60,67	2,93
			24	94,41	49,59	1,90	109,10	51,99	2,10	124,68	53,97	2,31	145,48	57,32	2,54	168,27	61,59	2,73	176,60	63,22	2,79

**CAP** - Capacidad calorífica instantánea, kW

**IAT** - Temperatura seca de aire interior, °C

**kW** - Consumo efectivo

**COP** - Coeficiente de eficiencia energética, W/W

## Capacidades caloríficas integradas

Para obtener las capacidades caloríficas integradas multiplicar la tabla de capacidades instantáneas por los siguientes factores:

		Temperatura húmeda de aire exterior °C					
		-10	-5	0	6	12	14
<b>CAP</b>	x	0,91	0,91	0,897	1,00	1,00	1,00
<b>COP</b>	x	0,96	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00

# Factores de corrección

## Funcionamiento en frío

50UZ	Multiplicador	% caudal de aire nominal		
		90	100	110
016-040	CAP	0,98	1	1,02
	SHC	0,96	1	1,03
	kW	0,99	1	1,01

**CAP** - Capacidad frigorífica total, kW  
**SHC** - Capacidad frigorífica sensible, kW  
**kW** - Consumo compresor

## Funcionamiento en calor

50UZ	Multiplicador	% caudal de aire nominal		
		90	100	110
016-042	CAP	0,98	1	1,02
	COP	0,97	1	1,06

# Límites de funcionamiento

## Funcionamiento en frío

Zona	Temperatura de aire	
	Bulbo seco	Bulbo húmedo
<b>Interior</b>		
Máxima	+35°C	+21°C
Mínima		
<b>Exterior</b>		
Máxima	+46°C*	
Mínima	-10°C	

\* Las unidades 50UZ 042 no funcionarán a una temperatura del aire exterior de 46°C en el modo de refrigeración si la temperatura de bulbo húmedo del aire que entra es superior a 17°C. El valor máximo será entonces 43°C.

## Funcionamiento en calor

Zona	Temperatura de aire	
	Bulbo seco	Bulbo húmedo
<b>Interior</b>		
Máxima	+27°C	
<b>Exterior</b>		
Máxima	+22°C	+16°C
Mínima	-10°C	

### Notas sobre los datos eléctricos:

- Las unidades 50UZ tienen un solo punto de acometida eléctrica situado en el interruptor principal
- La caja de control incluye de serie los siguientes elementos:
  - un seccionador principal, dispositivos de arranque y protección de cada uno de los compresores, de los ventiladores y opción de calentador eléctrico
  - los dispositivos de control
- Conexiones en la obra:**  
 Todas las conexiones al sistema y a las instalaciones eléctricas deben satisfacer todos los códigos vigentes.
- Las unidades 50UZ Carrier están diseñadas y construidas para asegurar conformidad con los códigos locales. Las recomendaciones de las normas europeas EN 60204-1 (seguridad del aparato - componentes eléctricos del aparato - parte 1: normas generales - corresponde a IEC 60204-1) se tienen específicamente en cuenta, cuando se diseña el equipo eléctrico.

### NOTAS:

- Generalmente las recomendaciones de la norma IEC 60364 se aceptan como conformidad con los requerimientos de las Directivas de instalación. La conformidad con la norma EN 60204 es la mejor forma de asegurar la conformidad con las Directivas sobre Aparatos y 1.5.1.
- El anexo B de la norma EN 60204-1 describe las características eléctricas usadas para el funcionamiento de los aparatos.

- El ambiente de funcionamiento se especifica a continuación:
  - Ambiente - Ambiente clasificado en IEC 60721 (corresponde a IEC 60721):
    - instalación exterior (IP 24)
    - temperatura ambiente: -10°C hasta +46°C
    - altitud: ≤ 2000 m
  - Competencia del personal, clase BA4 (personal especializado - IEC 60364)
- Variación de la frecuencia de la alimentación eléctrica: ± 2 Hz.
- El conductor neutro (N) no se debe conectar directamente a la máquina. Si es necesario, se deberá utilizar un transformador.
- La unidad no incluye protección contra sobrecorriente en los conductores de alimentación.
- Los seccionadores/interruptores instalados en fábrica son de un tipo adecuado para la interrupción de la alimentación eléctrica según la norma EN 60947.
- Las unidades están diseñadas para conexión a redes TN (IEC 60364). Para redes TT, la conexión de tierra no debe hacerse a la tierra de la red. Preparar una toma de tierra local y consultar a una organización local competente para realizar la instalación eléctrica.

**NOTA: Si los aspectos particulares de una instalación específica no están de acuerdo con las condiciones descritas anteriormente, o si existen otras condiciones que deberían considerarse, deben ponerse siempre en contacto con Carrier.**

# Tablas de ventilación (estándar)

## 50UZ 016

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2022	2222	2361	2528	2916	3033
<b>Cerrada</b> <b>16,20 g/s</b>	Pa	229	209	195	181	159	128
	kW	1,43	1,60	1,72	1,89	2,30	2,43
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>15,72 g/s</b>	Pa	212	192	178	163	139	108
	kW	1,35	1,52	1,64	1,80	2,19	2,33
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>15,25 g/s</b>	Pa	196	176	161	<b>146</b>	120	88
	kW	1,28	1,44	1,56	<b>1,71</b>	2,10	2,22
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>14,78 g/s</b>	Pa	181	159	144	128	101	68
	kW	1,21	1,36	1,48	1,63	2,00	2,12
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>14,32 g/s</b>	Pa	165	143	128	111	82	49
	kW	1,14	1,29	1,40	1,55	1,90	2,02
<b>Ajuste de fábrica</b> <b>15,25 g/s</b>	Pa	196	176	161	<b>146</b>	120	88
	kW	1,28	1,44	1,56	<b>1,71</b>	2,10	2,22

