



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD EN GENERACIÓN DE ENERGÍA

**TFM: ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE
LA CLIMATIZACIÓN DE UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR DE 160m² EN BURGOS Y EN
VALENCIA CON LOS SIGUIENTES SISTEMAS;
FAN-COILS, ENFRIADORA + CALDERA, BOMBA
DE CALOR, VRV Y SUELO RADIANTE**

AUTOR: JOSE MANUEL CORDERO FRAILE

TUTOR: VICTOR MANUEL SOTO FRANCÉS

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

ÍNDICE

1.OBJETO DEL PROYECTO	4
2.INTRODUCCIÓN	5
2.1. SITUACIÓN INICIAL	5
2.2. PROGRAMAS UTILIZADOS	6
2.2.1. AUTOCAD	6
2.2.2. GENERA 3D	7
2.2.3. ENERGY PLUS.....	8
2.2.4. ESO VIEW.....	9
3.CONDICIONES CLIMÁTICAS Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES	10
3.1. DATOS CLIMÁTICOS.....	10
3.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.....	12
4.DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y POTENCIAS OBTENIDAS DE DISTINTOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	17
4.1. FAN COIL UNIT	18
4.1.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	18
4.1.2. POTENCIAS OBTENIDAS	19
4.1.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS	26
4.2. PACKAGED TERMINAL AIR CONDITIONER (PTAC).....	31
4.2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	31
4.2.2. POTENCIAS OBTENIDAS	33
4.2.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS	39
4.3. PACKAGED TERMINAL HEAT PUMP (PTHP)	45
4.3.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	45
4.3.2. POTENCIAS OBTENIDAS	47

4.3.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS	54
4.4. VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE (VRV)	59
4.4.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	59
4.4.2. POTENCIAS OBTENIDAS	61
4.4.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS	68
4.5. SUELO RADIANTE	74
4.5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	74
4.5.2. POTENCIAS OBTENIDAS	77
4.5.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS	83
5. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LOS SISTEMAS Y CONCLUSIONES.....	90
6. BIBLIOGRAFÍA	98

1.OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto se redacta con carácter de Trabajo de Fin de Máster, para la obtención por parte del autor del título de Máster en Ingeniería Industrial.

La redacción de este trabajo trata sobre un "Estudio del consumo energético de la climatización de una vivienda unifamiliar de 160m² en Burgos y en Valencia con los siguientes sistemas; Fan Coil, Enfriadora + Caldera, Bomba de Calor, VRV y Suelo Radiante" para finalmente escoger los equipos adecuados en cada sistema según los catálogos de los fabricantes.

Como iniciativa del alumno se eligen como escenarios las ciudades de Valencia y de Burgos para comparar y determinar los equipos de climatización necesarios en cada una de ellas. Para ello se utilizará la misma vivienda unifamiliar de 160m² distribuidos en dos plantas para ambas localizaciones, pero adecuando sus características estructurales con el fin de cumplir con la normativa del Código Técnico de la Edificación.

Para la elaboración del presente Trabajo Final de Máster se han utilizado diversos programas informáticos que se irán comentando paso a paso durante la presente memoria y que han sido de gran utilidad durante la vida académica del estudiante.

Por tanto, el presente Trabajo Final de Máster tiene como finalidad el estudio de cada Sistema de climatización y su posterior selección de equipos para ambas localizaciones.

2.INTRODUCCIÓN

2.1. SITUACIÓN INICIAL

Disponemos inicialmente de los planos de una vivienda unifamiliar de 160 m² distribuidos en dos plantas, en la cual se quiere instalar un equipo de climatización para asegurar el confort de sus ocupantes, pero para ello comprobaremos los distintos sistemas y obtendremos las distintas soluciones posibles.

Para ello comprobaremos los distintos sistemas de climatización que se pueden instalar en dicha vivienda, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de las localizaciones de Valencia y de Burgos.

En el plano de la izquierda se observa la planta baja y en el plano de la derecha la planta superior de dicha vivienda.



Imagen 2.1: Planta baja y planta superior de la vivienda unifamiliar

2.2. PROGRAMAS UTILIZADOS

Para realizar el presente proyecto es necesario el uso de una serie de programas informáticos, que nos puedan facilitar la implantación de características estructurales y los cálculos necesarios en la búsqueda de nuestro fin.

La simulación mediante estas herramientas informáticas constituye el método comúnmente reconocido para poder determinar el comportamiento energético de dicha vivienda unifamiliar de forma previa a su construcción.

En nuestro caso, el comportamiento energético no solo depende de las características de los materiales con los que se realiza la estructura y de los sistemas que la componen, sino que está condicionado por su funcionamiento como sistema complejo, ya que nuestra vivienda se compone de dos plantas con tres zonas en cada planta.

A continuación se describen los programas informáticos que se han utilizado para llevar a cabo dichas tareas.

2.2.1. AUTOCAD

En primer lugar hemos realizado la definición en planta de nuestra vivienda mediante la herramienta de AutoCAD.



Imagen 2.2: Plano de la planta baja y planta superior de la vivienda unifamiliar

Para poder acoplar los planos al lenguaje del programa Genera3D hemos tenido que redefinir los contornos de los locales con las siguientes capas:

- Una capa llamada LIDER mediante polilíneas cerradas para crear los espacios.

-Una capa llamada V_LIDER mediante *líneas* para crear los huecos.

-Una capa llamada V_LIDER[<altura>][<altitud del suelo> para configurar la altura y altitud desde el suelo de huecos como puertas o ventanas.

-Una capa llamada TEXTO_LIDER para definir los nombres de los locales.

A estos planos, les desactivamos todas las capas que nos impedían ver la correcta visualización de los diferentes locales, y creamos una nueva capa llamada ESQUELETO, que nos ayudará a crear los diferentes espacios y huecos que necesitamos.

Una vez que hemos redefinido los planos de las dos plantas de nuestra vivienda unifamiliar, obtenemos el siguiente resultado.

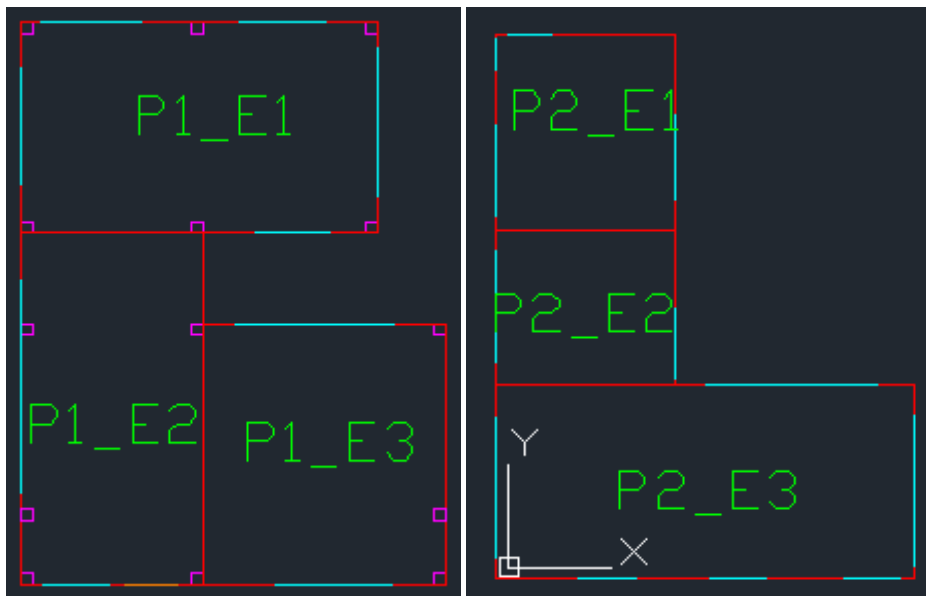


Imagen 2.3: Planta baja y planta superior de la vivienda unifamiliar

2.2.2. GENERA 3D

A continuación hemos utilizado el programa Genera3D, mediante el cual obtenemos una visualización de nuestro edificio en 3D. Al generarlo, el programa nos crea un fichero con datos estructurales que posteriormente utilizaremos en el programa EnergyPlus.

Al generar los planos de nuestra vivienda, obtenemos la siguiente estructura de nuestra vivienda unifamiliar.

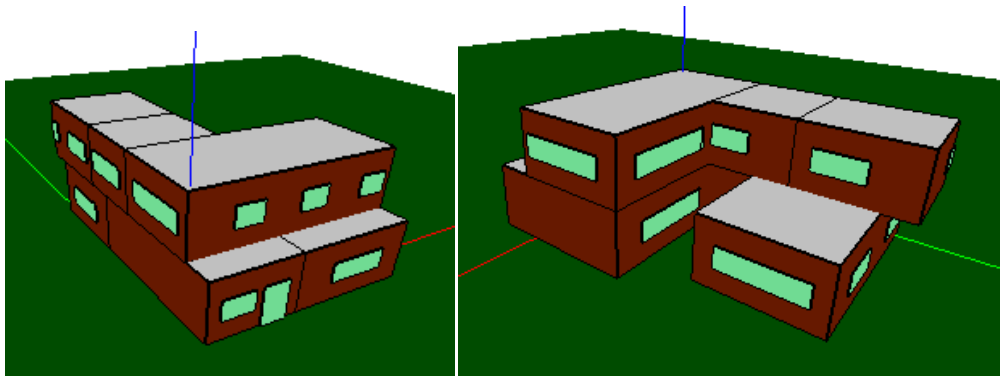


Imagen 2.4: Estructura 3D de la vivienda unifamiliar

Como podemos observar, en la imagen hemos creado diferentes huecos mediante las diferentes capas, siendo unos huecos ventanas y otros puertas. Estos huecos se tendrán en cuenta en las características estructurales de la vivienda en las simulaciones.

2.2.3. ENERGY PLUS

Esta herramienta informática, nos ayudará a la simulación energética de nuestra vivienda, de manera que con los datos obtenidos en el programa Genera3D podamos resolver cada uno de los sistemas a estudiar.

Posteriormente introducimos los datos meteorológicos de las dos ciudades a analizar, en nuestro caso son las ciudades de Valencia y de Burgos. A la izquierda observamos los datos introducidos para la ciudad de Valencia, y a la derecha, los de Burgos.

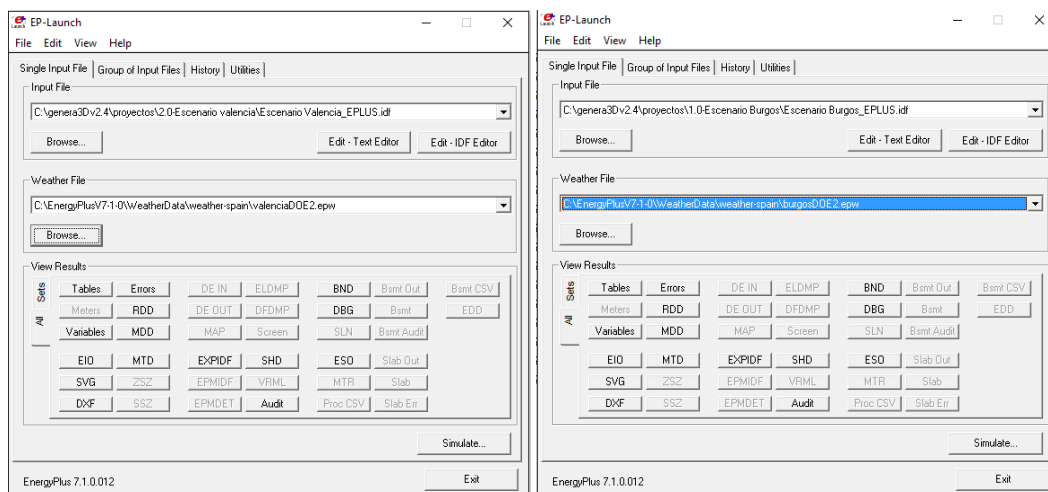


Imagen 2.5: EnergyPlus- Datos climáticos de las ciudades de Valencia y Burgos

En este programa introduciremos las características estructurales de nuestras viviendas, definiremos los niveles y cargas de ocupación, horarios de ocupación, los distintos tipos de instalaciones de climatización de las cuales realizaremos el estudio, etc.

2.2.4. ESO VIEW

Una vez que hemos realizado por completo el diseño de la instalación, realizaremos la simulación y mediante el programa ESOView observaremos las demandas energéticas, tanto de frío como de calor, de nuestros posibles escenarios.

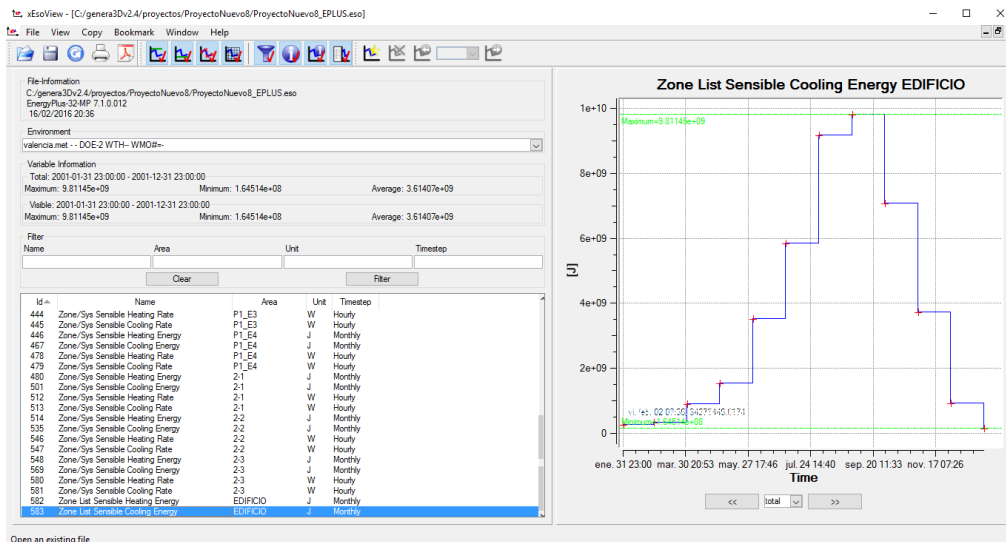


Imagen 2.6: ESOView- Demandas energéticas anuales Valencia

3.CONDICIONES CLIMÁTICAS Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

3.1. DATOS CLIMÁTICOS

Las condiciones climáticas de las ciudades de Valencia y de Burgos son completamente diferentes, por ello debemos estudiarlas por separado.

Según el CTE, existen 12 zonas climáticas clasificadas desde la zona A4 hasta la zona E1. Como podemos observar en el mapa nacional de zonas climáticas, Valencia está considerada como zona climática B3, y Burgos como zona climática E1.

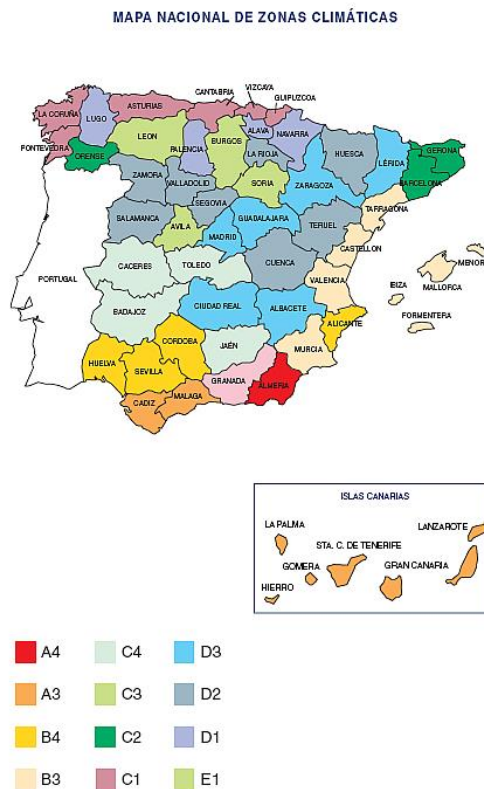


Imagen 3.1: Mapa Nacional de Zonas climáticas

Por tanto, estableciendo con las reglas del Código técnico de Edificación Documento Básico Ahorro de Energía (CTE DB HE), realizaremos los cálculos necesarios para cumplir con el coeficiente global de transferencia de calor U (W/m^2K) para cada una de las superficies de nuestra vivienda unifamiliar.

Debemos tener en cuenta que al tener dos zonas climáticas distintas se tienen que realizar los cálculos necesarios que afectan a ambas, esto quiere decir que realizaremos los cálculos para los muros de fachada o exteriores, cubiertas y ventanas.

Para la zona climática de Valencia debemos cumplir con las siguientes condiciones:

D.2.7 ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,30$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Tabla 3.1: Datos Zona climática Valencia (Fuente: CTE DB HE)

Como se observa en la tabla anterior, tomamos como coeficientes globales de transferencia de calor los siguientes:

- U muros de fachada o exteriores = $0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- U cubierta = $0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- U Ventanas (más desfavorable) = $5,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Por otro lado, para la zona climática de Burgos se debe de cumplir las siguientes condiciones:

D.2.16 ZONA CLIMÁTICA E1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,36$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6	3,0	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2	2,7	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0	2,4	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	-	-	-	0,40	0,54	0,43

Tabla 3.2: Datos Zona climática Burgos (Fuente: CTE DB HE)

Como se puede observar en la tabla anterior, en este caso tomamos como coeficientes globales de transferencia de calor los siguientes:

- U muros de fachada o exteriores = 0,57 W/m²K
- U cubierta = 0,35 W/m²K
- U Ventanas (más desfavorable) = 3,1 W/m²K

Analizando de forma rápida los datos seleccionados, nos damos cuenta que el margen permitido en cuanto a transferencia de calor en la ciudad de Burgos es mucho menor que para la ciudad de Valencia, por lo que el aislamiento de muros, cubierta y ventanas será de mayor espesor.

3.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

Para adecuar nuestra vivienda unifamiliar a estas dos localizaciones o zonas climáticas, debemos cumplir con las exigencias del CTE que hemos visto anteriormente, por tanto realizamos los cálculos oportunos para seleccionar el aislamiento adecuado a cada superficie.

Para realizar estos cálculos, suponemos que los materiales y las características de cada una de las superficies son las que se comentan a continuación.

En primer lugar analizaremos las superficies en las cuales no habrá cambio de materiales y características, es decir; forjado con el terreno, suelo interior, medianeras y techo interior. Y posteriormente analizaremos las superficies en las cuales habrá diferencias, es decir; cubierta, muro exterior y ventanas.

En cuanto al **forjado** que está en contacto con el terreno, consideraremos la siguiente composición:

En primer lugar tierra vegetal con un espesor de 0,35m, encima se depositará una capa de 0,25m de hormigón en masa y por último un mortero de cemento para alisar el terreno. Quedando un total de 0,61m de espesor y un coeficiente global de transmisión de calor de:

$$U = \frac{1}{\frac{0,35m}{0,52W/mK} + \frac{0,25m}{1,65W/mK} + \frac{0,01m}{0,55W/mK}} = 1,19W/m^2K$$

FORJADO TERRENO				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)		
Tierra Vegetal	0.35	0.52	Espesor Forjado Terreno	0.61
Hormigón en masa	0.25	1.65	Factor U (W/m ² K)	1.19
Mortero de cemento	0.01	0.55		

Tabla 3.3: Composición y características del forjado al terreno

En cuanto al **suelo interior** de nuestra vivienda unifamiliar, consideraremos la siguiente composición:

En primer lugar un enlucido de yeso con un espesor de 0,015m, encima se depositará un entrevigado cerámico de 0,30m de canto y por último una baldosa de gres de un espesor de 0,02m. Quedando un total de 0,335m de espesor y un coeficiente global de transmisión de calor de:

$$U = \frac{1}{\frac{0,015m}{0,57W/mK} + \frac{0,30m}{0,937W/mK} + \frac{0,02m}{2,3W/mK}} = 2,82W/m^2K$$

SUELO INTERIOR			
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	
Enlucido de yeso 1000<d<1300 (1.5cm)	0.015	0.57	Espesor Suelo Interior 0.335
FU entrevigado ceramico - Canto 300 mm	0.3	0.937	Factor U (W/m ² K) 2.82
Plaqueta o baldosa de gres (2.0cm)	0.02	2.3	

Tabla 3.4: Composición y características del suelo interior

En cuanto a la composición de las **medianeras** de la vivienda, consideraremos la siguiente composición:

En primer lugar un enlucido de yeso con un espesor de 0,015m, encima se depositará un tabicón de 0,09m de canto, en la parte central se instala un aislante de poliestireno de 0,05m de espesor, y por último se vuelve a insertar el tabicón y posteriormente enlucido de yeso, con lo que de esta manera queda la medianera de la misma manera por un lado y por el otro. Quedando un total de 0,26m de espesor y un coeficiente global de transmisión de calor de:

$$U = \frac{1}{\frac{0,015m}{0,57W/mK} + \frac{0,09m}{0,432W/mK} + \frac{0,05m}{0,038W/mK} + \frac{0,09m}{0,432W/mK} + \frac{0,015m}{0,57W/mK}} = 0,56W/m^2K$$

MEDIANERA			
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	
Enlucido	0.015	0.57	
Tabicón	0.09	0.432	Espesor Medianera 0.26
Aislante poliestireno	0.05	0.038	Factor U (W/m ² K) 0.56
Tabicón	0.09	0.432	
Enlucido	0.015	0.57	

Tabla 3.5: Composición y características de las medianeras

Y como última superficie de cálculo que tienen la composición en común tanto en Valencia como en Burgos, tenemos el **techo interior** con una composición igual a la del suelo interior pero en el orden invertido, esto ha sido realizado de esta manera para que en los cálculos no haya diferencias de transferencias de calor entre las dos plantas de la vivienda, por tanto la composición es la siguiente:

Comenzando desde la parte superior hasta la cara vista, en primer lugar tenemos una plaqueta con un espesor de 0,02m, por debajo irá instalado un entrevigado cerámico de 0,30m

de canto y por último en la parte inferior una baldosa de gres de un espesor de 0,015m. Quedando un total de 0,335m de espesor y un coeficiente global de transmisión de calor de:

$$U = \frac{1}{\frac{0,02m}{2,3W/mK} + \frac{0,30m}{0,937W/mK} + \frac{0,015m}{0,57W/mK}} = 2,82W/m^2K$$

TECHO INTERIOR				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)		
Plaqueta o baldosa de gres	0.02	2.3	Espesor Techo Interior	0.335
FU entrevigado ceramico - Canto 300 mm	0.3	0.937	Factor U (W/m ² K)	2.82
Enlucido de yeso (1.5cm)	0.015	0.57		

Tabla 3.6: Composición y características del forjado al terreno

A continuación vamos a definir la composición de la **cubierta** de la vivienda unifamiliar, pero en este caso vamos a calcular el espesor de aislante necesario para cada una de las localizaciones. La composición es la siguiente:

Instalaremos el entrevigado de 0,30m de canto y en la parte superior instalaremos una serie de elementos que hagan de aislante y de impermeabilizante de nuestra vivienda. Encima del entrevigado se instalará un aislante de poliestireno y dependiendo de los datos climatológicos variará su espesor; por la parte superior se echará un mortero de cemento de 0,02m de espesor y encima una lámina impermeabilizante y protectora de betún; encima se echa una capa de mortero de cemento de 0,01m para sujetar por último las placas de gres de 0,02m. En la parte inferior del entrevigado se enlucirá con un espesor de 0,01m.