Motor estándar: 2,2 kW

## 50UZ 024

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2777	3055	3472	3611	3888	4166
<b>Cerrada</b> <b>20,23 g/s</b>	Pa	287	265	222	204	158	83
	kW	3,12	3,52	4,19	4,43	4,93	5,47
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>19,75 g/s</b>	Pa	265	243	198	179	131	55
	kW	2,98	3,37	4,03	4,26	4,75	5,28
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>19,25 g/s</b>	Pa	243	220	174	155	105	28
	kW	2,86	3,24	3,87	4,10	4,57	5,08
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>18,77 g/s</b>	Pa	221	198	<b>149</b>	130	79	-
	kW	2,74	3,10	<b>3,72</b>	3,94	4,41	-
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>18,28 g/s</b>	Pa	200	176	126	105	53	-
	kW	2,61	2,97	3,58	3,79	4,24	-
<b>Ajuste de fábrica</b> <b>18,77 g/s</b>	Pa	221	198	<b>149</b>	130	79	-
	kW	2,74	3,10	<b>3,72</b>	3,94	4,41	-

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 038

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
<b>Cerrada</b> <b>14,30 g/s</b>	Pa	249	229	200	175	149	107
	kW	5,72	6,16	6,59	6,84	7,07	7,57
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>13,95 g/s</b>	Pa	222	203	173	148	120	79
	kW	5,50	5,91	6,34	6,58	6,81	7,28
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>13,62 g/s</b>	Pa	197	177	<b>146</b>	120	93	50
	kW	5,27	5,68	<b>6,09</b>	6,33	6,55	7,01
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>13,27 g/s</b>	Pa	172	150	119	93	65	22
	kW	5,05	5,45	5,85	6,08	6,29	6,74
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>12,92 g/s</b>	Pa	147	125	93	66	38	-
	kW	4,84	5,22	5,62	5,83	6,04	-
<b>Ajuste de fábrica</b> <b>13,62 g/s</b>	Pa	197	177	<b>146</b>	120	93	50
	kW	5,27	5,68	<b>6,09</b>	6,33	6,55	7,01

Motor estándar: 7,5 kW

### Leyenda:

**Pa** - Presión estática disponible  
**kW** - Consumo motor ventilador

Superior a la potencia nominal del motor

## 50UZ 020

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2611	2777	3055	3444	3611	3944
<b>Cerrada</b> <b>19,22 g/s</b>	Pa	324	310	276	204	180	111
	kW	2,64	2,85	3,23	3,82	4,08	4,66
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>18,75 g/s</b>	Pa	304	289	255	181	156	85
	kW	2,52	2,73	3,10	3,68	3,94	4,50
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>18,28 g/s</b>	Pa	284	269	234	<b>159</b>	133	61
	kW	2,42	2,62	2,98	<b>3,54</b>	3,79	4,33
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>17,82 g/s</b>	Pa	265	250	214	137	110	35
	kW	2,31	2,50	2,85	3,40	3,65	4,18
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>17,37 g/s</b>	Pa	246	230	193	114	87	10
	kW	2,21	2,40	2,74	3,27	3,51	4,02
<b>Ajuste de fábrica</b> <b>18,28 g/s</b>	Pa	284	269	234	<b>159</b>	133	61
	kW	2,42	2,62	2,98	<b>3,54</b>	3,79	4,33

Motor estándar: 4 kW

## 50UZ 028

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s						
		3138	3333	3611	3944	4166	4750	
<b>Cerrada</b> <b>20,23 g/s</b>	Pa	320	304	276	228	192	42	
	kW	3,64	3,96	4,43	5,04	5,47	6,71	
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>19,75 g/s</b>	Pa	297	281	251	202	164	10	
	kW	3,50	3,80	4,26	4,86	5,28	6,49	
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>19,25 g/s</b>	Pa	274	257	226	176	137	-	
	kW	3,36	3,65	4,10	4,68	5,08	-	
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>18,77 g/s</b>	Pa	251	233	201	<b>149</b>	108	-	
	kW	3,22	3,51	3,94	<b>4,51</b>	4,90	-	
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>18,28 g/s</b>	Pa	229	210	177	122	81	-	
	kW	3,08	3,36	3,79	4,33	4,72	-	
<b>Ajuste de fábrica</b> <b>18,77 g/s</b>	Pa	251	233	201	<b>149</b>	108	-	
	kW	3,22	3,51	3,94	<b>4,51</b>	4,90	-	

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 042

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
<b>Cerrada</b> <b>14,30 g/s</b>	Pa	215	197	<b>165</b>	139	108	49
	kW	5,72	6,16	<b>6,59</b>	6,84	7,07	7,57
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>13,95 g/s</b>	Pa	188	171	138	111	80	21
	kW	5,50	5,91	6,34	6,58	6,81	7,28
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>13,62 g/s</b>	Pa	163	145	111	84	52	-
	kW	5,27	5,68	6,09	6,33	6,55	-
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>13,27 g/s</b>	Pa	138	118	84	56	25	-
	kW	5,05	5,45	5,85	6,08	6,29	-
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>12,92 g/s</b>	Pa	113	93	58	30	-	-
	kW	4,84	5,22	5,62	5,83	-	-
<b>Ajuste de fábrica</b> <b>14,30 g/s</b>	Pa	215	197	<b>165</b>	139	108	49
	kW	5,72	6,16	<b>6,59</b>	6,84	7,07	7,57