Para la ciudad de Valencia, siguiendo el CTE se debe de cumplir como máximo un coeficiente global de transmisión de calor de 0,45W/m²K, por tanto el espesor de aislante resultante será:

$$U = \frac{0,45W}{m^2K} = \frac{1}{\frac{0,02m}{2,3W/mK} + \frac{0,01m}{0,55W/mK} + \frac{0,02m}{0,23W/mK} + \frac{0,02m}{0,55W/mK} + \frac{\text{espesor aislante(m)}}{0,038W/mK} + \frac{0,30m}{0,846W/mK} + \frac{0,01m}{0,57W/mK}}$$

espesor aislante= 0,08m

Y para la ciudad de Burgos, siguiendo el CTE se debe de cumplir como máximo un coeficiente global de transmisión de calor de 0,35W/m²K, por tanto el espesor de aislante resultante será:

$$U = \frac{0,35W}{m^2K} = \frac{1}{\frac{0,02m}{2,3W/mK} + \frac{0,01m}{0,55W/mK} + \frac{0,02m}{0,23W/mK} + \frac{0,02m}{0,55W/mK} + \frac{\text{espesor aislante(m)}}{0,038W/mK} + \frac{0,30m}{0,846W/mK} + \frac{0,01m}{0,57W/mK}}$$

espesor aislante= 0,10m

CUBIERTA					
Para Valencia U(W/m ² K)= 0.45			Para Burgos U (W/m ² K)= 0.35		
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)
PBGres	0.02	2.3	PBGres	0.02	2.3
Mortero decemento	0.01	0.55	Mortero decemento	0.01	0.55
Betun_f_lamina	0.02	0.23	Betun_f_lamina	0.02	0.23
Mortero de cemento	0.02	0.55	Mortero de cemento	0.02	0.55
Aislante Poliestireno	0.08	0.038	Aislante Poliestireno	0.1	0.038
Fu_entrevigado	0.3	0.846	Fu_entrevigado	0.3	0.846
Enlucido	0.01	0.57	Enlucido	0.01	0.57
Espesor Cubierta	0.46		Espesor Cubierta	0.48	
Factor U (W/m ² K)	0.381		Factor U (W/m ² K)	0.317	

Tabla 3.7: Composición y características de las cubiertas

A continuación vamos a definir la composición del **muro exterior** de la vivienda unifamiliar, pero en este caso vamos a calcular el espesor de aislante necesario para cada una de las localizaciones. La composición es la siguiente:

Instalaremos el tabicón de 0,075m y por la parte interior lo enluciremos con un espesor de 0,015m; por la parte exterior se instalará un aislante de poliestireno y dependiendo de los datos climatológicos variará su espesor; a continuación un mortero de cemento de 0,015m que sujetará la parte exterior de la vivienda que está formada por ladrillos de pie métrico catalán de 0,115m de espesor.

Para la ciudad de Valencia, siguiendo el CTE se debe de cumplir como máximo un coeficiente global de transmisión de calor de 0,82W/m²K, por tanto el espesor de aislante resultante será:

$$U = \frac{0,82W}{m^2K} = \frac{1}{\frac{0,115m}{\frac{1,03W}{mK}} + \frac{0,015m}{\frac{0,55W}{mK}} + \frac{\text{espesor aislante(m)}}{\frac{0,038W}{mK}} + \frac{0,075m}{\frac{0,432W}{mK}} + \frac{0,015m}{\frac{0,57W}{mK}}}$$

espesor aislante= 0,04m

Para la ciudad de Valencia, siguiendo el CTE se debe de cumplir como máximo un coeficiente global de transmisión de calor de 0,45W/m²K, por tanto el espesor de aislante resultante será:

$$U = \frac{0,57W}{m^2K} = \frac{1}{\frac{0,115m}{\frac{1,03W}{mK}} + \frac{0,015m}{\frac{0,55W}{mK}} + \frac{\text{espesor aislante(m)}}{\frac{0,038W}{mK}} + \frac{0,075m}{\frac{0,432W}{mK}} + \frac{0,015m}{\frac{0,57W}{mK}}}$$

espesor aislante= 0,06m

MURO EXTERIOR					
Para Valencia U (W/m ² K)= 0.82			Para Burgos U (W/m ² K)=0.57		
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)
Pie métrico Catalán	0.115	1.03	Pie métrico Catalán	0.115	1.03
Mortero de cemento	0.015	0.55	Mortero de cemento	0.015	0.55
Aislante Poliestireno	0.04	0.038	Aislante Poliestireno	0.06	0.038
Tabicón	0.075	0.432	Tabicón	0.075	0.432
Enlucido	0.015	0.57	Enlucido	0.015	0.57
Espesor Muro Exterior	0.26		Espesor Muro Exterior	0.28	
Factor U (W/m ² K)	0.719		Factor U (W/m ² K)	0.521	

Tabla 3.8: Composición y características de los muros exteriores

Y por último, en cuanto a las ventanas que se deben instalar en cada una de las localizaciones, habrá que cumplir con el factor de transferencia global de calor del CTE, es decir, que en burgos será necesario instalar una ventana con un mayor espesor y calidad que en Valencia.

VENTANA		
Material	U Factor Valencia (W/m ² K)	U Factor Burgos(W/m ² K)
VIDRIO_CERMA	5.7	3.1

Tabla 3.9: Características de las ventanas

4. DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y POTENCIAS OBTENIDAS DE DISTINTOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

En el presente trabajo, vamos a analizar distintos tipos de sistemas de climatización adecuándolos a nuestra vivienda unifamiliar; es decir, probaremos cada tipo de sistema en cada uno de los distintos escenarios posibles.

Los distintos sistemas a analizar son los siguientes: Fan Coil Unit, PTAC (Packaged Terminal Air conditioner), PTHP (Packaged Terminal Heat Pump), VRV (Volumen Refrigerante Variable) y Suelo Radiante. A continuación definiremos cada uno de ellos, explicaremos su morfología y su modo de funcionamiento.

Por tanto, analizando este conjunto de sistemas para cada una de las localizaciones (Burgos y Valencia) hace un total de 10 resultados distintos. Una vez que tengamos esos resultados, los comentaremos e instalaremos el equipo necesario para cada uno de estos escenarios.

4.1. FAN COIL UNIT

4.1.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Como el propio nombre indica, un fan coil está formado por un fan (ventilador) y un coil (batería o intercambiador de frío o calor). El modo de funcionamiento de dicho sistema es el siguiente:

Se hace circular aire de forma forzada con ayuda de un ventilador, este aire circula entre la batería del sistema, que está formada por tubos de cobre y aletas de aluminio por donde circula agua fría o caliente, de esta manera se obtiene a la salida aire a la temperatura deseada.

Las tuberías que enlazan los fan coils con los generadores pueden ser de dos modos; de dos tuberías, una de ida y otra de retorno, lo que repercute en que sólo se puede dar un servicio (calefacción o refrigeración) a la vez en todos los fan coils. Y el otro modo es de cuatro tuberías (dos baterías), una para calefacción y otra para refrigeración, con dos tuberías cada una de ellas. Esto permite el funcionamiento de distintos servicios en las zonas de edificios con diferente ocupación, orientación, etc.

Normalmente los fan coils son sistemas de climatización por agua, es decir, que tenemos una bomba de calor aire-agua que genera agua fría o caliente (según las necesidades del local) y posteriormente la canaliza por tuberías a los fan coils que se encuentran distribuidos por todo el local.

No obstante, para instalaciones de elevada potencia, se tiene un apoyo mediante una caldera para el suministro de agua caliente del sistema y una planta enfriadora de agua, en estas instalaciones habrá al menos dos intercambiadores (uno para agua caliente y otro para agua fría); este es el caso de la siguiente figura.

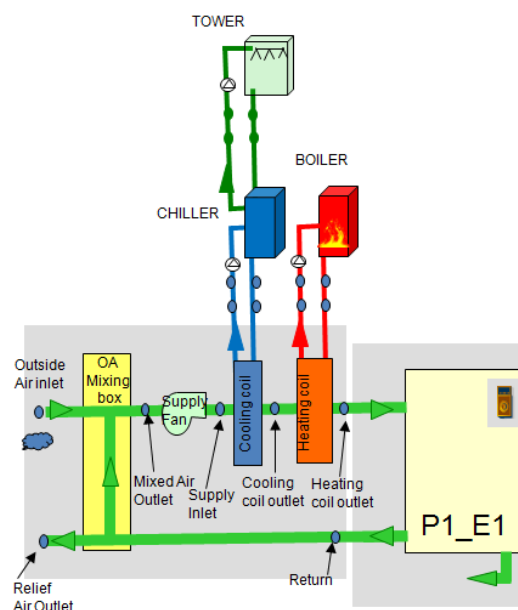


Imagen 4.1.1: Esquema instalación Fan Coil

En cuanto a la regulación de los fan coils, se suele utilizar un termostato interno todo/nada conectado a la entrada de aire del retorno. Aunque para edificios con grandes superficies, la regulación se hace mediante un sistema integrado de control (con un sensor de ambiente) que actúa sobre la válvula de entrada del fluido caloportador.

Este tipo de sistema de climatización se utiliza para grandes superficies como pueden ser edificios residenciales, comerciales o industriales, ya que en locales de menor tamaño se utilizan equipos de expansión directa múltiples (PTHP o PTAC), tanto por su sencillez como por su economía.



Imagen 4.1.2: Unidad Interior de un Fan Coil

También cabe destacar que existen distintos tipos de unidades interiores de fan coils, estas pueden ser tipo consola, apoyados en el suelo, colgados del cielorraso, por conductos o cassette.

En muchas ocasiones resulta complicado diferenciar un fan coil tipo mural de una unidad interior (PTHP) que funcione con gas refrigerante, ya que a simple vista puede parecer lo mismo, por tanto habría que fijarse en la parte de detrás de dicho mural, aunque lógicamente, el fan coil tipo mural tendrá un mayor tamaño que la unidad interior para la misma potencia térmica.

4.1.2. POTENCIAS OBTENIDAS

A continuación, comentaremos los datos obtenidos en cuanto a las potencias de los equipos a instalar para el Sistema Fan Coil, tanto para la ciudad de Valencia como para la ciudad de Burgos.

Para el dimensionado del sistema Fan Coil vamos a tener en cuenta la caldera y la enfriadora necesaria para el correcto funcionamiento de dicho sistema.

En primer lugar comentaremos las gráficas que hemos obtenido mediante la simulación del programa EnergyPlus y posteriormente seleccionaremos los equipos necesarios de los catálogos de fabricantes. Por tanto, comenzaremos comentando los resultados obtenidos para Valencia, y posteriormente para Burgos.

CIUDAD VALENCIA

En primer lugar se observa en la imagen 4.1.3 la evolución de la potencia demandada por la caldera en el sistema de fan coil.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de EnergyPlus, la demanda máxima será de 10.501 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 1.256 W.

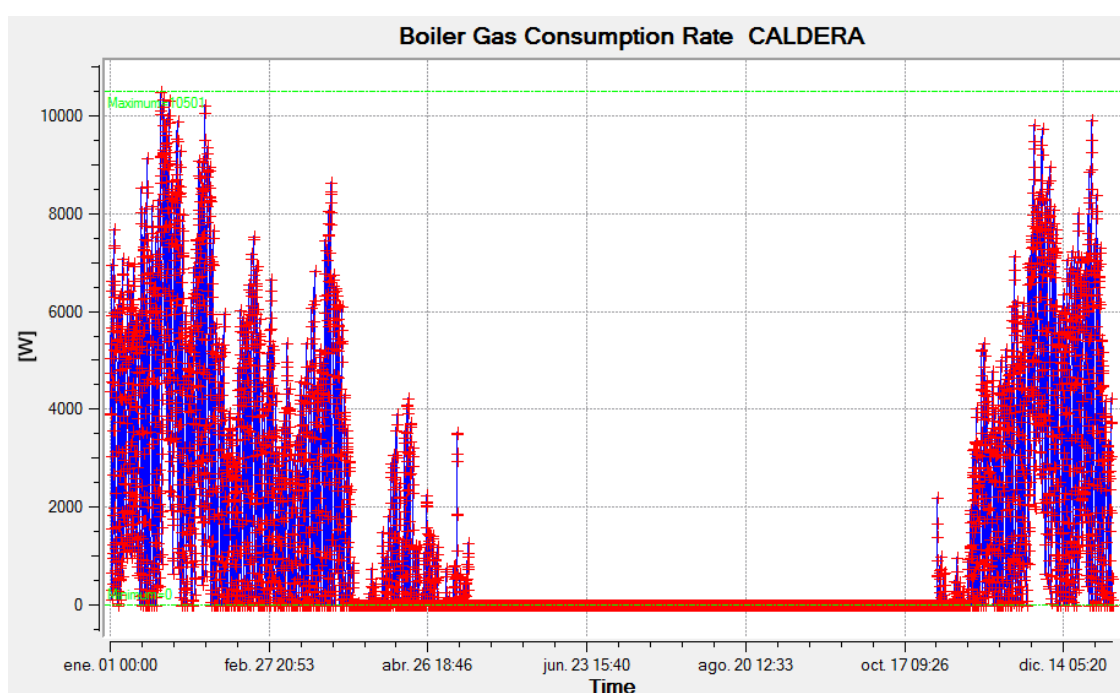


Imagen 4.1.3: Potencias anuales demandadas caldera Sistema Fan Coil Valencia

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío del sistema fan coil durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frío es nula.

Por tanto, la demanda de frío del sistema alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 15.920 W y una potencia media anual de 1928 W.

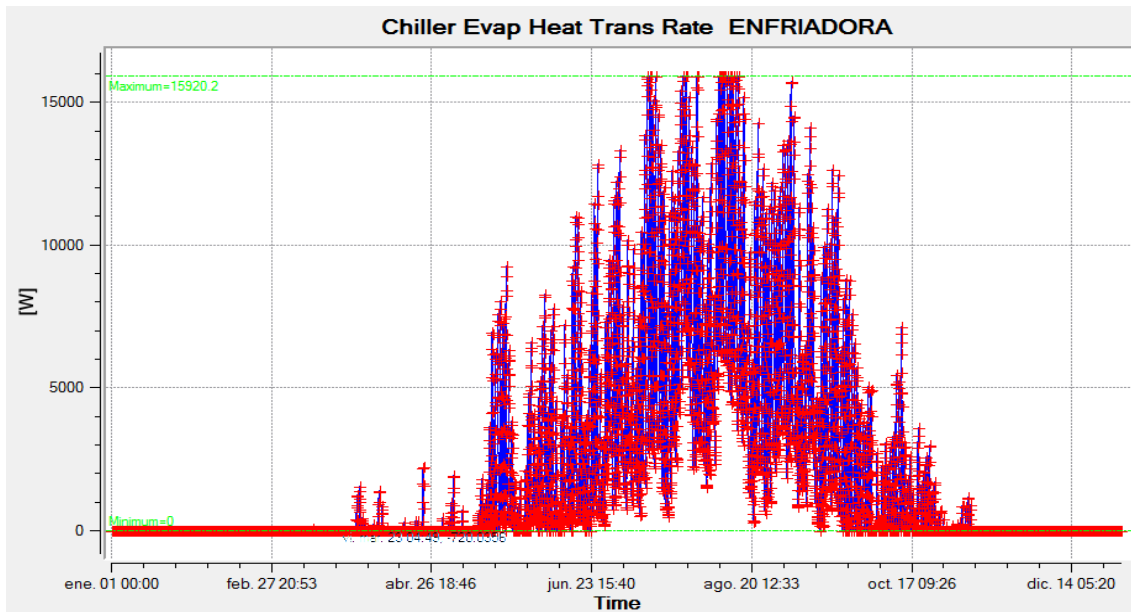


Imagen 4.1.4: Potencias anuales demandadas enfriadora Sistema Fan Coil Valencia

En último lugar, el programa EnergyPlus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la enfriadora, ya que en la gráfica anterior hemos podido observar la demanda de potencia en forma de frío de la enfriadora.

En la imagen 4.1.5 se observa que en los meses de invierno la demanda es nula, que durante algunos meses sólo se demanda durante ciertas horas del día y que por último, la demanda durante los meses de verano no desciende en ningún momento de 1.800 W.

Por tanto, estimando un EER de 3 para dicha enfriadora, la potencia eléctrica máxima sería de 5.500 W y una media anual de 946 W.

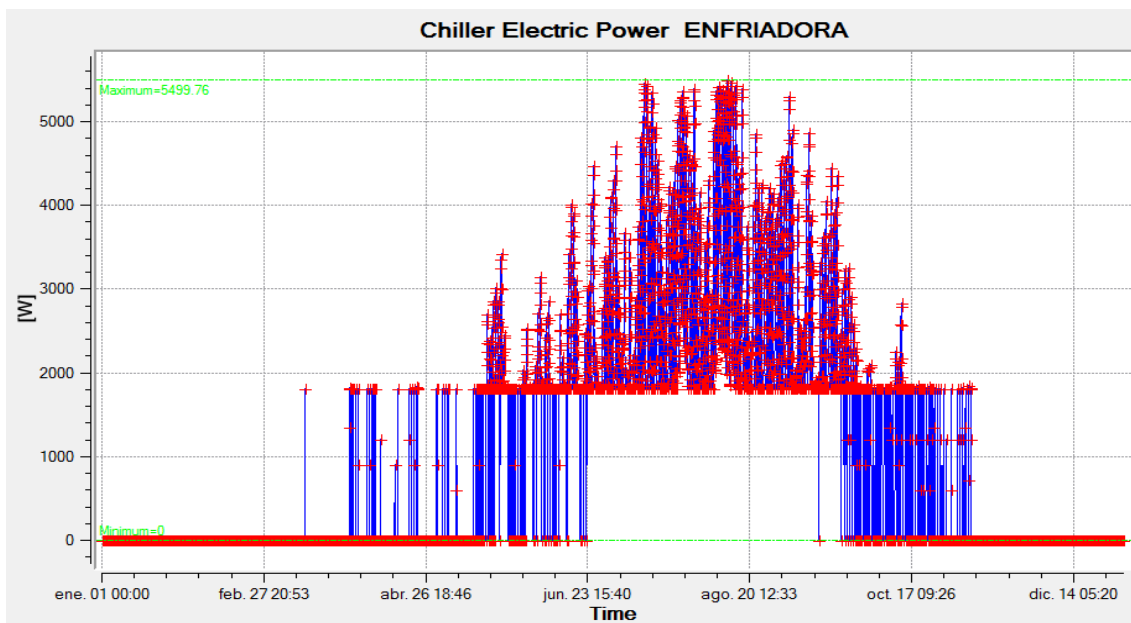


Imagen 4.1.5: Potencias anuales demandadas electricidad frío Sistema Fan Coil Valencia

En la tabla 4.1.1 se puede observar la energía consumida por el Sistema de fan coil para la ciudad de Valencia.

En primer lugar el consumo de gas natural por parte de la caldera ha sido de aproximadamente 11.000 kWh. Y en segundo lugar, el consumo de la enfriadora ha sido de aproximadamente de 10.200 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	11005.39
Cooling	10219.29	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	18583.83	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	726.35	0.00
Pumps	1096.36	0.00

Tabla 4.1.1: Energía consumida Sistema Fan Coil Valencia

CIUDAD BURGOS

En primer lugar se observa en la imagen 4.1.6 la evolución de la potencia demandada por la caldera en el sistema de fan coil.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de EnergyPlus, la demanda máxima será de 14.581 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 4.094 W.