Motor estándar: 7,5 kW

# Tablas de ventilación (opcional transmisión de alta presión estática 1)

## 50UZ 016

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2022	2222	2361	2528	2916	3033
<b>Cerrada</b> <b>19,98 g/s</b>	Pa	378	359	348	336	323	296
	kW	2,16	2,37	2,53	2,73	3,24	3,41
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>19,40 g/s</b>	Pa	353	335	323	311	297	269
	kW	2,03	2,24	2,39	2,59	3,08	3,25
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>18,83 g/s</b>	Pa	329	311	299	287	271	243
	kW	1,91	2,11	2,25	2,45	2,93	3,09
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>18,25 g/s</b>	Pa	306	287	275	262	246	217
	kW	1,79	1,99	2,13	2,32	3	2,94
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>17,67 g/s</b>	Pa	283	264	252	239	221	191
	kW	1,69	1,87	2,01	2,19	2,64	2,78

Motor estándar: 3 kW

## 50UZ 024

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2777	3055	3472	3611	3888	4166
<b>Cerrada</b> <b>19,07 g/s</b>	Pa	430	409	373	358	319	256
	kW	3,66	4,06	4,74	4,97	5,47	6,00
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>18,65 g/s</b>	Pa	404	383	346	331	291	227
	kW	3,51	3,90	4,56	4,79	5,27	5,79
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>18,23 g/s</b>	Pa	378	358	320	304	264	199
	kW	3,36	3,75	4,38	4,60	5,08	5,59
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>17,82 g/s</b>	Pa	353	332	293	278	237	171
	kW	3,22	3,59	4,21	4,43	4,89	5,38
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>17,40 g/s</b>	Pa	329	308	268	252	210	143
	kW	3,08	3,44	4,05	4,26	4,71	5,19

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 038

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
<b>Cerrada</b> <b>15,32 g/s</b>	Pa	328	310	283	259	233	194
	kW	6,43	6,90	7,39	7,65	7,90	8,43
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>14,95 g/s</b>	Pa	298	280	252	228	202	163
	kW	6,17	6,62	7,09	7,34	7,59	8,11
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>14,58 g/s</b>	Pa	270	251	223	198	171	131
	kW	5,91	6,36	6,80	7,05	7,30	7,80
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>14,22 g/s</b>	Pa	242	222	193	168	141	100
	kW	5,66	6,09	6,53	6,77	7,00	7,49
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>13,83 g/s</b>	Pa	214	194	164	138	111	69
	kW	5,42	5,83	6,26	6,49	6,72	7,19

Motor estándar: 7,5 kW

### Leyenda:

Pa - Presión estática disponible

kW - Consumo motor ventilador

Superior a la potencia nominal del motor

Nota: El ajuste de fábrica para la posición de la polea del motor es "cerrado".

## 50UZ 020

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2611	2777	3055	3444	3611	3944
<b>Cerrada</b> <b>19,07 g/s</b>	Pa	512	498	467	404	385	329
	kW	3,44	3,66	4,06	4,69	4,97	5,58
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>18,65 g/s</b>	Pa	486	472	441	378	358	302
	kW	3,29	3,51	3,90	4,51	4,79	5,38
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>18,23 g/s</b>	Pa	460	447	416	351	331	274
	kW	3,15	3,36	3,75	4,34	4,60	5,18
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>17,82 g/s</b>	Pa	435	422	390	325	305	247
	kW	3,01	3,22	3,59	4,17	4,43	4,99
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>17,40 g/s</b>	Pa	411	397	366	300	279	220
	kW	2,88	3,08	3,44	4,00	4,26	4,80

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 028

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		3138	3333	3611	3944	4166	4750
<b>Cerrada</b> <b>19,15 g/s</b>	Pa	470	457	435	377	371	250
	kW	4,23	4,54	5,01	5,95	6,04	7,28
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>18,68 g/s</b>	Pa	441	428	404	344	338	216
	kW	4,04	4,34	4,80	5,72	5,81	7,00
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>18,23 g/s</b>	Pa	412	399	375	313	307	181
	kW	3,86	4,15	4,60	5,50	5,58	6,74
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>17,77 g/s</b>	Pa	384	370	345	282	276	147
	kW	3,69	3,97	4,40	5,27	5,35	6,48
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>17,30 g/s</b>	Pa	356	342	316	251	245	114
	kW	3,52	3,79	4,22	5,06	5,14	6,23

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 042

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
<b>Cerrada</b> <b>15,88 g/s</b>	Pa	339	324	295	270	241	186
	kW	6,84	7,34	7,84	8,12	8,39	8,93
<b>Abierta 1 vuelta</b> <b>15,55 g/s</b>	Pa	311	296	266	241	212	156
	kW	6,59	7,07	7,56	7,83	8,09	8,63
<b>Abierta 2 vueltas</b> <b>15,20 g/s</b>	Pa	284	268	237	212	183	126
	kW	6,34	6,80	7,29	7,54	7,79	8,32
<b>Abierta 3 vueltas</b> <b>14,85 g/s</b>	Pa	257	240	209	183	154	96
	kW	6,10	6,55	7,01	7,26	7,51	8,02
<b>Abierta 4 vueltas</b> <b>14,50 g/s</b>	Pa	230	213	182	155	125	67
	kW	5,86	6,30	6,75	7,00	7,24	7,74

Motor estándar: 7,5 kW

# Tablas de ventilación (opcional transmisión de alta presión estática 2)

## 50UZ 016

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2022	2222	2361	2528	2916	3033
Cerrada 21,53 g/s	Pa	492	474	461	446	421	388
	kW	2,55	2,84	3,05	3,33	4,02	4,24
Abierta 1 vuelta 21,00 g/s	Pa	466	448	434	418	391	358
	kW	2,43	2,71	2,92	3,19	3,86	4,07
Abierta 2 vueltas 20,48 g/s	Pa	441	421	407	391	362	328
	kW	2,32	2,60	2,80	3,06	3,71	3,92
Abierta 3 vueltas 19,97 g/s	Pa	416	396	381	364	333	298
	kW	2,22	2,48	2,67	2,93	4	3,76
Abierta 4 vueltas 19,45 g/s	Pa	392	371	355	337	304	269
	kW	2,11	2,37	2,56	2,80	3,41	3,61

Motor estándar: 4 kW

## 50UZ 024

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2777	3055	3472	3611	3888	4166
Cerrada 20,23 g/s	Pa	506	486	451	437	400	338
	kW	4,12	4,55	5,27	5,52	6,05	6,62
Abierta 1 vuelta 19,75 g/s	Pa	473	454	418	403	366	303
	kW	3,92	4,34	5,04	5,28	5,80	6,36
Abierta 2 vueltas 19,25 g/s	Pa	442	422	385	370	332	269
	kW	3,73	4,14	4,82	5,06	5,56	6,10
Abierta 3 vueltas 18,77 g/s	Pa	411	390	353	338	299	235
	kW	3,55	3,95	4,61	4,84	5,33	5,85
Abierta 4 vueltas 18,28 g/s	Pa	381	360	322	307	267	201
	kW	3,38	3,76	4,40	4,62	5,10	5,61

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 038

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
Cerrada 15,95 g/s	Pa	444	429	404	381	357	320
	kW	6,99	7,47	7,97	8,24	8,51	9,06
Abierta 1 vuelta 15,60 g/s	Pa	414	398	372	349	324	287
	kW	6,72	7,19	7,68	7,94	8,20	8,74
Abierta 2 vueltas 15,25 g/s	Pa	384	368	341	318	292	255
	kW	6,46	6,92	7,39	7,65	7,91	8,42
Abierta 3 vueltas 14,90 g/s	Pa	355	337	311	287	261	223
	kW	6,21	6,65	7,12	7,37	7,61	8,12
Abierta 4 vueltas 14,55 g/s	Pa	325	308	280	256	231	191
	kW	5,96	6,39	6,85	7,09	7,32	7,82

Motor estándar: 2 x 4 kW

### Leyenda:

Pa - Presión estática disponible  
kW - Consumo motor ventilador

Superior a la potencia nominal del motor

Nota: El ajuste de fábrica para la posición de la polea del motor es "cerrado".

## 50UZ 020

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2611	2777	3055	3444	3611	3944
Cerrada 20,23 g/s	Pa	588	574	544	482	464	411
	kW	3,88	4,12	4,55	5,22	5,52	6,16
Abierta 1 vuelta 19,75 g/s	Pa	555	542	512	449	430	376
	kW	3,69	3,92	4,34	4,99	5,28	5,91
Abierta 2 vueltas 19,25 g/s	Pa	524	510	480	417	398	342
	kW	3,51	3,73	4,14	4,77	5,06	5,67
Abierta 3 vueltas 18,77 g/s	Pa	493	479	448	385	365	309
	kW	3,33	3,55	3,95	4,56	4,84	5,43
Abierta 4 vueltas 18,28 g/s	Pa	463	449	418	354	334	277
	kW	3,16	3,38	3,76	4,35	4,62	5,19

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 028

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		3138	3333	3611	3944	4166	4750
Cerrada 20,23 g/s	Pa	541	529	508	473	447	332
	kW	4,67	5,01	5,50	6,16	6,61	7,91
Abierta 1 vuelta 19,75 g/s	Pa	508	496	474	439	412	294
	kW	4,46	4,79	5,27	5,90	6,35	7,62
Abierta 2 vueltas 19,25 g/s	Pa	476	464	441	405	378	258
	kW	4,26	4,57	5,05	5,66	6,09	7,33
Abierta 3 vueltas 18,77 g/s	Pa	445	432	409	372	343	221
	kW	4,06	4,36	4,83	5,42	5,84	7,04
Abierta 4 vueltas 18,28 g/s	Pa	415	401	378	339	310	185
	kW	3,87	4,17	4,61	5,19	5,60	6,76

Motor estándar: 7,5 kW

## 50UZ 042

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
Cerrada 16,02 g/s	Pa	416	403	375	351	323	269
	kW	7,04	7,53	8,03	8,30	8,57	9,13
Abierta 1 vuelta 15,55 g/s	Pa	376	362	333	309	280	225
	kW	6,69	7,15	7,64	7,90	8,16	8,69
Abierta 2 vueltas 15,08 g/s	Pa	336	321	292	266	237	182
	kW	6,34	6,79	7,26	7,52	7,77	8,28
Abierta 3 vueltas 14,62 g/s	Pa	297	281	251	225	196	139
	kW	6,00	6,44	6,90	7,14	7,38	7,88
Abierta 4 vueltas 14,15 g/s	Pa	259	242	211	185	155	98
	kW	5,68	6,11	6,54	6,77	7,01	7,48