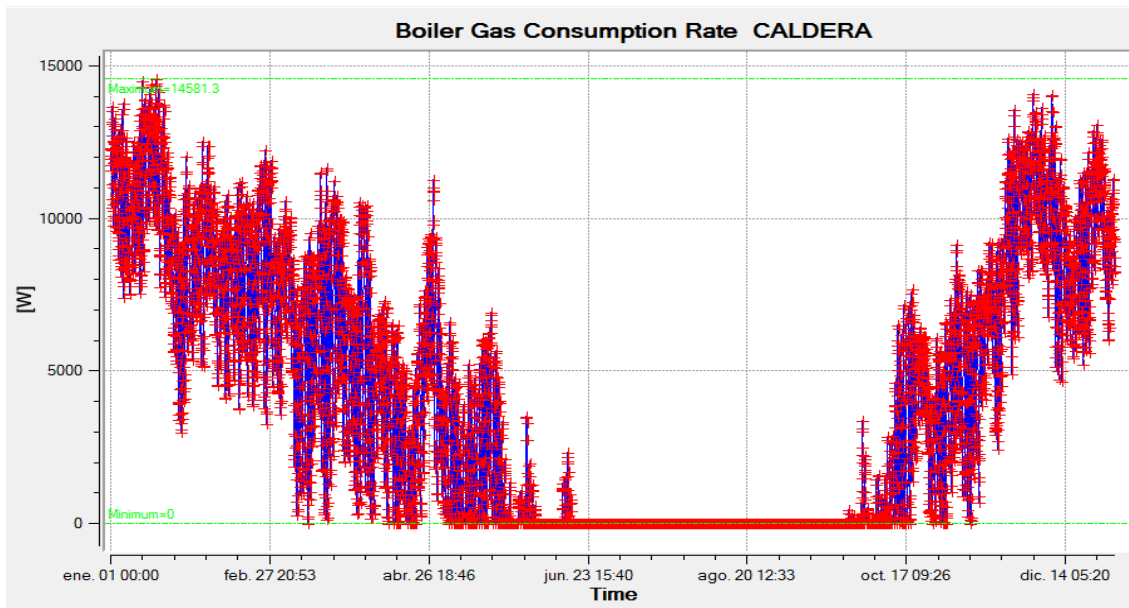


Imagen 4.1.6: Potencias anuales demandadas caldera Sistema Fan Coil Burgos

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frio del sistema fan coil durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frio es nula.

Por tanto, la demanda de frio del sistema alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 9.416 W y una potencia media anual de 388 W.

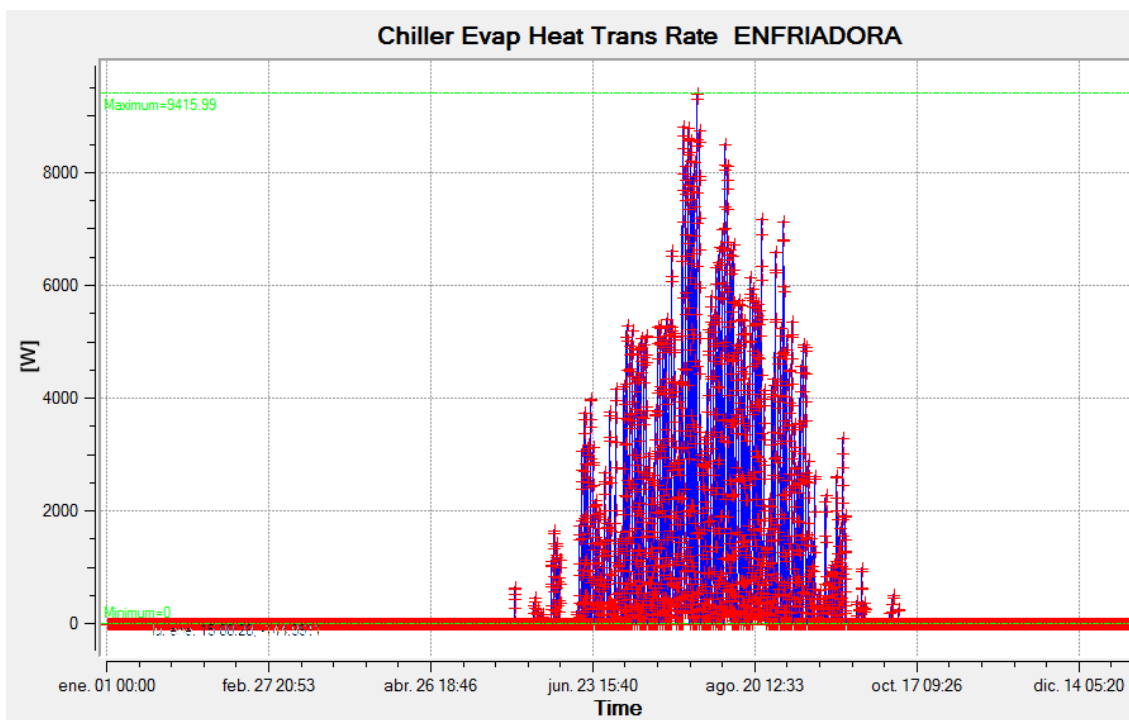


Imagen 4.1.7: Potencias anuales demandadas enfriadora Sistema Fan Coil Burgos

En último lugar, el programa EnergyPlus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la enfriadora, ya que en la gráfica anterior hemos podido observar la demanda de potencia en forma de frío de la enfriadora.

En la imagen 4.1.8 se observa que en los meses de invierno la demanda es nula, que durante algunos meses sólo se demanda durante ciertas horas del día y que por último, la demanda durante los meses de verano es moderada, pero desciende de los 1.200 W casi todos los días en horario de noche, al contrario que en Valencia que no desciende durante verano de 1.800 W.

Por tanto, estimando un EER de 3 para dicha enfriadora, la potencia eléctrica máxima sería de 3.381 W y una media anual de 226 W.

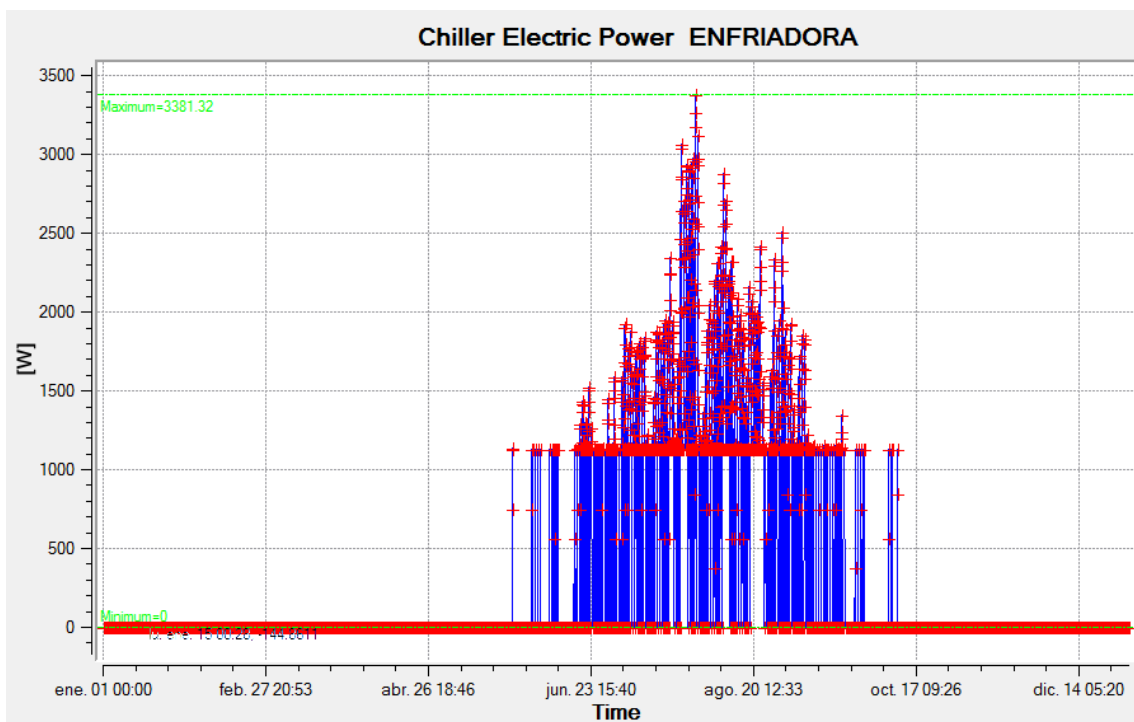


Imagen 4.1.8: Potencias anuales demandadas electricidad frío Sistema Fan Coil Burgos

En la tabla 4.1.1 se puede observar la energía consumida por el Sistema de fan coil para la ciudad de Valencia.

En primer lugar el consumo de gas natural por parte de la caldera ha sido de aproximadamente 36.000 kWh. Y en segundo lugar, el consumo de la enfriadora ha sido de aproximadamente de 2.500 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	35871.07
Cooling	2493.55	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	18583.83	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	522.13	0.00
Pumps	942.56	0.00

Tabla 4.1.2: Energía consumida Sistema Fan Coil Burgos

RESUMEN POTENCIAS Y CONSUMOS FAN COIL

Analizando las potencias obtenidas por los equipos de la caldera y la enfriadora del sistema fan coil, podemos seleccionar los datos necesarios para la posterior selección de equipos.

En primer lugar, la demanda de calefacción en Burgos ha sido bastante mayor que en Valencia, y la demanda de refrigeración de Valencia ha sido más elevada que en Burgos. Esta conclusión la podíamos haber intuido antes de conocer el resultado, pero mediante los resultados obtenidos por EnergyPlus, hemos conseguido los datos recogidos en la tabla 4.1.3 donde podemos seleccionar los valores necesarios en el dimensionado de la caldera y enfriadora.

FAN COIL UNIT	VALENCIA		BURGOS	
	MÁXIMA	MEDIA	MÁXIMA	MEDIA
Boiler Gas Rate	10501 W	1256 W	14581 W	4094 W
Chiller Evaporator Heat Transfer Rate	15920 W	1928 W	9416W	388 W
Chiller Electric Power	5500 W	946 W	3381 W	226 W

Tabla 4.1.3: Potencias máximas y medias demandadas Fan Coil

Por tanto, la potencia necesaria de la caldera para la ciudad de Valencia será de 10,5 kW y para la ciudad de Burgos de 14,6 kW. En cuanto a la enfriadora, para la ciudad de Valencia la potencia necesaria sería de 5,5 kW y para la ciudad de Burgos de 3,4 kW.

En cuanto al consumo de energía anual de nuestro sistema, debemos de saber cuánta energía en forma de gas natural y en forma de energía eléctrica va a consumir nuestro sistema. Por lo que:

El consumo de gas natural por parte de la caldera será de 11.000 kWh para la ciudad de Valencia y de 36.000 kWh para la ciudad de Burgos. Y el consumo de energía eléctrica por parte de la enfriadora será de 10.200 kWh para la ciudad de Valencia y de 2.500 kWh para la ciudad de Burgos.

4.1.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS

A continuación comentaremos los resultados que hemos obtenido en el programa EnergyPlus sobre las temperaturas que se obtendrían en nuestro sistema fan coil instalando los equipos con las potencias obtenidas en la simulación y que se han comentado con anterioridad.

Las temperaturas medias del aire a las que nos referimos son aquellas a las que se encuentra el aire dentro de las zonas de nuestra vivienda unifamiliar, pero sin tener en cuenta la influencia de las paredes sobre el aire. Y por otro lado, las temperaturas operativas del aire son aquellas a las que se tiene en cuenta la convección y radiación que nos dan las superficies de las zonas de nuestra vivienda sobre el aire, comúnmente conocido como confort térmico.

En primer lugar comentaremos las temperaturas medias y operativas para la ciudad de Valencia y posteriormente las temperaturas para la ciudad de Burgos. Para cada uno de estos casos, se han analizado las temperaturas para una semana del mes de Enero y para una semana del mes de Agosto, con la finalidad de observar correctamente el funcionamiento a plena carga de la calefacción y de la refrigeración respectivamente.

CIUDAD VALENCIA

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema fan coil, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura constante de 20°C para todos los días en los cuales la temperatura ambiente se encuentra por debajo de dicha temperatura.

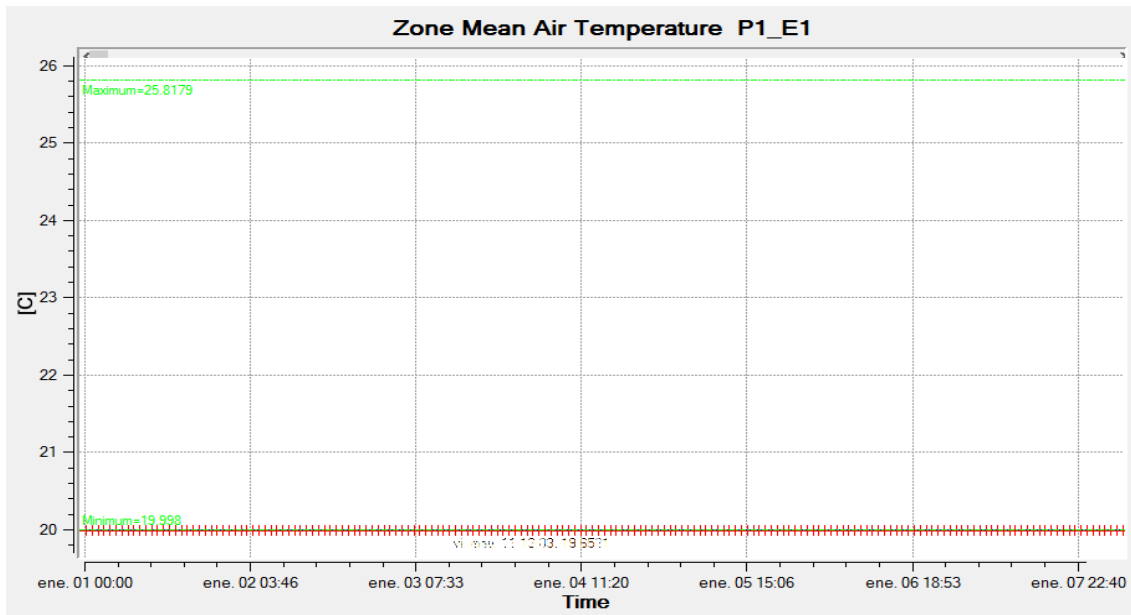


Imagen 4.1.9: Temperatura media aire Sistema Fan Coil semana Enero Valencia

Pero sin embargo, como se puede observar en la imagen 4.1.10 la temperatura operativa del aire no alcanza los 20°C, esto es debido a que la temperatura exterior es inferior a dicha temperatura y por tanto las superficies de las zonas están a una temperatura inferior a 20°C; y a que el termostato de nuestro sistema hace que la temperatura del aire sea de 20°C, con lo cual hace que la sensación de confort sea de 19,5°C.

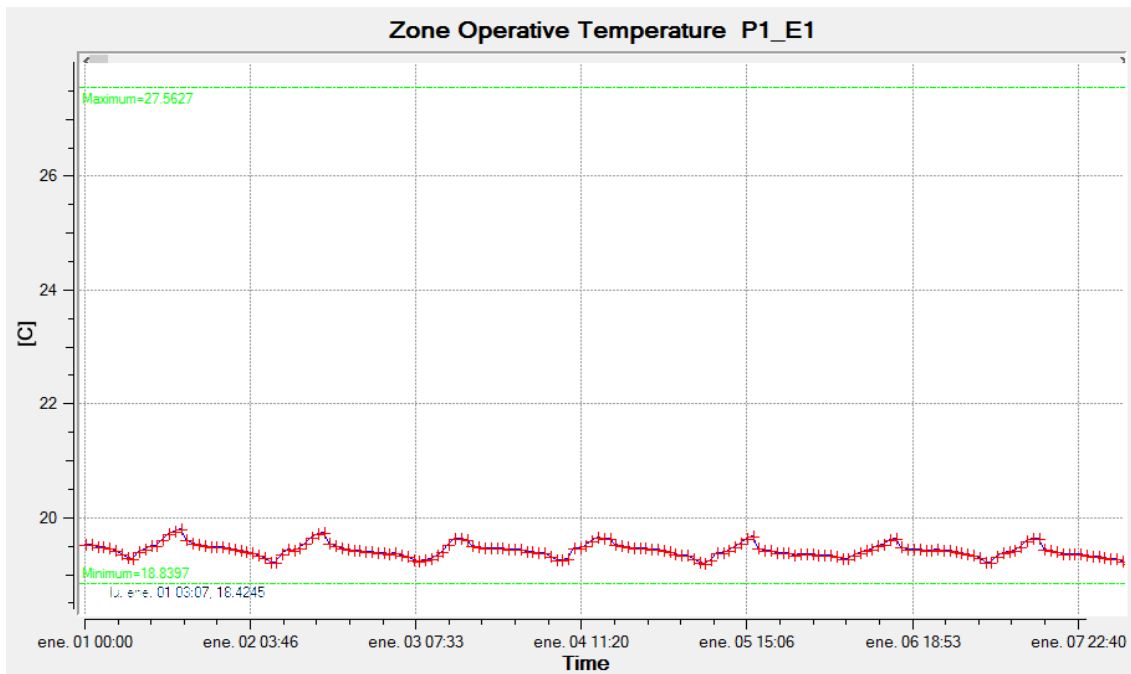


Imagen 4.1.10: Temperatura operativa aire Sistema Fan Coil semana Enero Valencia

Ahora para la semana del mes de Agosto, podemos observar que nuestro sistema intenta de mantener la temperatura media del aire en 25°C, pero hay algunos momentos pico del día en los cuales se supera. Esto sucede en momentos localizados del año, por lo que si se sobredimensionaran los equipos, podría cumplir con dicha demanda.

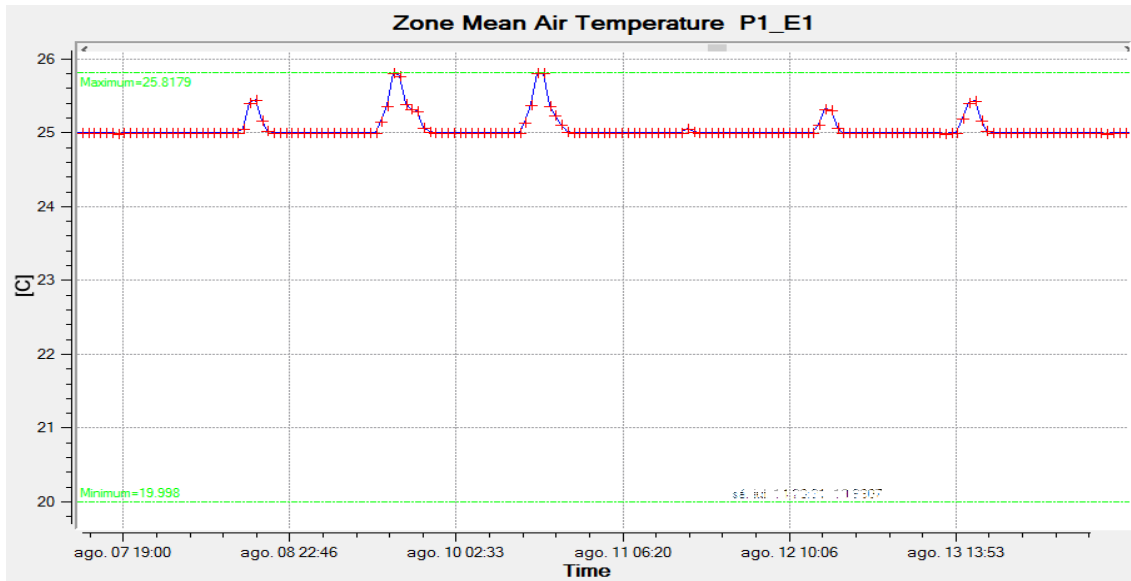


Imagen 4.1.11: Temperatura media aire Sistema Fan Coil semana Agosto Valencia

Por último, podemos observar en la imagen 4.1.11 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano. Como era de esperar, dicha temperatura se encuentra por encima de 25°C durante el mes de Agosto ya que las superficies de nuestra vivienda se encuentran a una temperatura superior.

Los picos que nos encontramos en dicha imagen corresponden con los momentos en los que la temperatura de confort térmico son más elevadas, sería en torno a las 17:00h del día. Y los valles corresponderían con los momentos de menor temperatura, sobre las 7:00h del día.

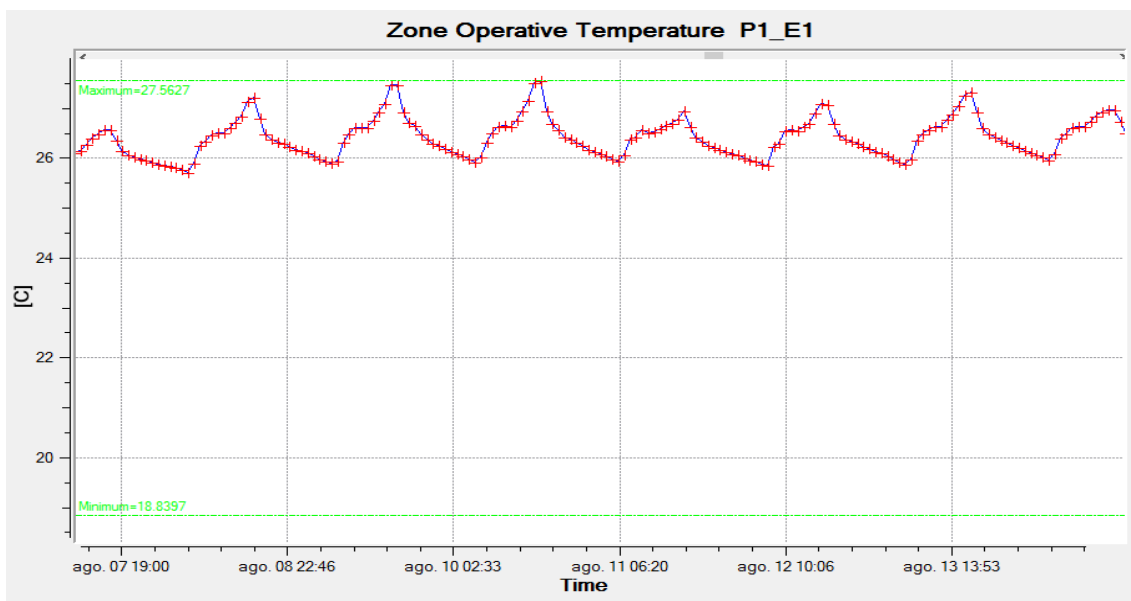


Imagen 4.1.12: Temperatura operativa aire Sistema Fan Coil semana Agosto Valencia

CIUDAD BURGOS

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema fan coil, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura constante de 20°C para todos los días en los cuales la temperatura ambiente se encuentra por debajo de dicha temperatura.

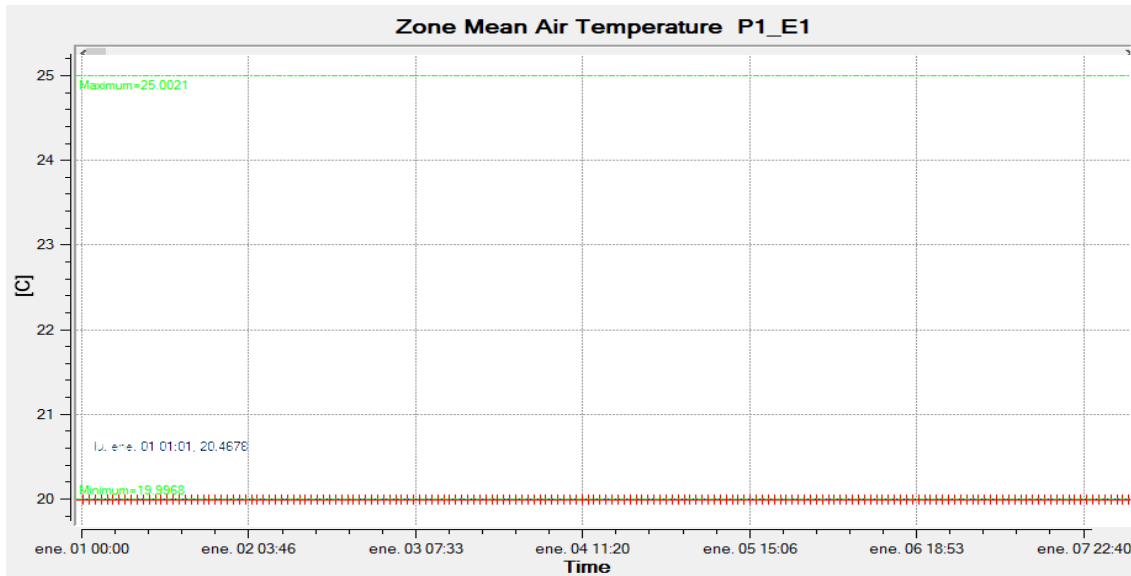


Imagen 4.1.13: Temperatura media aire Sistema Fan Coil semana Enero Burgos

Pero sin embargo, como se puede observar en la imagen 4.1.14 la temperatura operativa del aire no alcanza los 20°C, esto es debido a que la temperatura exterior es inferior a dicha temperatura y por tanto las superficies de las zonas están a una temperatura inferior a 20°C; y a que el termostato de nuestro sistema hace que la temperatura del aire sea de 20°C, con lo cual hace que la sensación de confort sea de 18,8°C.

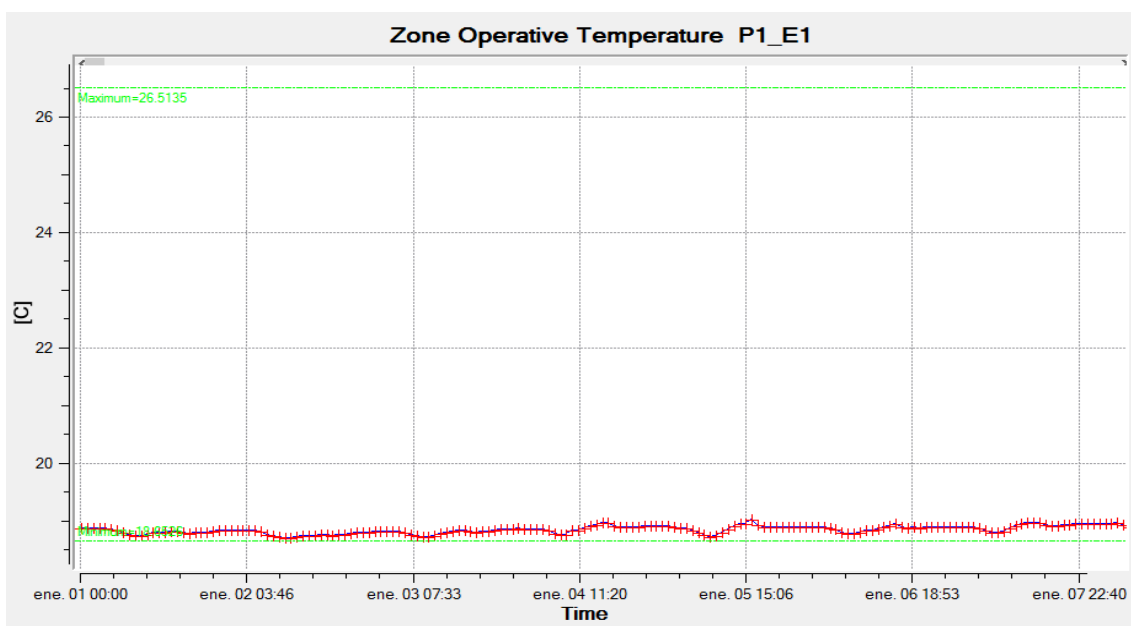


Imagen 4.1.14: Temperatura Operativa aire Sistema Fan Coil semana Enero Burgos

Ahora para la semana del mes de Agosto, podemos observar que nuestro sistema mantiene la temperatura media del aire entre 20°C y 25°C, por tanto hay momentos del día en el que no es necesario tener conectado el sistema fan coil, puesto que la temperatura exterior no alcanza los 25°C. Con lo que se observan en la imagen 4.1.15 momentos valle por la noche, y picos a 25°C por el día.

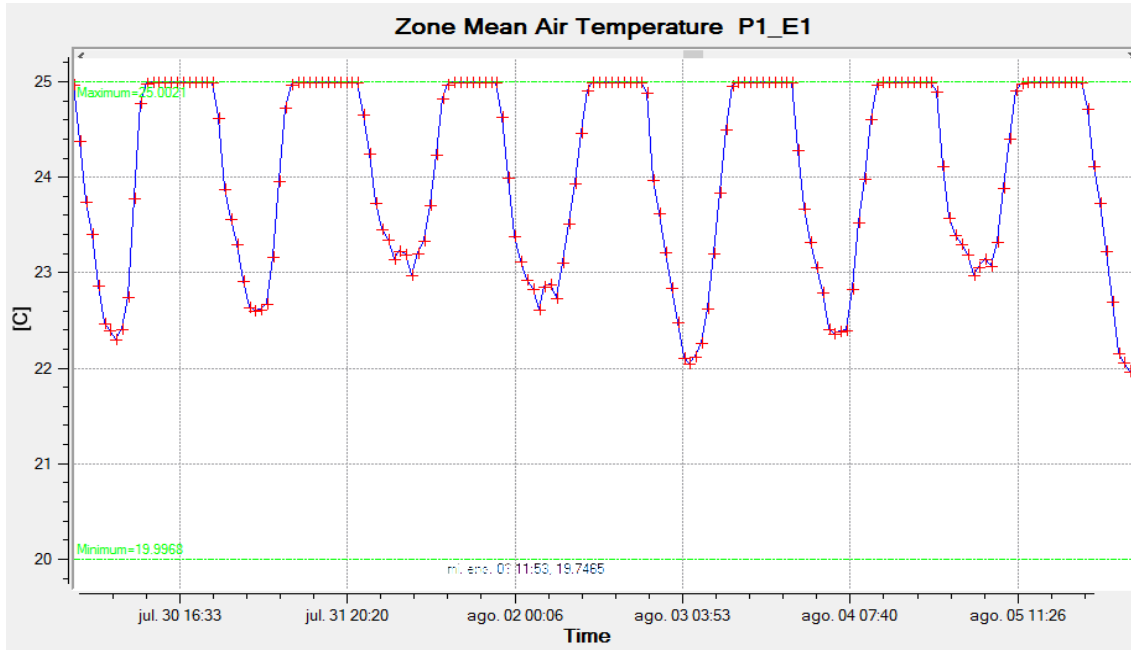


Imagen 4.1.15: Temperatura media aire Sistema Fan Coil semana Agosto Burgos

Por último, podemos observar en la imagen 4.1.16 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano. Como era de esperar, dicha temperatura se encuentra en torno a 25°C durante el mes de Agosto, fluctuando en torno a 26°C por el día y en 24°C por la noche.

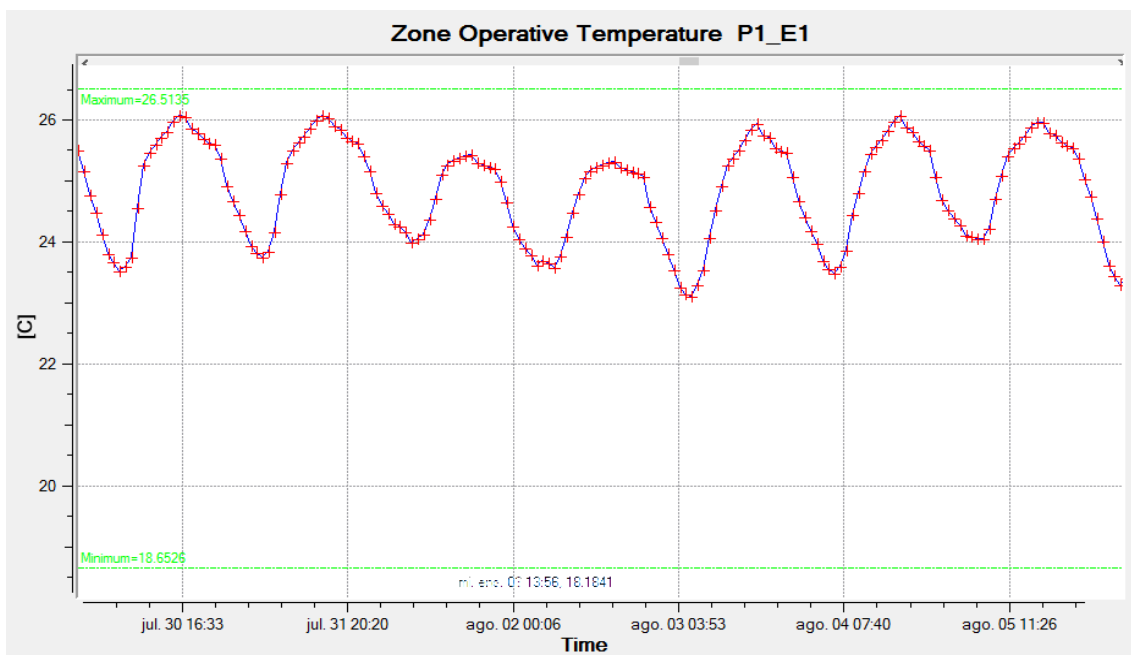


Imagen 4.1.16: Temperatura Operativa aire Sistema Fan Coil semana Agosto Burgos

4.2. PACKAGED TERMINAL AIR CONDITIONER (PTAC)

4.2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El sistema de climatización PTAC (Packaged Terminal Air Conditioner), también denominado equipo de climatización compacto o aire acondicionado de ventana, es un aparato que consta de una unidad que se instala en el hueco de una ventana o de un muro exterior, quedando la mitad del equipo por la parte de afuera y la otra mitad por la parte de dentro del hueco.

El PTAC funciona por medio de dos ciclos de aire: el ciclo de aire de la habitación y el ciclo de aire caliente. Ambos ciclos ayudan a que el aire acondicionado de ventana produzca el aire frío por medio del ventilador, el compresor y el serpentín de refrigeración.

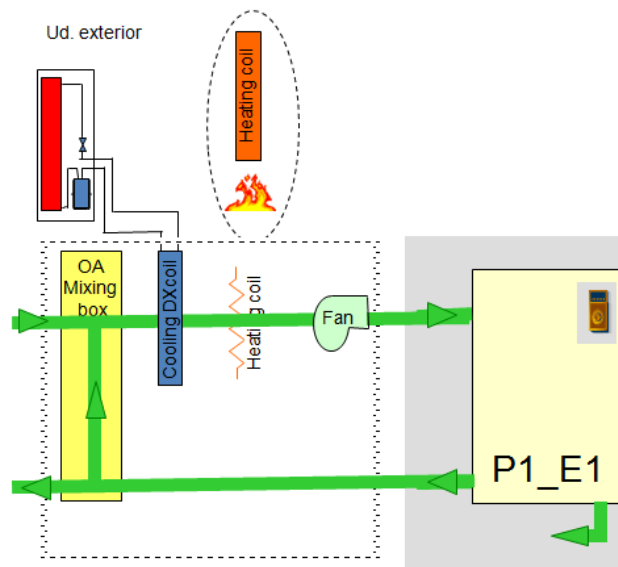


Imagen 4.2.1: Esquema instalación Sistema PTAC

El aire acondicionado de ventana, cuenta como ventaja principal que es un equipo autónomo, con lo cual tiene un bajo consumo de energía eléctrica en comparación con el aire acondicionado con bomba de calor. Al ser un equipo autónomo, cuenta con su propia producción de frío y calor y con elementos de tratamiento de aire en el interior del sistema.

Nuestro sistema PTAC está formado por una serie de componentes fijados a un soporte rígido común; estos componentes serán:

- Una batería evaporadora, constituida por tubos de cobre con aletas de aluminio para mejorar la refrigeración.
- Una batería condensadora, constituida por tubos de cobre con aletas de aluminio para aumentar la transferencia del aire frío.

- Un ventilador común a ambas baterías con dos ejes, uno de ellos moverá el aire hacia la zona que queremos acondicionar y el otro moverá el aire hacia el exterior de la zona.
- Un compresor, normalmente con arranque eléctrico y monofásico.
- Sistema de expansión del refrigerante mediante tubo capilares.
- Termostato para controlar de forma adecuada el funcionamiento del equipo.



Imagen 4.2.2: Equipo aire acondicionado de ventana (PTAC)

En cuanto a su funcionamiento, cabe destacar que normalmente este tipo de equipos se utiliza en verano para la climatización de aire frío, aunque en la mayoría de casos llevan incorporados algún tipo de sistema para la producción de calor como pueden ser:

- Incorporación de resistencias eléctricas.
- Unidades con circuito de refrigeración reversible (bomba de calor), con lo cual habrá producción de frío en verano y de calor en invierno.
- Y por último, como en el caso que estudiamos en el presente proyecto; con aporte externo de agua caliente mediante una caldera auxiliar.

En cuanto al funcionamiento de un sistema PTAC cabe destacar que el rango de temperaturas a la cual tiene un mejor funcionamiento es entre 19 y 30°C:

- En primer lugar, si llegase aire por debajo de 19°C de forma continuada, podría producirse escarcha debido al enfriamiento del vapor de agua que contiene el aire sobre la batería del evaporador; esto a su vez implicaría que el refrigerante no entraría en fase vapor por lo que habría riesgo de que entrase refrigerante en estado líquido al compresor, por lo que inutilizaría el sistema.

- En segundo lugar, si llegase aire por encima de 30°C de forma continuada al evaporador, haría que el compresor tuviese que trabajar a mayor potencia durante un largo periodo de tiempo, por lo que produciría una sobrecarga peligrosa al sistema.

En cuanto a las diferentes tipologías que podemos encontrar, cabe destacar la de tipo ventana o la de techo. En ambos casos siempre se debe de instalar el equipo al menos a una altura intermedia entre el suelo y el techo, pero nunca a la altura del suelo, puesto que el aire frío debido a su densidad, tiende a bajar y enfriaría la zona cercana al suelo.

En lo referente a su uso, normalmente se utilizan para el enfriamiento de locales de pequeño tamaño como viviendas o pequeñas oficinas, con gamas comerciales de pequeña potencia (entre 1 y 6 kW).

4.2.2. POTENCIAS OBTENIDAS

A continuación, comentaremos los datos obtenidos en cuanto a las potencias de los equipos a instalar para el Sistema PTAC, tanto para la ciudad de Valencia como para la ciudad de Burgos.

Para el dimensionado del sistema PTAC vamos a tener en cuenta la caldera y la enfriadora necesaria para el correcto funcionamiento de dicho sistema.

En primer lugar comentaremos las gráficas que hemos obtenido mediante la simulación del programa EnergyPlus y posteriormente seleccionaremos los equipos necesarios de los catálogos de fabricantes. Por tanto, comenzaremos comentando los resultados obtenidos para Valencia, y posteriormente para Burgos.

CIUDAD VALENCIA

En primer lugar se observa en la imagen 4.2.3 la evolución de la potencia demandada por la caldera en el sistema de PTAC.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de EnergyPlus, la demanda máxima será de 8.650 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 625W.

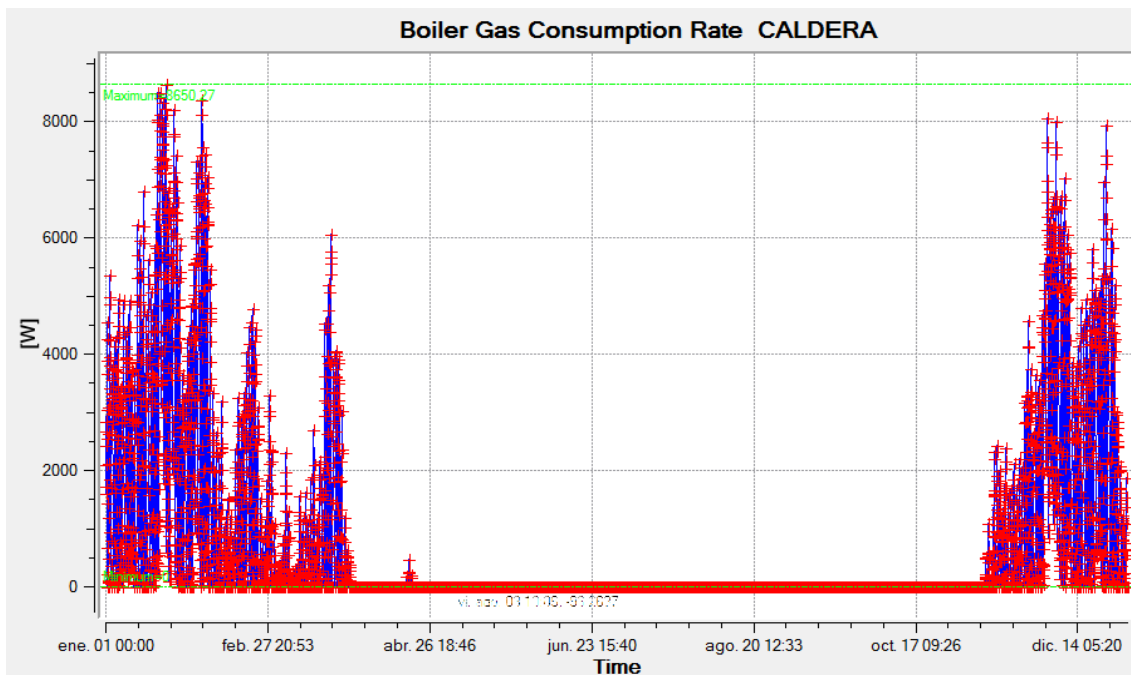


Imagen 4.2.3: Potencias anuales demandadas caldera Sistema PTAC Valencia

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío para la zona P2_E3 del sistema PTAC durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frío es nula.

Al tener la demanda de una sola zona habrá que hacer una estimación de la demanda global del sistema y de esta manera poder dimensionar la enfriadora.

Por tanto, la demanda de frío de la zona P2_E3 alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 4.067 W y una potencia media anual de 728 W. Por lo que estimando una simultaneidad del 50%, la potencia demandada por el sistema será de 12.200 W.