Motor estándar: 2 x 4 kW

# Tablas de ventilación (opcional transmisión de alta presión estática 3)

## 50UZ 016

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2022	2222	2361	2528	2916	3033
<b>Cerrada</b> 23,92 g/s	Pa	618	602	591	579	562	532
	kW	3,13	3,45	3,70	4,01	4,79	5,04
<b>Abierta 1 vuelta</b> 23,22 g/s	Pa	580	564	552	539	520	490
	kW	2,95	3,27	3,50	3,81	4,56	4,80
<b>Abierta 2 vueltas</b> 22,53 g/s	Pa	543	526	514	501	479	448
	kW	2,78	3,09	3,31	3,60	4,33	4,56
<b>Abierta 3 vueltas</b> 21,83 g/s	Pa	508	490	477	463	439	406
	kW	2,62	2,92	3,13	3,41	4,11	4,34
<b>Abierta 4 vueltas</b> 21,13 g/s	Pa	473	454	441	425	399	366
	kW	2,46	2,75	2,96	3,23	3,90	4,12

Motor estándar: 5,5 kW

## 50UZ 020

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s						
		2611	2777	3055	3444	3611	3944	
<b>Cerrada</b> 22,48 g/s	Pa	746	732	703	643	625	575	
	kW	4,82	5,08	5,58	6,33	6,66	7,40	
<b>Abierta 1 vuelta</b> 22,00 g/s	Pa	710	697	667	606	589	538	
	kW	4,60	4,86	5,34	6,07	6,40	7,11	
<b>Abierta 2 vueltas</b> 21,50 g/s	Pa	675	661	631	571	553	501	
	kW	4,38	4,64	5,10	5,82	6,15	6,84	
<b>Abierta 3 vueltas</b> 21,02 g/s	Pa	640	627	597	536	518	465	
	kW	4,17	4,43	4,88	5,58	5,89	6,57	
<b>Abierta 4 vueltas</b> 20,53 g/s	Pa	607	593	563	502	483	430	
	kW	3,98	4,23	4,66	5,34	5,65	6,31	

Motor estándar: 7,5 kW

## 50UZ 024

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		2777	3055	3472	3611	3888	4166
<b>Cerrada</b> 22,48 g/s	Pa	664	645	611	598	563	505
	kW	5,08	5,58	6,38	6,66	7,27	7,92
<b>Abierta 1 vuelta</b> 22,00 g/s	Pa	628	609	575	561	527	467
	kW	4,86	5,34	6,12	6,40	6,99	7,62
<b>Abierta 2 vueltas</b> 21,50 g/s	Pa	593	573	539	526	490	430
	kW	4,64	5,10	5,87	6,15	6,71	7,33
<b>Abierta 3 vueltas</b> 21,02 g/s	Pa	559	539	504	490	455	394
	kW	4,43	4,88	5,63	5,89	6,45	7,04
<b>Abierta 4 vueltas</b> 20,53 g/s	Pa	525	505	470	456	420	358
	kW	4,23	4,66	5,39	5,65	6,19	6,77

Motor estándar: 7,5 kW

## 50UZ 028

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s						
		3138	3333	3611	3944	4166	4750	
<b>Cerrada</b> 21,45 g/s	Pa	625	614	593	560	535	426	
	kW	5,22	5,57	6,12	6,81	7,29	8,69	
<b>Abierta 1 vuelta</b> 20,93 g/s	Pa	589	577	556	522	497	385	
	kW	4,98	5,32	5,85	6,53	6,99	8,36	
<b>Abierta 2 vueltas</b> 20,42 g/s	Pa	553	541	520	485	459	345	
	kW	4,75	5,08	5,59	6,25	6,71	8,02	
<b>Abierta 3 vueltas</b> 19,90 g/s	Pa	518	506	484	449	422	306	
	kW	4,52	4,85	5,34	5,98	6,43	7,71	
<b>Abierta 4 vueltas</b> 19,37 g/s	Pa	484	471	449	413	386	266	
	kW	4,31	4,62	5,10	5,72	6,15	7,40	

Motor estándar: 7,5 kW

## 50UZ 038

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
<b>Cerrada</b> 17,02 g/s	Pa	542	528	505	483	459	425
	kW	7,85	8,38	8,92	9,21	9,50	10,10
<b>Abierta 1 vuelta</b> 16,65 g/s	Pa	508	493	470	447	424	389
	kW	7,54	8,07	8,58	8,87	9,15	9,73
<b>Abierta 2 vueltas</b> 16,28 g/s	Pa	474	459	435	413	388	352
	kW	7,25	7,75	8,26	8,54	8,81	9,38
<b>Abierta 3 vueltas</b> 15,92 g/s	Pa	441	426	401	378	354	317
	kW	6,96	7,44	7,94	8,21	8,48	9,03
<b>Abierta 4 vueltas</b> 15,53 g/s	Pa	409	393	367	344	319	282
	kW	6,68	7,15	7,63	7,89	8,16	8,69