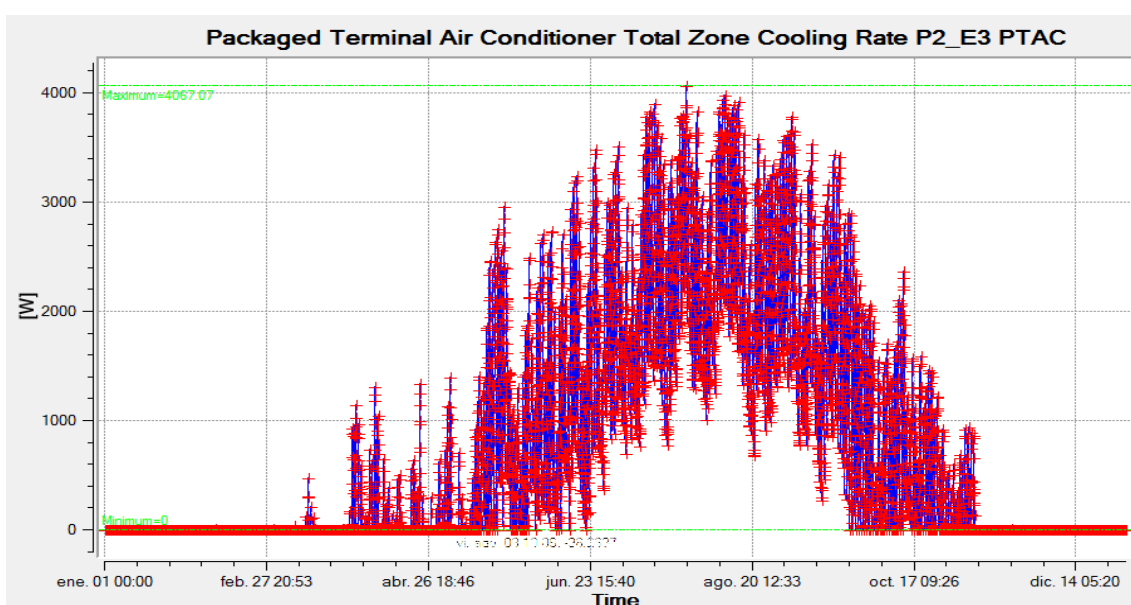


Imagen 4.2.4: Potencias anuales demandadas Frío Sistema PTAC Valencia

En último lugar, el programa EnergyPlus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la enfriadora para la zona P2_E3, por, ya que en la gráfica anterior hemos podido observar la demanda de potencia en forma de frío de la enfriadora para dicha zona.

En la imagen 4.2.5 se observa que en los meses de invierno la demanda es casi nula y que durante los meses de verano la demanda varía a lo largo del día.

Por tanto, estimando un EER de 3 para dicha enfriadora, la potencia eléctrica máxima para la zona P2_E3 sería de 1.535 W y una media anual de 304 W, pero asumiendo una simultaneidad del 50%, la potencia eléctrica demandada por el sistema PTAC es de 4.600W.

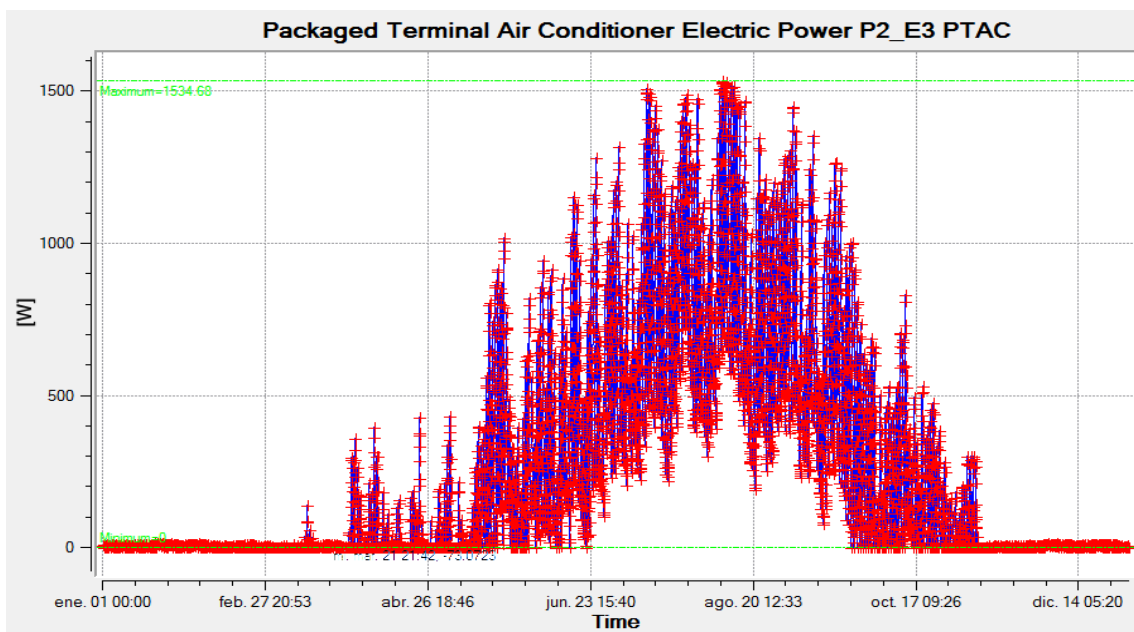


Imagen 4.2.5: Potencias anuales demandadas electricidad Sistema PTAC Valencia

En la tabla 4.2.1 se puede observar la energía consumida por el Sistema PTAC para la ciudad de Valencia.

En primer lugar el consumo de gas natural por parte de la caldera ha sido de aproximadamente 5.500 kWh. Y en segundo lugar, el consumo de la enfriadora ha sido de aproximadamente de 6.900 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	Boiler	0.00	5476.26
	Boiler Parasitic	0.00	0.00
Cooling	General	6900.01	0.00
Interior Lighting	General	9626.16	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00
Interior Equipment	General	18583.83	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00
Fans	General	166.55	0.00
Pumps	General	266.26	0.00

Tabla 4.2.1: Energía consumida Sistema PTAC Valencia

CIUDAD BURGOS

En primer lugar se observa en la imagen 4.2.6 la evolución de la potencia demandada por la caldera en el sistema de PTAC para la ciudad de Burgos.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas bastante elevadas, ya que en la ciudad de Burgos en invierno, será necesaria demanda de calor en la mayoría de días durante las veinticuatro horas del día y no solo de noche como en la ciudad de Valencia.

Por tanto, según los datos obtenidos de EnergyPlus, la demanda máxima será de 14.227 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 2.921 W.

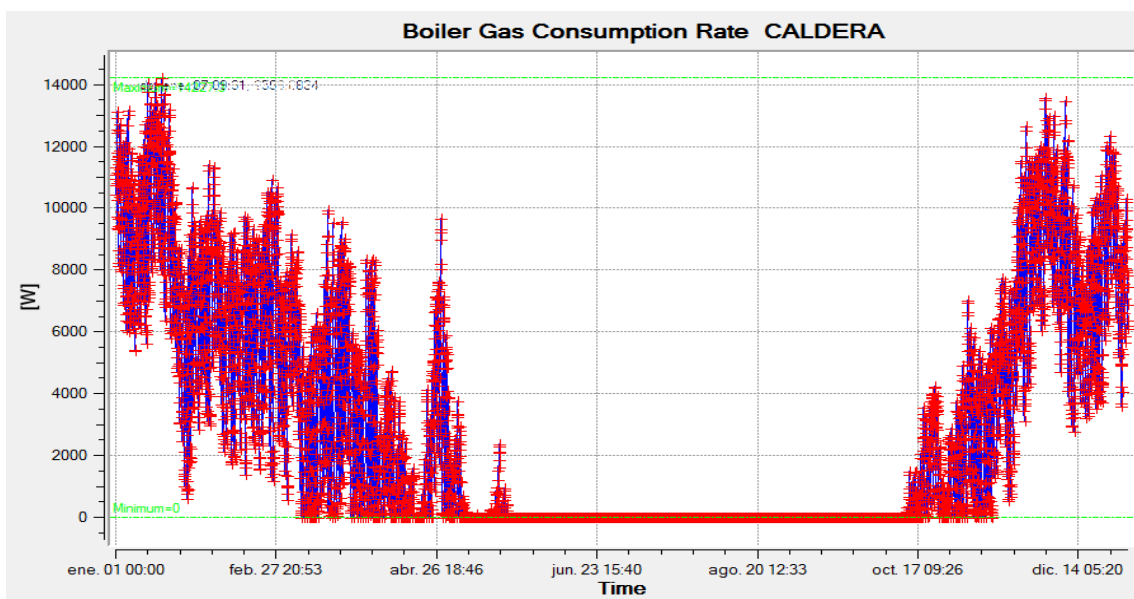


Imagen 4.2.6: Potencias anuales demandadas caldera Sistema PTAC Burgos

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío para la zona P2_E3 del sistema PTAC durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frío es nula.

Al tener la demanda de una sola zona habrá que hacer una estimación de la demanda global del sistema y de esta manera poder dimensionar la enfriadora.

Por tanto, la demanda de frío de la zona P2_E3 alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 2.692 W y una potencia media anual de 262 W. Por lo que estimando una simultaneidad del 50%, la potencia demandada por el sistema será de 8.100 W.

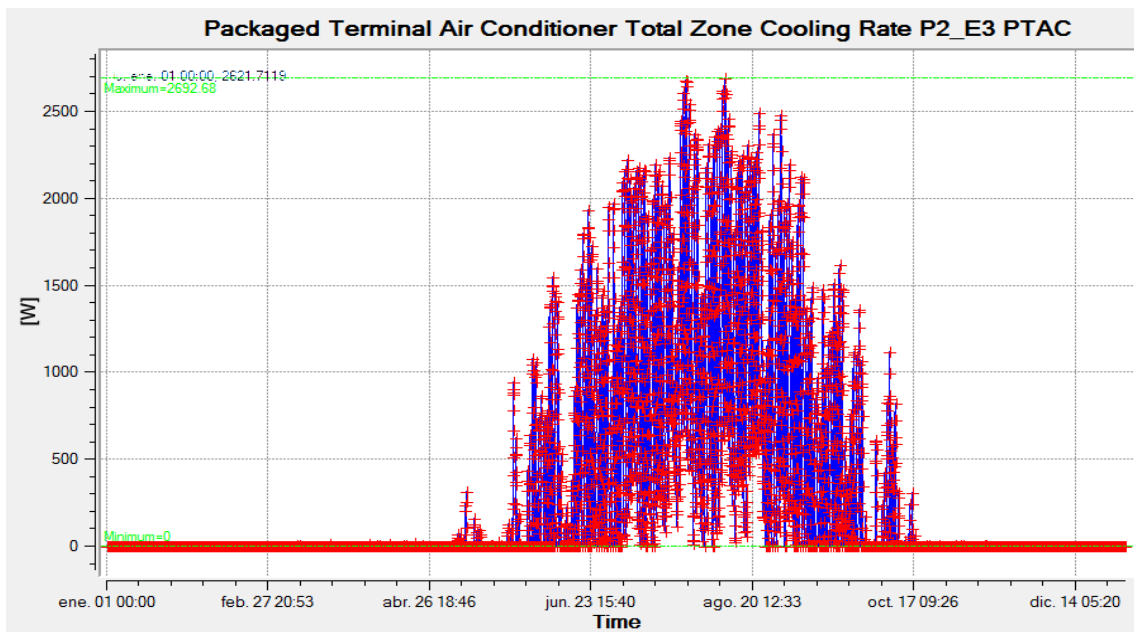


Imagen 4.2.7: Potencias anuales demandadas Frío Sistema PTAC Burgos

En último lugar, el programa EnergyPlus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la enfriadora para la zona P2_E3, por, ya que en la gráfica anterior hemos podido observar la demanda de potencia en forma de frío de la enfriadora para dicha zona.

En la imagen 4.2.8 se observa que en los meses de invierno la demanda es casi nula y que durante los meses de verano la demanda varía a lo largo del día.

Por tanto, estimando un EER de 3 para dicha enfriadora, la potencia eléctrica máxima para la zona P2_E3 sería de 928 W y una media anual de 76 W, pero asumiendo una simultaneidad del 50%, la potencia eléctrica demandada por el sistema PTAC es de 2.800 W.

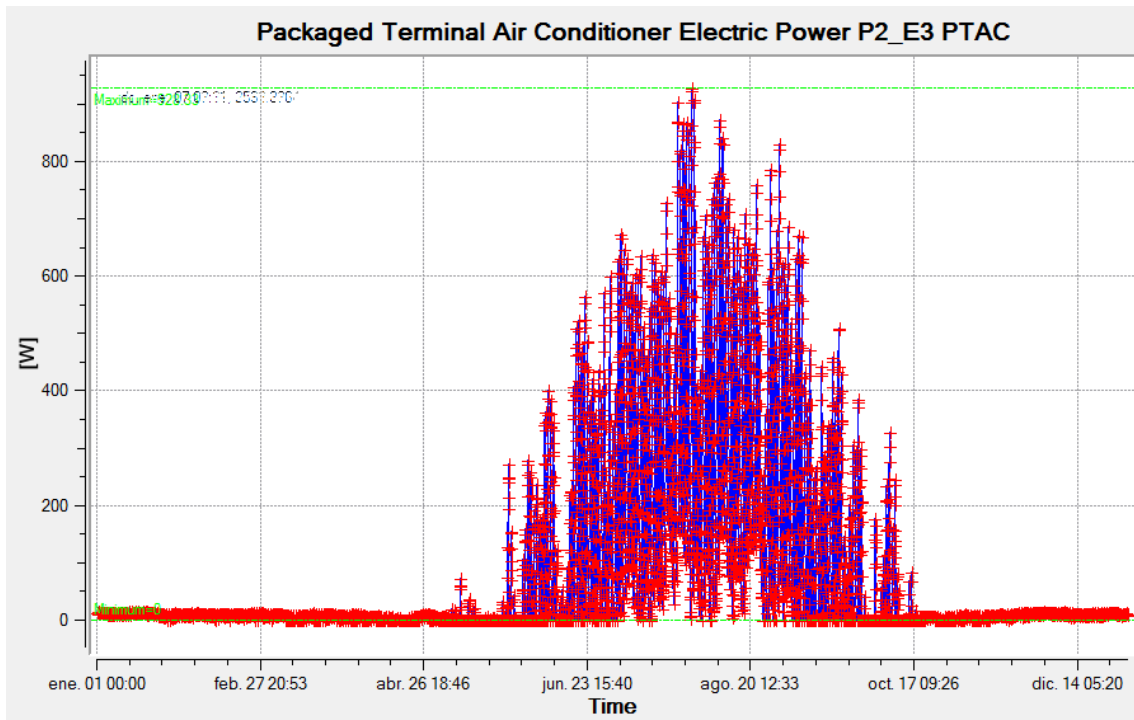


Imagen 4.2.8: Potencias anuales demandadas electricidad Sistema PTAC Burgos

En la tabla 4.2.2 se puede observar la energía consumida por el Sistema PTAC para la ciudad de Valencia.

En primer lugar el consumo de gas natural por parte de la caldera ha sido de aproximadamente 25.600 kWh. Y en segundo lugar, el consumo de la enfriadora ha sido de aproximadamente de 1.900 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	25590.44
Cooling	1892.84	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	18583.83	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	162.27	0.00
Pumps	419.07	0.00

Tabla 4.2.2: Energía consumida Sistema PTAC Burgos

RESUMEN POTENCIAS Y CONSUMOS PTAC

Analizando las potencias obtenidas por los equipos de la caldera y la enfriadora del sistema PTAC, podemos seleccionar los datos necesarios para la posterior selección de equipos.

En primer lugar, la demanda de calefacción en Burgos ha sido bastante mayor que en Valencia, y la demanda de refrigeración de Valencia ha sido más elevada que en Burgos. Esta conclusión la podíamos haber intuido antes de conocer el resultado, pero mediante los resultados obtenidos por EnergyPlus, hemos conseguido los datos recogidos en la tabla 4.2.3 donde podemos seleccionar los valores necesarios en el dimensionado de la caldera y enfriadora.

PTAC	VALENCIA		BURGOS	
	MÁXIMA	MEDIA	MÁXIMA	MEDIA
Boiler Gas Rate	8650 W	625 W	14227 W	2921 W
PTAC Cooling Rate	4067 W	728 W	2692 W	262 W
PTAC Electric Power	1535 W	240 W	928 W	76 W

Tabla 4.2.3: Potencias máximas y medias demandadas Sistema PTAC

Por tanto, teniendo en cuenta que los valores que tenemos de la enfriadora serían únicamente para una zona; y considerando una simultaneidad entre las zonas del 50%, la potencia necesaria de la caldera para la ciudad de Valencia será de 8,7 kW y para la ciudad de Burgos de 14,3 kW. En cuanto a la enfriadora, para la ciudad de Valencia la potencia necesaria sería de 4,6 kW y para la ciudad de Burgos de 2,8 kW.

En cuanto al consumo de energía anual de nuestro sistema, debemos de saber cuánta energía en forma de gas natural y en forma de energía eléctrica va a consumir nuestro sistema. Por lo que:

El consumo de gas natural por parte de la caldera será de 5.500 kWh para la ciudad de Valencia y de 25.600 kWh para la ciudad de Burgos. Y el consumo de energía eléctrica por parte de la enfriadora será de 6.900 kWh para la ciudad de Valencia y de 1.900 kWh para la ciudad de Burgos.

4.2.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS

A continuación comentaremos los resultados que hemos obtenido en el programa EnergyPlus sobre las temperaturas que se obtendrían en nuestro sistema PTAC instalando los equipos con las potencias obtenidas en la simulación y que se han comentado con anterioridad.

Las temperaturas medias del aire a las que nos referimos son aquellas a las que se encuentra el aire dentro de las zonas de nuestra vivienda unifamiliar, pero sin tener en cuenta la influencia de las paredes sobre el aire. Y por otro lado, las temperaturas operativas del aire son aquellas a las que se tiene en cuenta la convección y radiación que nos dan las superficies de las zonas de nuestra vivienda sobre el aire, comúnmente conocido como confort térmico.

En primer lugar comentaremos las temperaturas medias y operativas para la ciudad de Valencia y posteriormente las temperaturas para la ciudad de Burgos. Para cada uno de estos casos, se han analizado las temperaturas para una semana del mes de Enero y para una semana del mes de Agosto, con la finalidad de observar correctamente el funcionamiento a plena carga de la calefacción y de la refrigeración respectivamente.

CIUDAD VALENCIA

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema PTAC, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura constante de 20°C para todos los días en los cuales la temperatura ambiente se encuentra por debajo de dicha temperatura, a excepción de algún momento en el que la temperatura aumenta a 20,5°C.

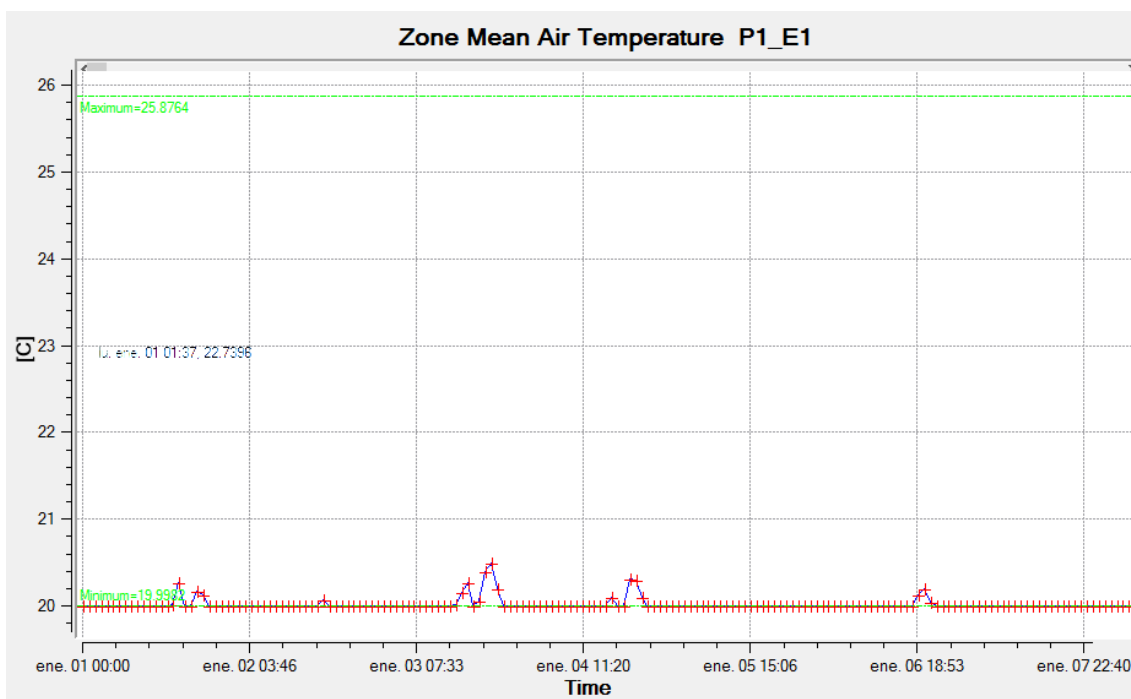


Imagen 4.2.9: Temperatura media aire Sistema PTAC semana Enero Valencia

Pero sin embargo, como se puede observar en la imagen 4.2.10 la temperatura operativa del aire no alcanza los 20°C, esto es debido a que la temperatura exterior es inferior a dicha temperatura y por tanto las superficies de las zonas están a una temperatura inferior a

20°C; y a que el termostato de nuestro sistema hace que la temperatura del aire sea de 20°C, con lo cual hace que la sensación de confort sea de 19,5°C.