Motor estándar: 2 x 5,5 kW

### Leyenda:

**Pa** - Presión estática disponible  
**kW** - Consumo motor ventilador

Superior a la potencia nominal del motor

**Nota:** El ajuste de fábrica para la posición de la polea del motor es "cerrado".

## 50UZ 042

Posición polea motor		Caudal de aire, l/s					
		5000	5277	5550	5695	5833	6111
<b>Cerrada</b> 17,17 g/s	Pa	521	509	482	460	432	381
	kW	7,97	8,50	9,05	9,34	9,63	10,23
<b>Abierta 1 vuelta</b> 16,75 g/s	Pa	483	470	443	420	392	340
	kW	7,62	8,14	8,67	8,96	9,24	9,82
<b>Abierta 2 vueltas</b> 16,33 g/s	Pa	445	432	404	381	353	299
	kW	7,29	7,79	8,30	8,58	8,85	9,43
<b>Abierta 3 vueltas</b> 15,92 g/s	Pa	408	394	366	342	314	259
	kW	6,97	7,44	7,94	8,22	8,48	9,04
<b>Abierta 4 vueltas</b> 15,50 g/s	Pa	371	357	328	304	275	221
	kW	6,65	7,11	7,60	7,86	8,12	8,65

Motor estándar: 2 x 5,5 kW

# Accesorios

## Baterías agua caliente (modelos 016-028) - Batería de 60 kW

Caudal de aire, l/s		2000						2500						3000						3600						4000					
% glycol		0		20		35		0		20		35		0		20		35		0		20		35		0		20		35	
EWT	EDB	kW	l/s																												
90	13	62,2	0,74	56,9	0,71	53,7	0,71	65,8	0,79	50,9	0,76	57,7	0,76	59,0	0,82	64,5	0,80	61,3	0,81	72,2	0,86	68,1	0,84	65,0	0,86	73,8	0,88	70,0	0,86	67,1	0,89
70		44,9	0,54	38,8	0,48	36,6	0,48	48,3	0,58	44,0	0,54	40,9	0,54	51,6	0,62	47,8	0,59	44,4	0,59	55,3	0,66	50,6	0,63	47,5	0,63	57,4	0,68	52,1	0,65	49,2	0,65
60		29,0	0,35	25,5	0,32	23,2	0,31	32,1	0,38	27,9	0,35	25,6	0,34	34,8	0,42	30,0	0,37	27,7	0,37	37,5	0,45	32,0	0,40	29,7	0,39	39,1	0,47	33,3	0,42	30,8	0,42
90	17	55,8	0,67	50,5	0,63	47,9	0,63	60,2	0,72	54,9	0,68	51,8	0,69	63,6	0,76	58,5	0,72	55,0	0,73	66,3	0,79	61,5	0,76	57,9	0,77	67,7	0,80	63,2	0,76	59,8	0,79
70		38,4	0,46	32,6	0,40	31,2	0,41	42,8	0,51	37,1	0,46	34,9	0,46	46,3	0,55	40,6	0,50	38,1	0,50	49,3	0,59	43,4	0,54	41,0	0,54	51,1	0,60	44,7	0,55	42,4	0,55
60		24,9	0,30	22,9	0,28	20,5	0,27	27,5	0,33	26,5	0,33	22,5	0,30	29,9	0,36	28,6	0,35	24,2	0,32	32,6	0,39	29,2	0,36	26,1	0,35	34,0	0,40	30,4	0,37	27,0	0,37
90	21	49,4	0,59	43,9	0,54	41,9	0,55	53,6	0,64	47,1	0,58	46,1	0,61	56,6	0,68	50,2	0,65	49,0	0,65	58,9	0,70	53,5	0,75	50,8	0,67	60,1	0,71	55,0	0,75	52,4	0,69
70		32,5	0,39	28,4	0,35	26,2	0,35	36,4	0,43	30,9	0,38	28,8	0,38	39,3	0,47	33,2	0,41	31,1	0,41	41,4	0,50	35,8	0,44	33,6	0,44	42,9	0,51	36,8	0,45	34,7	0,45
60		21,1	0,25	-	-	-	-	23,3	0,28	22,1	0,27	18,9	0,25	25,5	0,30	23,8	0,30	20,6	0,27	27,9	0,33	24,9	0,31	22,0	0,29	29,1	0,33	25,9	0,32	23,0	0,30
90	24	45,3	0,54	39,6	0,49	37,3	0,49	47,2	0,56	41,5	0,51	39,2	0,52	49,4	0,59	43,9	0,54	41,6	0,55	52,2	0,63	47,4	0,59	45,1	0,60	53,5	0,64	48,7	0,59	46,5	0,61
70		29,0	0,35	25,9	0,32	23,2	0,31	31,0	0,37	27,2	0,34	25,0	0,33	33,0	0,39	28,6	0,35	26,7	0,35	35,2	0,42	30,6	0,38	28,5	0,38	36,4	0,43	31,4	0,39	29,4	0,39
60		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,6	0,26	21,7	0,27	-	-	23,3	0,28	22,8	0,28	20,2	0,27	24,3	0,28	23,7	0,29	21,1	0,28
90	27	38,3	0,46	32,5	0,40	30,2	0,47	41,2	0,49	35,3	0,44	32,8	0,43	43,5	0,52	37,5	0,47	35,0	0,46	45,5	0,54	39,6	0,49	37,2	0,49	46,3	0,55	40,6	0,49	38,3	0,50
70		24,8	0,30	23,7	0,29	20,3	0,27	26,1	0,31	24,3	0,30	21,8	0,29	27,4	0,33	24,9	0,31	22,8	0,30	28,9	0,35	25,8	0,32	23,6	0,31	29,9	0,36	26,4	0,33	24,3	0,32
60		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

## Baterías agua caliente (modelos 016-028) - Batería de 100 kW

Caudal de aire, l/s		2000						2500						3000						3600						4000					
% glycol		0		20		35		0		20		35		0		20		35		0		20		35		0		20		35	
EWT	EDB	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s	kW	l/s										
90	13	82,9	0,99	76,7	0,95	73,2	0,97	93,0	1,11	85,9	1,07	81,5	1,08	101,5	1,21	93,8	1,16	89,0	1,18	109,6	1,31	101,8	1,26	97,0	1,28	113,0	1,32	107,6	1,32	101,2	1,33
70		55,8	0,67	50,1	0,62	45,5	0,60	61,4	0,73	56,1	0,69	50,4	0,67	66,6	0,80	61,1	0,76	55,0	0,73	72,0	0,86	66,1	0,82	59,9	0,79	74,6	0,87	70,0	0,86	62,5	0,82
60		35,1	0,42	31,1	0,39	22,6	0,30	40,2	0,48	35,6	0,44	25,6	0,34	44,9	0,54	38,5	0,49	28,2	0,37	49,9	0,60	43,5	0,54	30,7	0,41	51,7	0,61	46,0	0,57	31,9	0,42
90	17	48,6	0,58	42,9	0,53	38,2	0,51	53,6	0,64	47,8	0,59	42,5	0,56	58,1	0,69	52,1	0,65	46,2	0,61	63,2	0,75	56,7	0,70	49,9	0,66	65,5	0,76	60,0	0,73	52,0	0,68
70		48,6	0,58	42,9	0,53	38,2	0,51	53,6	0,64	47,8	0,59	42,5	0,56	58,1	0,69	52,1	0,65	46,2	0,61	63,2	0,75	56,7	0,70	49,9	0,66	65,5	0,76	60,0	0,73	52,0	0,68
60		30,4	0,36	26,1	0,32	20,3	0,27	34,6	0,41	29,9	0,37	23,0	0,30	38,1	0,46	33,2	0,41	25,3	0,33	41,1	0,49	36,3	0,45	27,5	0,36	42,9	0,50	38,4	0,47	28,6	0,37
90	21	63,5	0,76	57,6	0,71	53,0	0,70	70,4	0,84	63,7	0,79	58,8	0,78	76,3	0,94	68,9	0,85	64,0	0,85	82,0	0,98	74,1	0,92	69,3	0,92	84,5	0,99	78,3	0,96	72,2	0,96
70		41,9	0,50	36,4	0,45	31,3	0,41	46,2	0,55	40,4	0,50	35,0	0,76	50,2	0,60	44,0	0,55	38,1	0,50	54,6	0,65	47,9	0,59	40,9	0,54	56,6	0,66	50,7	0,61	42,6	0,56
60		26,2	0,31	22,0	0,27	-	-	29,7	0,35	25,1	0,31	20,4	0,27	32,4	0,39	27,6	0,34	22,5	0,30	34,6	0,41	29,9	0,37	24,5	0,32	35,8	0,42	30,8	0,38	25,5	0,33
90	24	57,5	0,69	51,6	0,64	46,4	0,61	63,7	0,76	57,2	0,71	51,8	0,69	69,0	0,82	62,1	0,77	56,7	0,75	74,2	0,89	66,9	0,83	61,8	0,82	76,4	0,90	70,7	0,86	64,4	0,85
70		37,3	0,45	32,0	0,40	26,5	0,35	41,1	0,49	35,4	0,44	29,7	0,39	44,6	0,53	38,6	0,48	32,4	0,43	48,4	0,58	41,8	0,52	34,8	0,46	50,1	0,59	44,2	0,53	36,2	0,48
60		23,4	0,28	-	-	-	-	26,5	0,32	21,9	0,27	-	-	28,8	0,37	23,8	0,30	20,6	0,27	30,6	0,37	25,6	0,32	22,4	0,30	31,6	0,38	26,4	0,33	23,3	0,31
90	27	52,2	0,62	46,2	0,57	40,4	0,53	57,8	0,69	51,9	0,64	45,6	0,60	62,8	0,76	56,7	0,70	50,5	0,67	67,9	0,81	61,4	0,76	55,7	0,74	69,9	0,82	64,9	0,79	58,0	0,76
70		32,9	0,39	27,9	0,35	21,9	0,29	36,3	0,43	31,0	0,38	24,7	0,33	38,3	0,47	33,6	0,45	27,0	0,36	42,3	0,51	36,0	0,45	29,2	0,39	43,8	0,52	38,0	0,45	30,4	0,40
60		21,5	0,25	-	-	-	-	23,6	0,28	-	-	-	-	25,7	0,31	20,4	0,25	-	-	27,5	0,33	21,8	0,27	20,4	0,27	28,4	0,34	22,5	0,28	21,2	0,28

## Baterías agua caliente (modelos 038-042) - Batería de 130 kW

Caudal de aire, l/s		5050						5550						6100					
% glycol		0		20		35		0		20		35		0		20		35	
EWT	EDB	kW	l/s																
90	13	167,0	2,00	155,7	1,92	148,4	1,95	172,9	2,06	164,6	2,03	154,8	2,03	178,2	2,12	173,2	2,14	161,4	2,12
70		110,1	1,31	101,1	1,25	91,0	1,19	114,1	1,36	107,1	1,32	95,6	1,25	117,6	1,40	113,1	1,39	99,7	1,31
60		76,3	0,91	66,5	0,82	46,9	0,61	79,1	0,94	70,4	0,87	48,8	0,64	81,5	0,97	74,3	0,91	50,9	0,66
90	17	144,5	1,72	132,2	1,63	125,0	1,64	149,0	1,78	139,7	1,72	130,5	1,71	153,4	1,83	147,5	1,82	136,1	1,78
70		96,7	1,15	86,7	1,07	76,3	1,00	100,2	1,19	91,8	1,13	79,5	1,04	103,2	1,23	96,9	1,19	82,9	1,09
60		62,9	0,75	55,5	0,68	42,0	0,55	65,6	0,78	58,7	0,72	43,7	0,57	67,5	0,80	61,9	0,76	45,6	0,60
90	21	125,4	1,49																