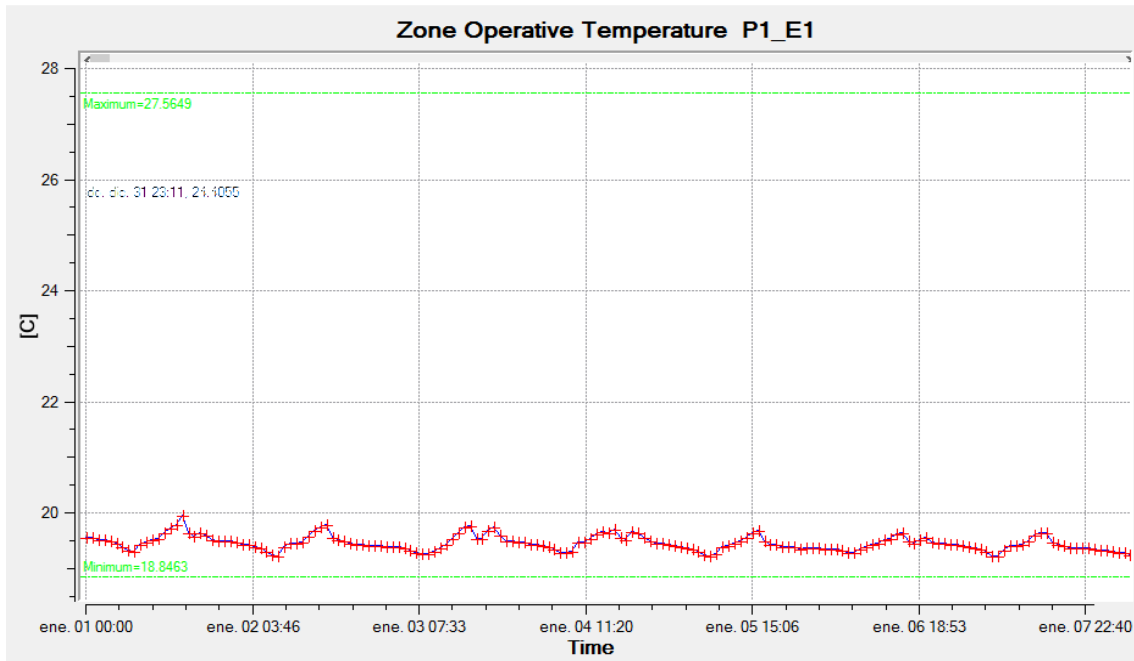


Imagen 4.2.10: Temperatura Operativa aire Sistema PTAC semana Enero Valencia

Ahora para la semana del mes de Agosto, podemos observar que nuestro sistema intenta de mantener la temperatura media del aire en 25°C, pero hay algunos momentos pico del día en los cuales se supera. Esto sucede en momentos localizados del año, por lo que si se sobredimensionaran los equipos, podría cumplir con dicha demanda.

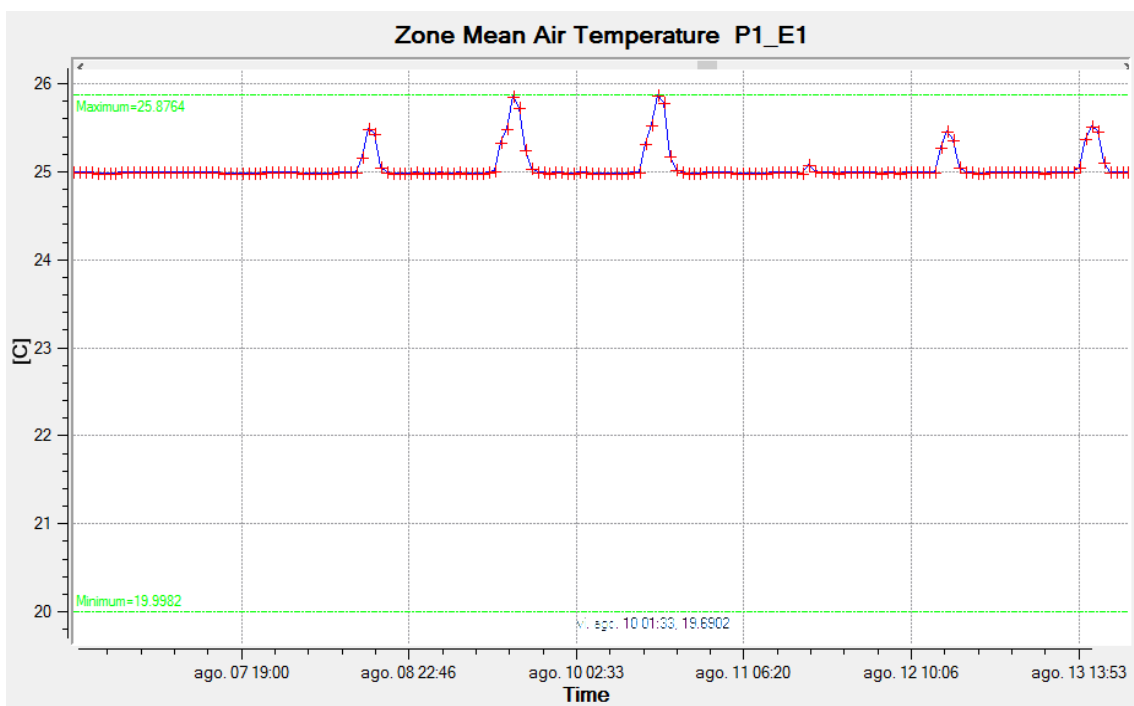


Imagen 4.2.11: Temperatura media aire Sistema PTAC semana Agosto Valencia

Por último, podemos observar en la imagen 4.2.12 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano. Como era de esperar, dicha temperatura se encuentra por encima de 25°C durante el mes de Agosto ya que las superficies de nuestra vivienda se encuentran a una temperatura superior.

Los picos que nos encontramos en dicha imagen corresponden con los momentos en los que la temperatura de confort térmico son más elevadas, sería en torno a las 17:00h del día. Y los valles corresponderían con los momentos de menor temperatura, sobre las 7:00h del día.

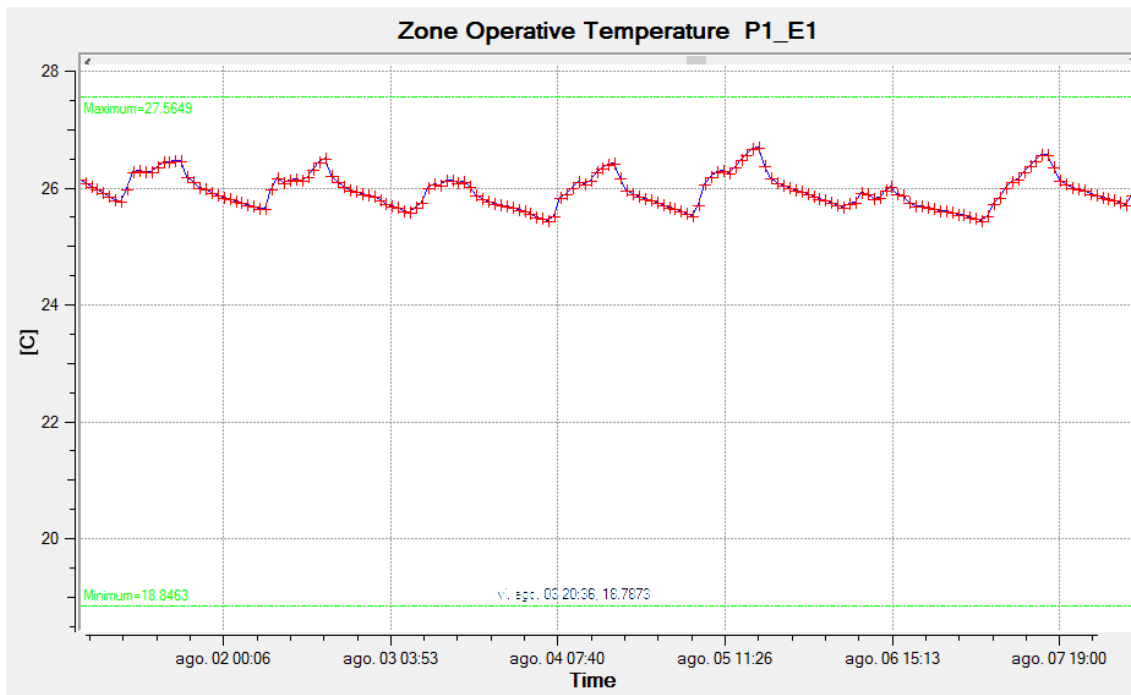


Imagen 4.2.12: Temperatura Operativa aire Sistema PTAC semana Agosto Valencia

CIUDAD BURGOS

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema PTAC, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura constante de 20°C para todos los días en los cuales la temperatura ambiente se encuentra por debajo de dicha temperatura.

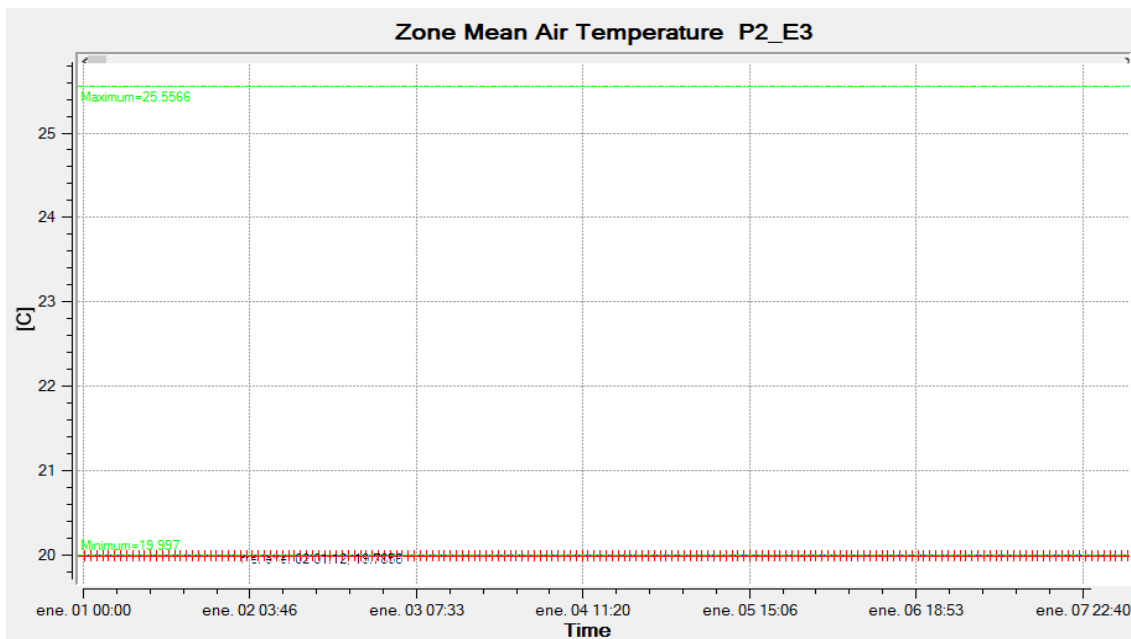


Imagen 4.2.13: Temperatura media aire Sistema PTAC semana Enero Burgos

Pero sin embargo, como se puede observar en la imagen 4.2.13 la temperatura operativa del aire no alcanza los 20°C, esto es debido a que la temperatura exterior es inferior a dicha temperatura y por tanto las superficies de las zonas están a una temperatura inferior a 20°C; y a que el termostato de nuestro sistema hace que la temperatura del aire sea de 20°C, con lo cual hace que la sensación de confort sea de 18,7°C.

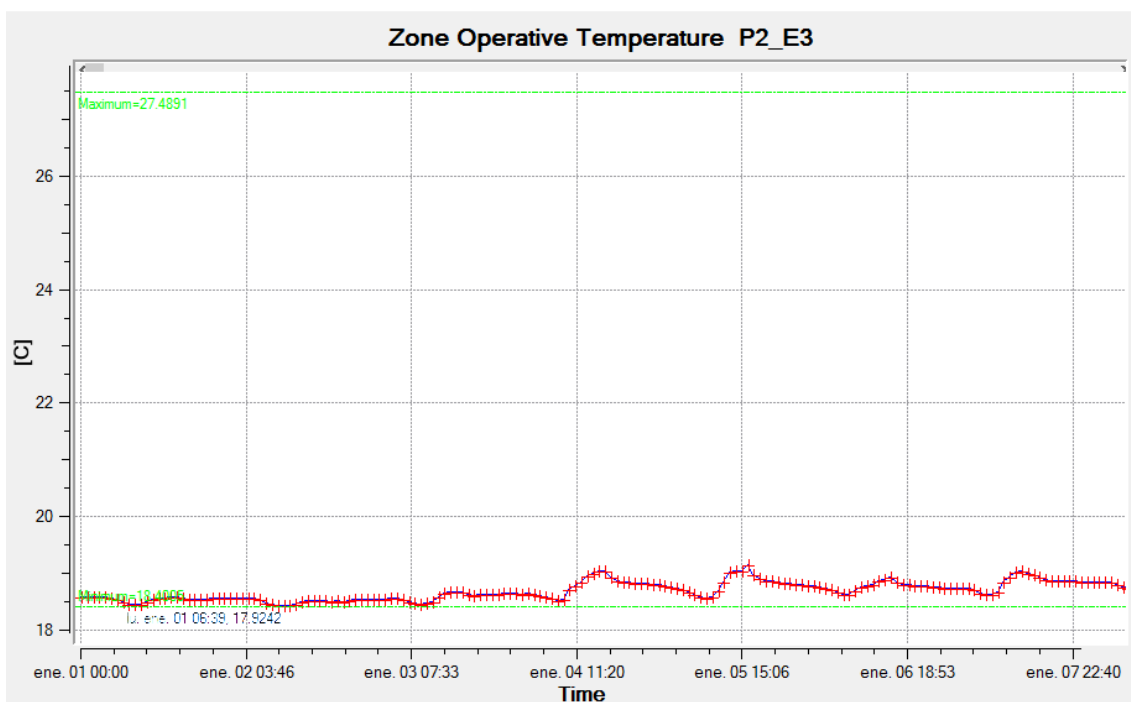


Imagen 4.2.14: Temperatura operativa aire Sistema PTAC semana Enero Burgos

Ahora para la semana del mes de Agosto, como podemos observar en la imagen 4.2.15, nuestro sistema mantiene la temperatura media del aire a 25°C.

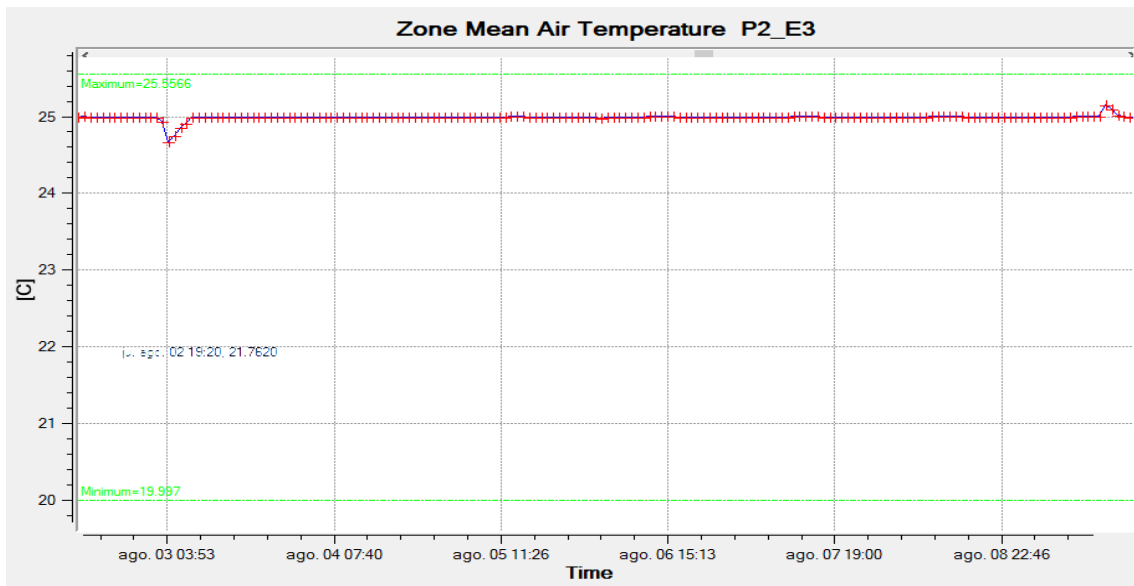


Imagen 4.2.14: Temperatura media aire Sistema PTAC semana Agosto Burgos

Por último, podemos observar en la imagen 4.2.15 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano, dicha temperatura se encuentra fluctuando en torno a 26°C, teniendo momentos pico de 27°C por el día y valles de 25°C durante la noche.

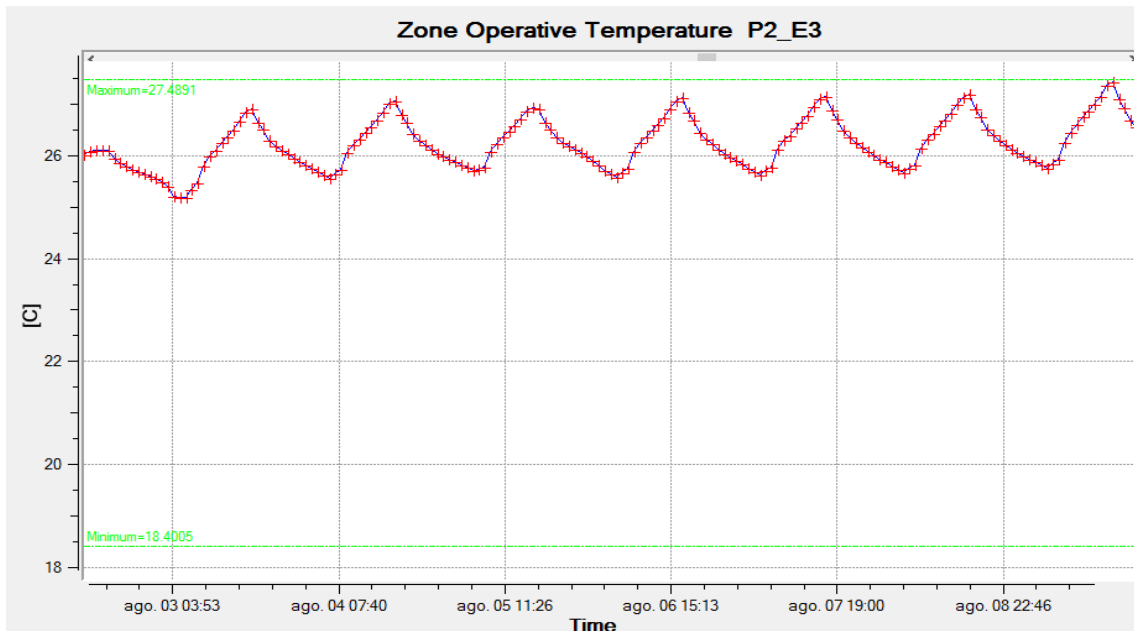


Imagen 4.2.15: Temperatura Operativa aire Sistema PTAC semana Agosto Burgos

4.3. PACKAGED TERMINAL HEAT PUMP (PTHP)

4.3.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El sistema PTHP (Packaged Terminal Heat Pump), es decir, terminal compacto con bomba de calor o comúnmente conocido como aire acondicionado tipo Split, es un aparato que consta con una unidad en el interior de la zona a climatizar y una unidad exterior.

El aire acondicionado funciona mediante el ciclo de refrigeración habitual, aunque en la mayoría de ocasiones consta con un ciclo reversible, que mediante una válvula de tres vías consigue invertir su ciclo y con ello conseguir un aporte de calor a nuestra zona.

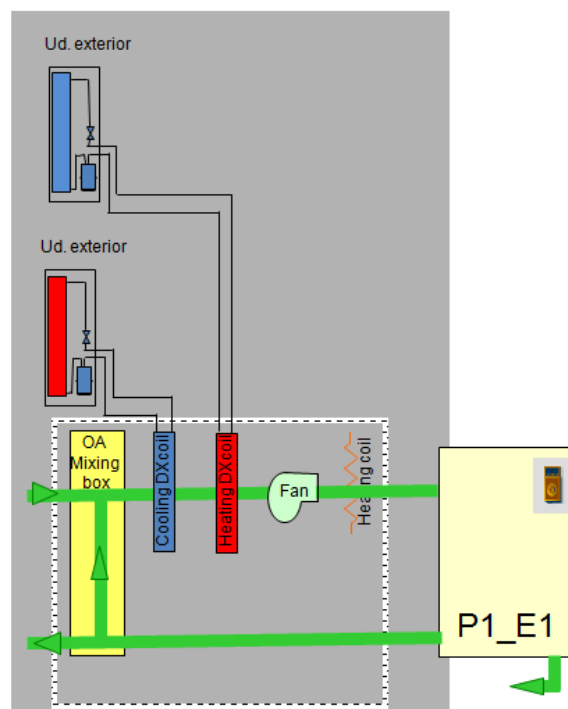


Imagen 4.3.1: Esquema instalación Sistema PTHP

El equipo de aire acondicionado consta de una serie de elementos, que son los siguientes:

- Una batería exterior o condensadora.
- Una batería interior o evaporadora.
- Un compresor normalmente adaptado para el funcionamiento con sistema Inverter.
- Un ventilador en la batería exterior, para ceder el aire caliente al ambiente y un ventilador en la unidad interior para ceder el aire frío a la zona que deseamos climatizar.

- Sistema de expansión del refrigerante mediante tubo capilares.
- Termostato interior para controlar de forma adecuada el funcionamiento del equipo.

Debemos de tener en cuenta que si se utiliza el equipo como funcionamiento de bomba de calor, la batería exterior pasaría a ser la evaporadora y la interior como condensadora.



Imagen 4.3.2: Unidad Interior de un Fan Coil

La función de este aparato es la de mantener a una temperatura deseada un determinado local para tener una buena sensación de confort. Para ello, nuestro equipo sigue el ciclo de refrigeración mediante los componentes comentados anteriormente siguiendo una serie de procesos.

En primer lugar, el refrigerante se encuentra en la unidad exterior en fase líquida a alta presión. Por tanto, se expande por una serie de capilares consiguiendo reducir la presión y la temperatura del líquido, a este proceso se le denomina expansión.

En siguiente lugar, mediante un ventilador, se hace pasar aire por la unidad interior (evaporador) consiguiendo enfriar este aire y climatizando el local; en este punto el refrigerante se evapora; proceso de evaporación.

En tercer lugar, se procede a la compresión del refrigerante en la unidad exterior, mediante el compresor, por lo que se obtiene gas a alta presión.

y por último, se procede a la condensación a través de la batería exterior y un ventilador, por lo que se expulsa el aire caliente al exterior y obtenemos el refrigerante en el estado inicial.

Todo este sistema funciona de la misma manera para un sistema con bomba de calor, esto se conseguiría mediante una válvula de tres vías y una serie de circuitos de cobre que conseguirían intercambiar el sentido del refrigerante y la batería de frío por la batería de calor. Por lo que nos proporcionaría aire caliente a nuestro local en vez de aire frío.

4.3.2. POTENCIAS OBTENIDAS

A continuación, comentaremos los datos obtenidos en cuanto a las potencias de los equipos a instalar para el Sistema PTHP, tanto para la ciudad de Valencia como para la ciudad de Burgos.

Para el dimensionado del sistema PTHP vamos a tener la consola necesaria para la potencia que demandaría nuestro sistema para tener un correcto funcionamiento.

En primer lugar comentaremos las gráficas que hemos obtenido mediante la simulación del programa EnergyPlus y posteriormente seleccionaremos los equipos necesarios de los catálogos de fabricantes. Por tanto, comenzaremos comentando los resultados obtenidos para Valencia, y posteriormente para Burgos.

CIUDAD VALENCIA

En primer lugar se observa en la imagen 4.3.3 la evolución de la potencia demandada de calor en el sistema PTHP pero en este caso sólo para la zona P2_E3 que ha sido la más desfavorable, es decir, únicamente una de las seis zonas de la vivienda; por lo que la potencia obtenida en la imagen no corresponde al global del sistema.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de EnergyPlus, la demanda máxima de dicha zona será de 1.583 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 110W. Pero teniendo en cuenta que la potencia demandada de calor sería la suma de esta zona más el resto y teniendo en cuenta una simultaneidad del 100% puesto que es un momento de demanda pico, la demanda máxima de calor será de 9.500 W.

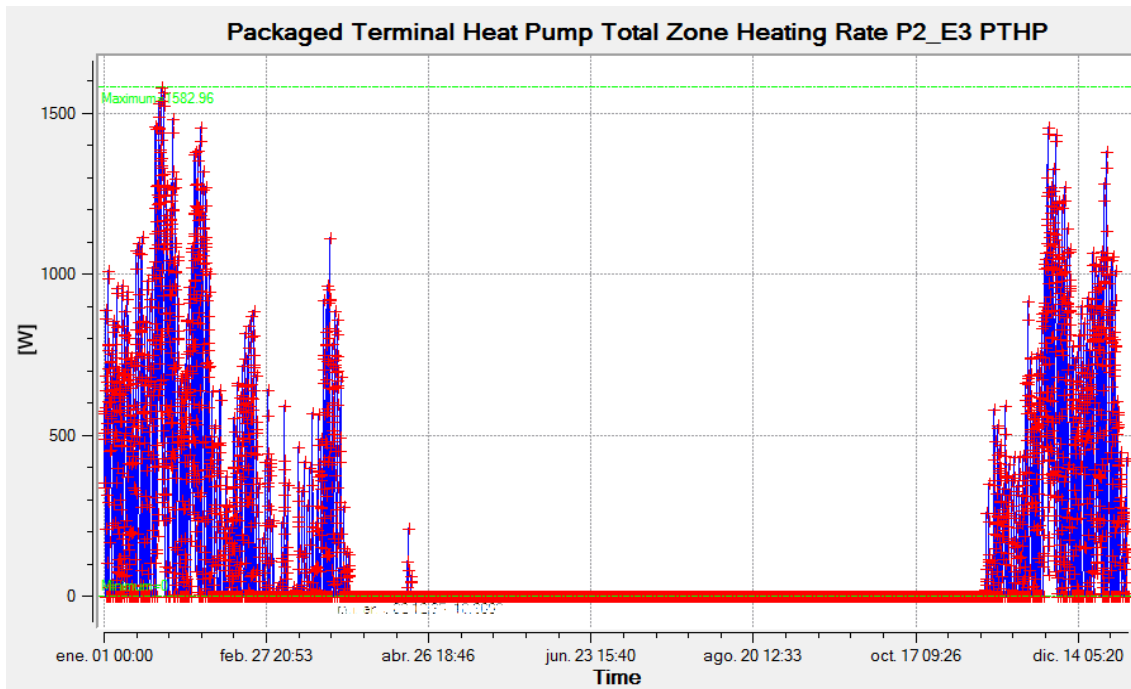


Imagen 4.3.3: Potencias anuales demandadas Calor Sistema PTHP Valencia

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío para la zona P2_E3 del sistema PTHP durante todo el año, en este caso la demanda de frío se producirá en su mayor parte en los meses de verano.

Al tener la demanda de una sola zona habrá que hacer una estimación de la demanda global del sistema y de esta manera poder dimensionar el equipo.

Por tanto, la demanda de frío de la zona P2_E3 alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 4.067 W y una potencia media anual de 728 W. Por lo que estimando una simultaneidad del 50%, la potencia demandada por el sistema será de 12.200 W.

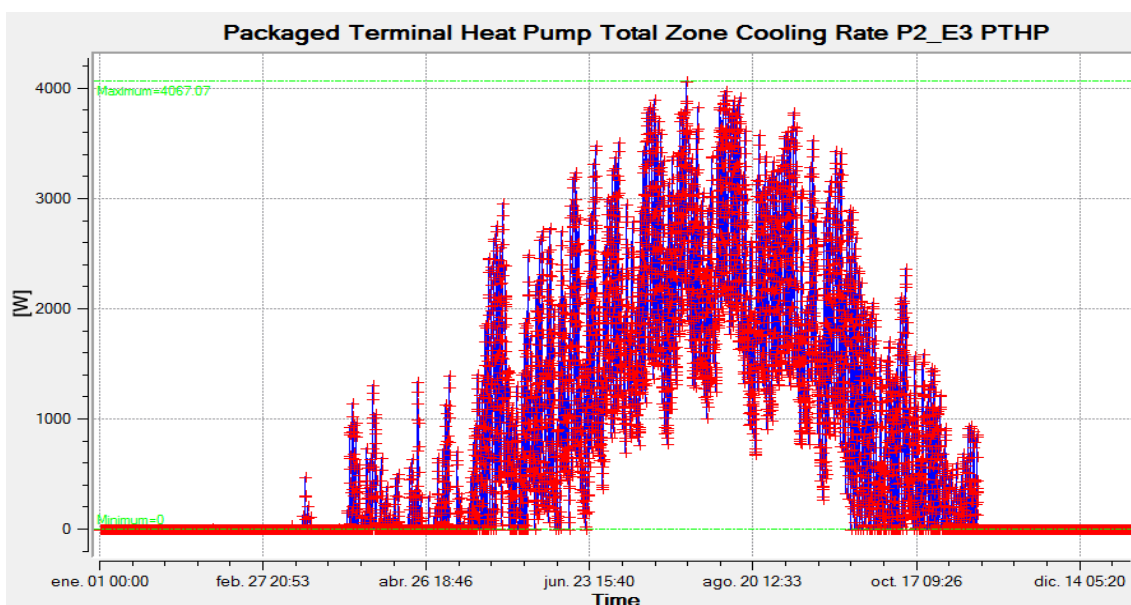


Imagen 4.3.4: Potencias anuales demandadas Frío Sistema PTHP Valencia

En último lugar, el programa EnergyPlus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por el sistema para la zona P2_E3.

En la imagen 4.3.4 se observa que se tiene demanda de electricidad del sistema durante todo el año pero durante los meses de verano su demanda es mayor.

Por tanto, la potencia eléctrica máxima para la zona P2_E3 sería de 1.535 W y una media anual de 304 W, pero asumiendo una simultaneidad del 50%, la potencia eléctrica demandada por el sistema PTAC es de 4.600W.

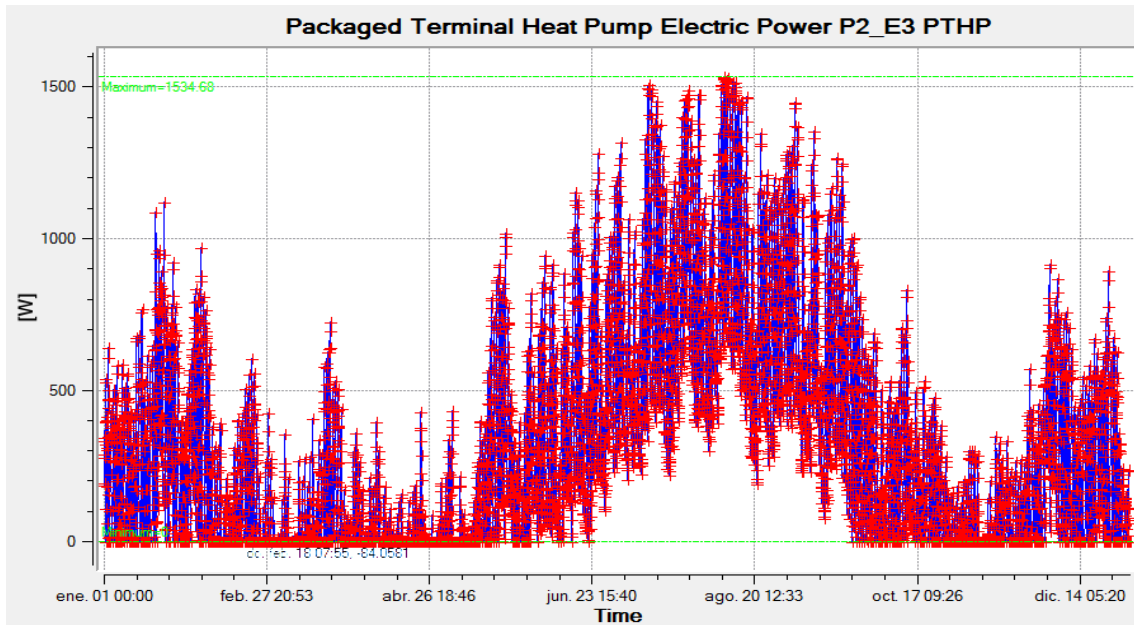


Imagen 4.3.5: Potencias anuales demandadas Electricidad Sistema PTHP Valencia

En la tabla 4.3.1 se puede observar la energía consumida por el Sistema PTHP para la ciudad de Valencia.

Como se puede observar, este tipo de sistema únicamente necesita energía eléctrica, por lo que la energía consumida por parte de calor es de aproximadamente 2.100 kWh y por parte de frío es de 6.900 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	General	2125.87	0.00
Cooling	General	6900.01	0.00
Interior Lighting	General	9626.16	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00
Interior Equipment	General	18583.83	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00
Fans	General	156.12	0.00
Pumps	General	0.00	0.00

Tabla 4.3.1: Energía consumida Sistema PTHP Valencia

CIUDAD BURGOS

En primer lugar se observa en la imagen 4.3.6 la evolución de la potencia demandada por el sistema PTHP pero en este caso sólo para la zona P2_E3 que ha sido la más desfavorable, es decir, únicamente una de las seis zonas de la vivienda; por lo que la potencia obtenida en la imagen no corresponde al global del sistema.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas bastante elevadas, aunque en la mayoría de días, su demanda se realiza a lo largo de todo el día, y no sólo por la noche como en la ciudad de Valencia; puesto que en Burgos hay días completos con una temperatura inferior a 20°C.

Por tanto, según los datos obtenidos de EnergyPlus, la demanda máxima de dicha zona será de 2.145 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 407 W. Pero teniendo en cuenta que la potencia demandada de calor sería la suma de esta zona más el resto y teniendo en cuenta una simultaneidad del 100% puesto que es un momento de demanda pico, la demanda máxima de calor será de 12.900 W.

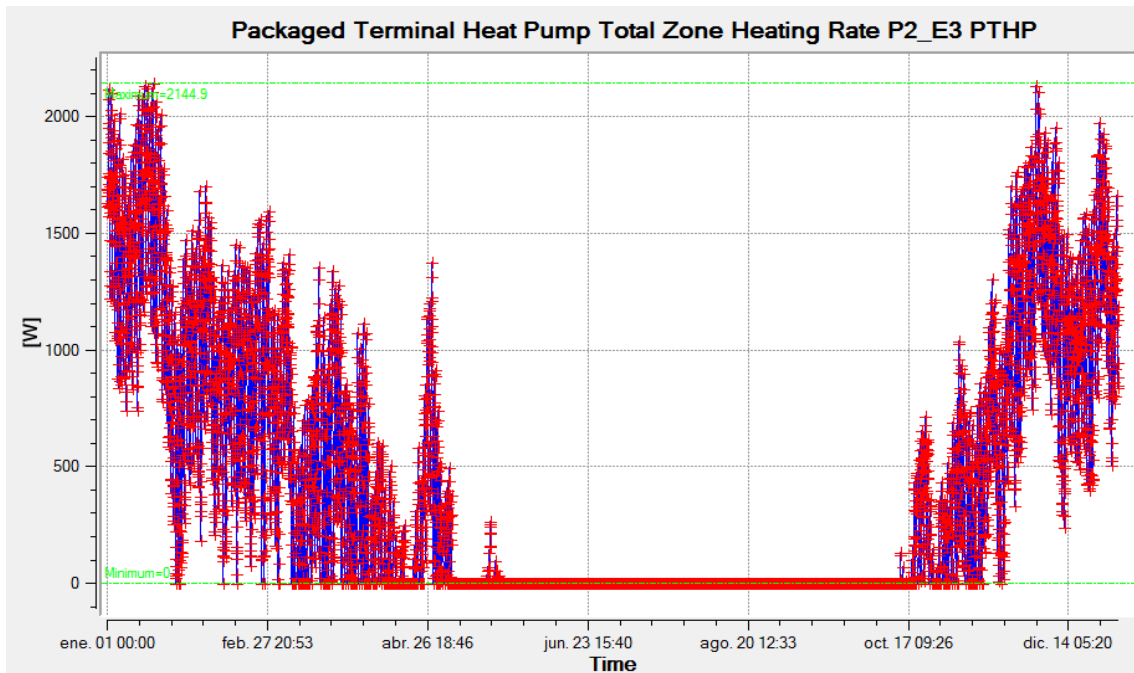


Imagen 4.3.6: Potencias anuales demandadas Calor Sistema PTHP Burgos

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío para la zona P2_E3 del sistema PTHP durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frío es nula.

Al tener la demanda de una sola zona habrá que hacer una estimación de la demanda global del sistema y de esta manera poder dimensionar la enfriadora.

Por tanto, la demanda de frío de la zona P2_E3 alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 2.692 W y una potencia media anual de 262 W. Por lo que estimando una simultaneidad del 50%, la potencia demandada por el sistema será de 8.100 W.

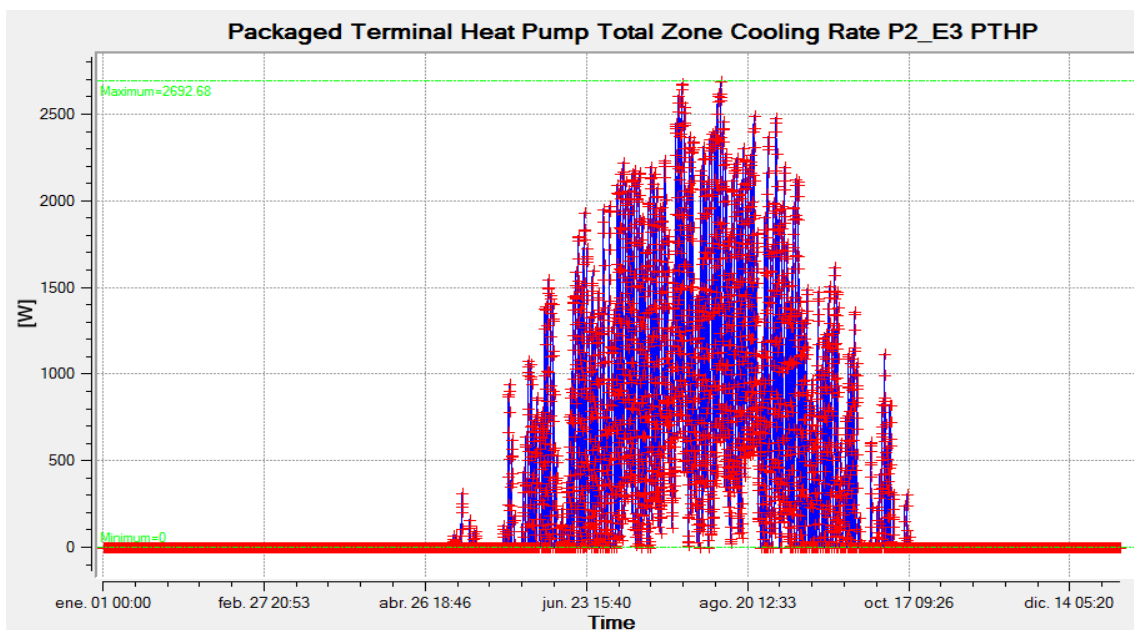


Imagen 4.3.7: Potencias anuales demandadas Frío Sistema PTHP Burgos

En último lugar, el programa EnergyPlus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por el sistema para la zona P2_E3.

En la imagen 4.3.8 se observa que se tiene demanda de electricidad del sistema durante todo el año pero durante los meses de verano su demanda es mayor.

Por tanto, la potencia eléctrica máxima para la zona P2_E3 sería de 1.535 W y una media anual de 304 W, pero asumiendo una simultaneidad del 50%, la potencia eléctrica demandada por el sistema PTHP es de 4.600W.

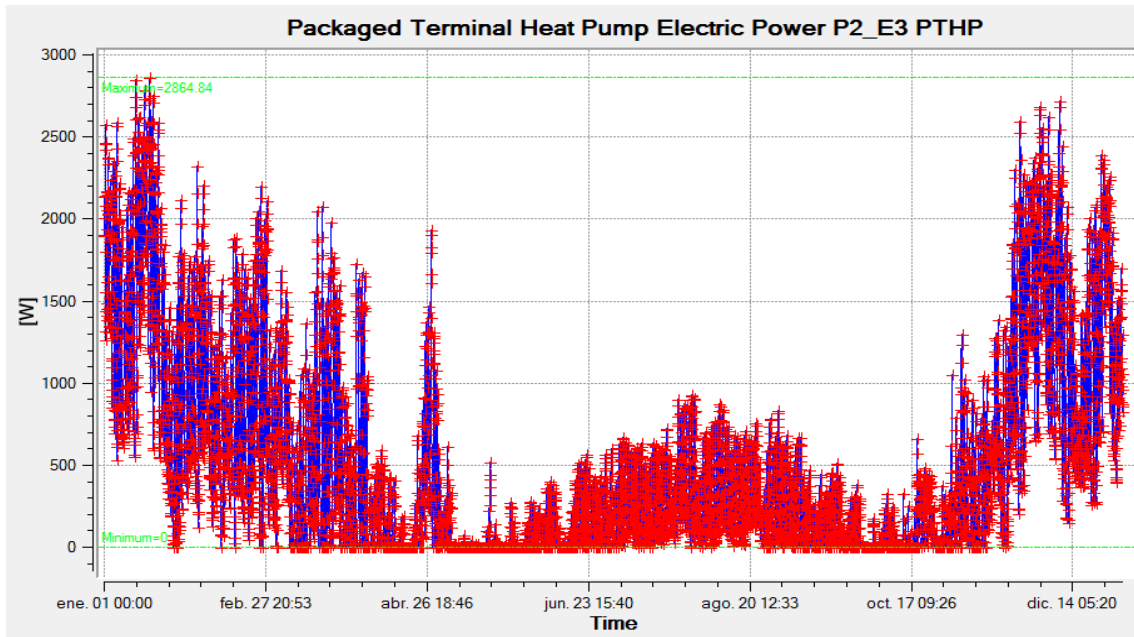


Imagen 4.3.8: Potencias anuales demandadas Electricidad Sistema PTHP Burgos

En la tabla 4.3.2 se puede observar la energía consumida por el Sistema PTHP para la ciudad de Valencia.

Como se puede observar, este tipo de sistema únicamente necesita energía eléctrica, por lo que la energía consumida por parte de calor es de aproximadamente 17.300 kWh y por parte de frío es de 1.900 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	17309.62	0.00
Cooling	1892.84	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	18583.83	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	221.30	0.00
Pumps	0.00	0.00

Tabla 4.3.2: Energía consumida Sistema PTHP Burgos

RESUMEN POTENCIAS Y CONSUMOS PTHP

Analizando las potencias obtenidas para los equipos del sistema PTHP, podemos seleccionar los datos necesarios para la posterior selección de equipos.

En primer lugar, la demanda de calefacción en Burgos ha sido bastante mayor que en Valencia, y la demanda de refrigeración de Valencia ha sido más elevada que en Burgos. Esta conclusión la podíamos haber intuido antes de conocer el resultado, pero mediante los resultados obtenidos por EnergyPlus, hemos conseguido los datos recogidos en la tabla 4.3.3 donde podemos seleccionar los valores necesarios en el dimensionado de los equipos del sistema.