# Pérdidas de presión estática externa al utilizar opcionales

Opcionales 016-028	Caudal de aire (l/s)				
	2000	2500	3000	3600	4000
	Caída de presión (Pa)				
Resistencia eléctrica	16	24	32	43	51
Economizador	8	13	20	28	35
Batería agua caliente, 60 + 100 kW	58,1	84,7	115,3	156,9	187,5
Filtros de alta eficiencia F6	13	19	26	35	41
Filtros de alta eficiencia F7	27	36	46	58	67
Filtros de alta eficiencia G4 + F6	44	62	81	108	127
Filtros de alta eficiencia G4 + F7	59	79	102	132	153
Filtros de alta eficiencia F6 + F7	71	98	127	166	194

Opcionales 016-028	Caudal de aire (l/s)		
	5050	5550	6100
	Caída de presión (Pa)		
Resistencia eléctrica	70	78	85
Economizador	50	65	80
Batería agua caliente, 130 kW	86,2	101,1	118,6
Filtros de alta eficiencia F6	31	36	42
Filtros de alta eficiencia F7	54	61	69
Filtros de alta eficiencia G4 + F6	97	112	130
Filtros de alta eficiencia G4 + F7	120	137	157
Filtros de alta eficiencia F6 + F7	151	173	199

## Guía de especificaciones

### 50UZ unidades rooftop bomba de calor

#### Parte 1 - Generalidades

##### Garantía de calidad

Las unidades rooftop 50UZ cumplen los requisitos de las siguientes directivas europeas:

- directiva de maquinaria 2006/42/EC,
- directiva de baja tensión 2006/95/EC,
- directiva de compatibilidad electromagnética 2004/108/EC,
- seguridad de máquinas, equipos eléctricos de máquinas, reglamentos generales: EN 60204-1,
- emisiones electromagnéticas radiadas: EN 61000-6-3,
- emisiones electromagnéticas conducidas: EN 61000-6-4,
- inmunidad electromagnética: EN 61000-6-2,
- directiva para equipos sometidos a presión 97/23/EC.

Las unidades 50UZ han sido diseñadas y probadas en unas instalaciones con un sistema de aseguramiento de la calidad homologado según la norma ISO 9001. Las unidades 50UZ han sido montadas en unas instalaciones con un sistema de gestión del medio ambiente homologado según la norma ISO 14001. Todas las unidades se someten a una prueba de funcionamiento antes de su envío.

#### Parte 2 - Productos

##### Equipos

##### Compresor

Compresores de scroll y alternativos herméticos, refrigerados por el gas de aspiración con protección contra sobrecargas mediante un termostato interno y/o relé térmico. Visor de nivel de aceite y carga de aceite sintético de polioléster.

##### Intercambiadores de calor de aire

Baterías interiores y exteriores con aletas de aluminio ranuradas pretratadas montadas por dilatación en el interior de tubos de cobre ranurados.

Protección frente a la acumulación de hielo mediante calentador de resistencia eléctrica en el soporte de la batería.

##### Ventilador exterior

Ventilador axial de bajo nivel de ruido Carrier Flying Bird con 11 aspas y un anillo giratorio, fabricado de material compuesto. Motor trifásico de 2 velocidades, aislamiento clase F, clase protección IP 55, protección contra sobrecargas mediante relé térmico. Flujo de aire vertical con rejilla de protección de alambre de acero recubierto de polietileno.

##### Ventilador interior

Los ventiladores interiores son centrífugos de doble oído con álabes curvados equilibrados estática y dinámicamente, para evitar ruidos y vibraciones. Los ventiladores salen de fábrica ajustados para su caudal de aire nominal y presión estática. Estos ventiladores son accionados por motores trifásicos, mediante transmisión de correas y poleas regulables.

##### Filtros

Para obtener una mejor calidad del aire interior se ofrecen las siguientes combinaciones eficientes de filtros: filtro G4, filtro F6, filtro F7, filtro previo G4 + filtro F6, filtro previo G4 + filtro F7 o filtro previo F6 + filtro F7.

##### Circuito de refrigerante

Cada circuito incluye: una válvula de inversión del ciclo de 4 vías, visor con indicador de humedad, dispositivo de expansión de 2 vías, intercambiador de calor, sensores de presión y temperatura, presostato de alta presión de rearme manual exterior y una carga de refrigerante HFC-407C. Las unidades 50UZ 038-042 incluirán también: filtro-secador, acumulador de aspiración y recipiente de líquido.

##### Caja de control de los circuitos de alimentación y control

La caja de control es accesible a través de una puerta con bisagras. Incluye un interruptor principal, fusibles e interruptores, contactores de los compresores, ventiladores interiores y exteriores, relés térmicos, transformador para el circuito de control de baja tensión (24 V) y tarjeta de control Pro-Dialog. Un solo punto de entrada de alimentación trifásica sin neutro da servicio a toda la unidad.

##### Chasis/caja

Chasis y caja fabricados de chapa de acero galvanizado. Pintados con pintura de poliéster en polvo secada en estufa, de color gris claro (RAL 7035). Paneles desmontables con pestillos de 1/4 de vuelta.