PTHP	VALENCIA		BURGOS	
	MÁXIMA	MEDIA	MÁXIMA	MEDIA
PTHP Heating Rate	1583 W	110 W	2145 W	407 W
PTHP Cooling Rate	4067 W	728 W	2692 W	262 W
PTHP Electric Power	1535 W	304 W	2865 W	510 W

Tabla 4.3.3: Potencias máximas y medias demandadas Sistema PTHP

Por tanto, teniendo en cuenta que los valores que tenemos de la enfriadora serían únicamente para una zona; y considerando una simultaneidad entre las zonas del 100% para la demanda de calor y del 50% para la demanda de frío, la potencia necesaria de suministro de calor para la ciudad de Valencia será de 9,5 kW y para la ciudad de Burgos de 12,9 kW. En cuanto a la potencia necesaria de frío, para la ciudad de Valencia sería de 12,2 kW y para la ciudad de Burgos de 8,1 kW.

En cuanto al consumo de energía anual de nuestro sistema, debemos de saber cuánta energía en forma de gas natural y en forma de energía eléctrica va a consumir nuestro sistema. Por lo que:

Como se ha podido observar, este tipo de sistema únicamente necesita energía eléctrica, por lo que la energía consumida por parte de calor para la ciudad de Valencia es de aproximadamente 2.100 kWh y para la ciudad de Burgos es de 17.300 kWh. Y el consumo de energía eléctrica por parte de frío para la ciudad de Valencia es de aproximadamente 6.900 kWh y para la ciudad de Burgos es de 1.900 kWh.

4.3.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS

A continuación comentaremos los resultados que hemos obtenido en el programa EnergyPlus sobre las temperaturas que se obtendrían en nuestro sistema PTHP instalando los equipos con las potencias obtenidas en la simulación y que se han comentado con anterioridad.

Las temperaturas medias del aire a las que nos referimos son aquellas a las que se encuentra el aire dentro de las zonas de nuestra vivienda unifamiliar, pero sin tener en cuenta la influencia de las paredes sobre el aire. Y por otro lado, las temperaturas operativas del aire son aquellas a las que se tiene en cuenta la convección y radiación que nos dan las superficies de las zonas de nuestra vivienda sobre el aire, comúnmente conocido como confort térmico.

En primer lugar comentaremos las temperaturas medias y operativas para la ciudad de Valencia y posteriormente las temperaturas para la ciudad de Burgos. Para cada uno de estos casos, se han analizado las temperaturas para una semana del mes de Enero y para una semana del mes de Agosto, con la finalidad de observar correctamente el funcionamiento a plena carga de la calefacción y de la refrigeración respectivamente.

CIUDAD VALENCIA

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema PTHP, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura constante de 20°C para todos los días en los cuales la temperatura ambiente se encuentra por debajo de dicha temperatura, a excepción de algún momento en el que la temperatura aumenta a 20,5°C.

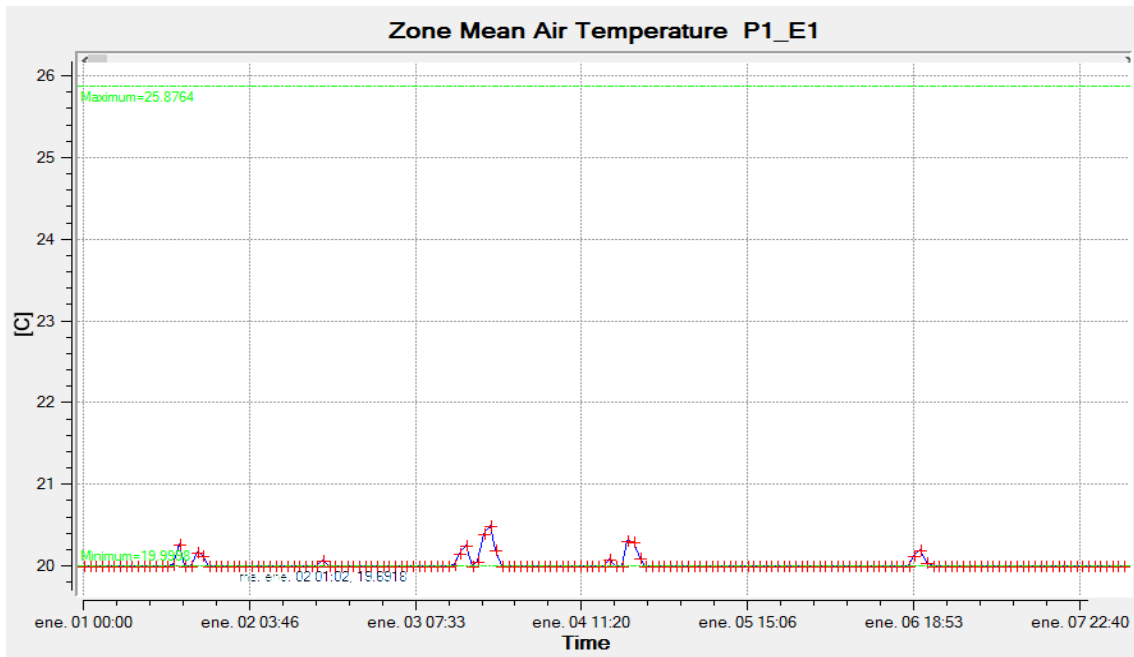


Imagen 4.3.9: Temperatura media aire Sistema PTHP semana Enero Valencia

Pero sin embargo, como se puede observar en la imagen 4.3.10 la temperatura operativa del aire no alcanza los 20°C, esto es debido a que la temperatura exterior es inferior a dicha temperatura y por tanto las superficies de las zonas están a una temperatura inferior a 20°C; y a que el termostato de nuestro sistema hace que la temperatura del aire sea de 20°C, con lo cual hace que la sensación de confort sea de 19,5°C.

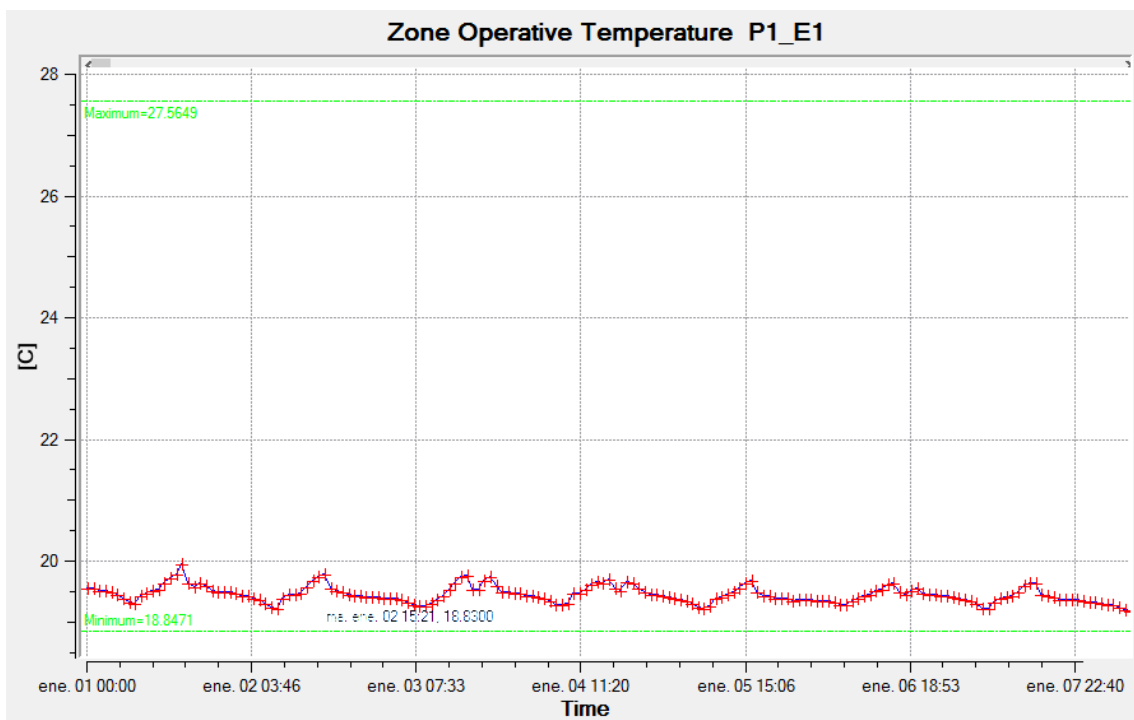


Imagen 4.3.10: Temperatura Operativa aire Sistema PTHP semana Enero Valencia

Ahora para la semana del mes de Agosto, podemos observar que nuestro sistema mantiene la temperatura media del aire en 25°C.

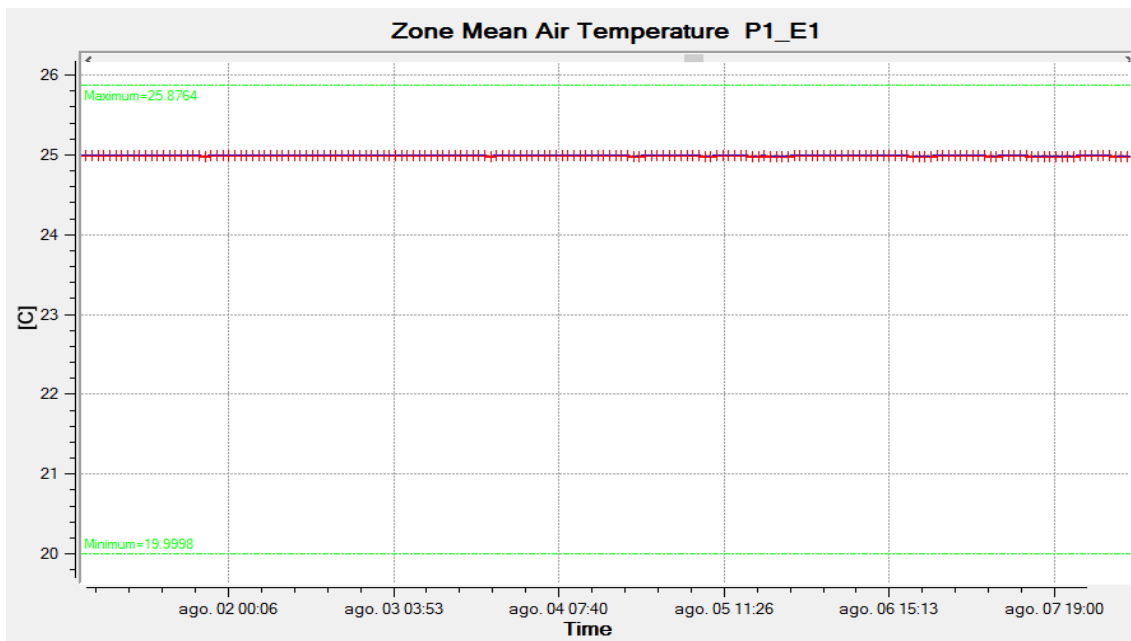


Imagen 4.3.11: Temperatura Media aire Sistema PTHP semana Agosto Valencia

Por último, podemos observar en la imagen 4.3.11 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano. Como era de esperar, dicha temperatura se encuentra por encima de 25°C durante el mes de Agosto ya que las superficies de nuestra vivienda se encuentran a una temperatura superior.

Los picos que nos encontramos en dicha imagen corresponden con los momentos en los que la temperatura de confort térmico son más elevadas, sería en torno a las 17:00h del día. Y los valles corresponderían con los momentos de menor temperatura, sobre las 7:00h del día.

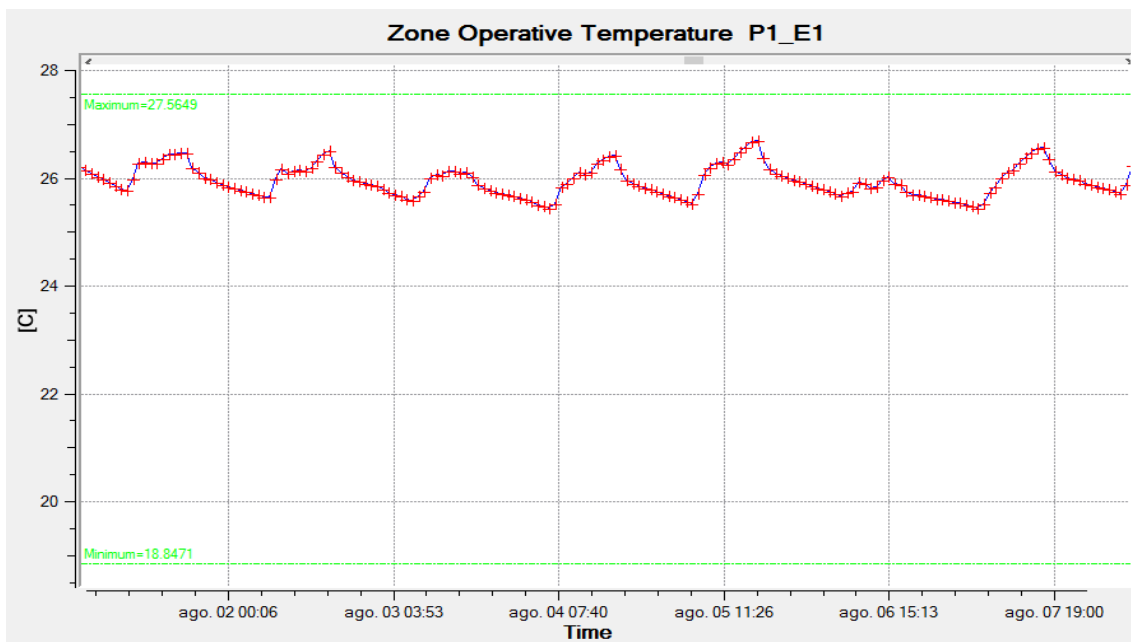


Imagen 4.3.12: Temperatura Operativa aire Sistema PTHP semana Agosto Valencia

CIUDAD BURGOS

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema PTHP, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura constante de 20°C para todos los días en los cuales la temperatura ambiente se encuentra por debajo de dicha temperatura.

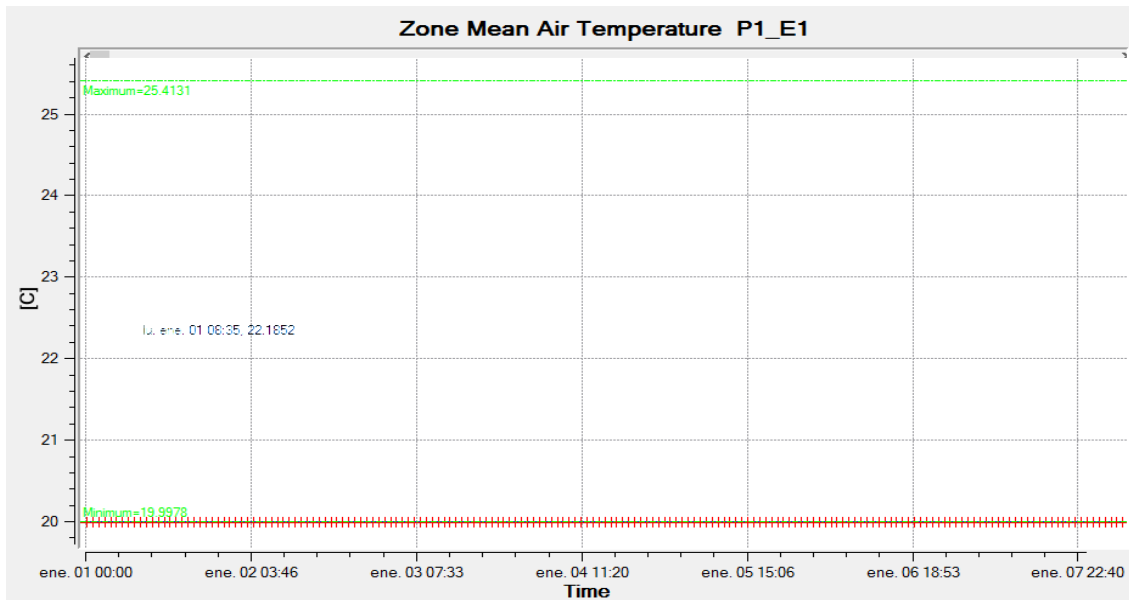


Imagen 4.3.13: Temperatura Media aire Sistema PTHP semana Enero Burgos

Pero sin embargo, como se puede observar en la imagen 4.3.14 la temperatura operativa del aire no alcanza los 20°C, esto es debido a que la temperatura exterior es inferior a dicha temperatura y por tanto las superficies de las zonas están a una temperatura inferior a 20°C; y a que el termostato de nuestro sistema hace que la temperatura del aire sea de 20°C, con lo cual hace que la sensación de confort sea de 18,9°C.

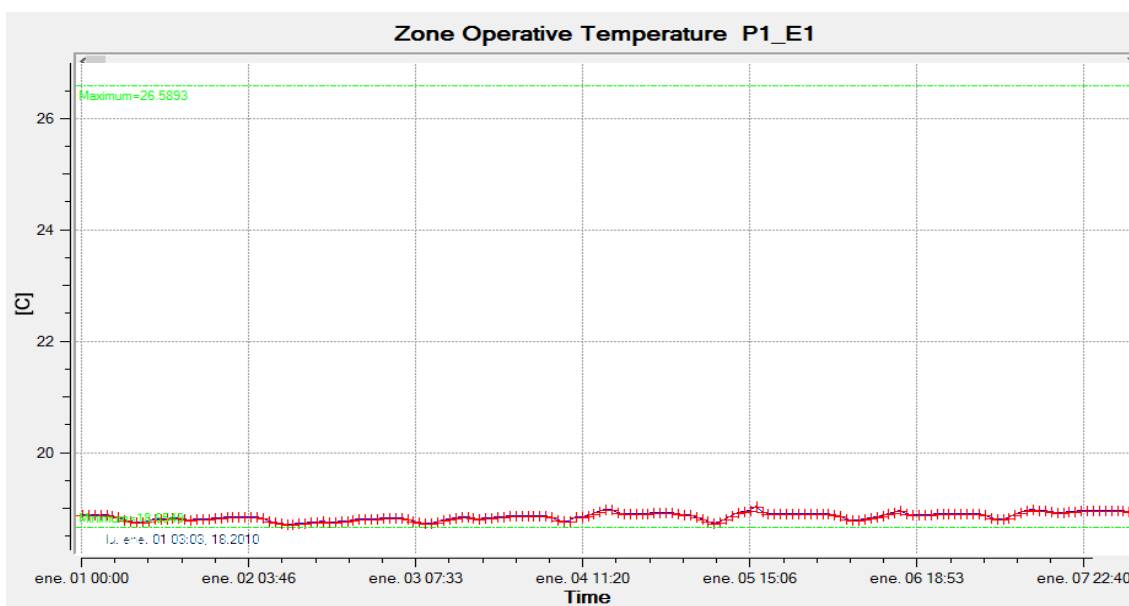


Imagen 4.3.14: Temperatura Operativa aire Sistema PTHP semana Enero Burgos

Ahora para la semana del mes de Agosto, como podemos observar en la imagen 4.3.15, nuestro sistema mantiene la temperatura media del aire a 25°C y en algunos momentos se consigue descender de dicha temperatura.

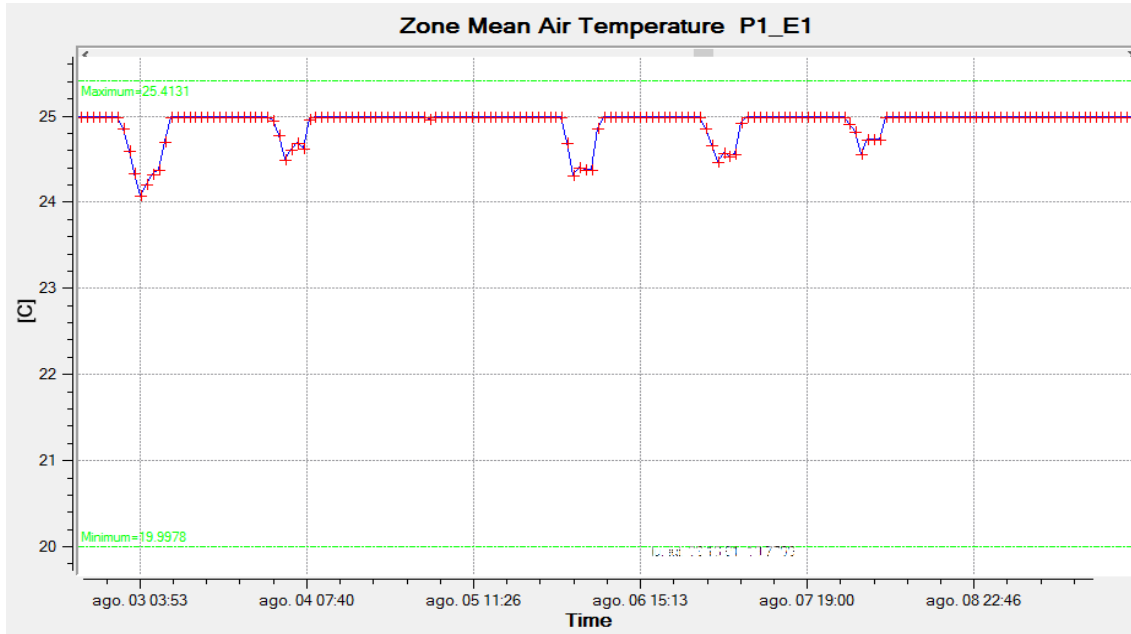


Imagen 4.3.15: Temperatura Media aire Sistema PTHP semana Agosto Burgos

Por último, podemos observar en la imagen 4.3.16 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano, dicha temperatura se encuentra fluctuando en torno a 25,7°C, teniendo momentos pico de 26,5°C por el día y valles de 24,6°C durante la noche.

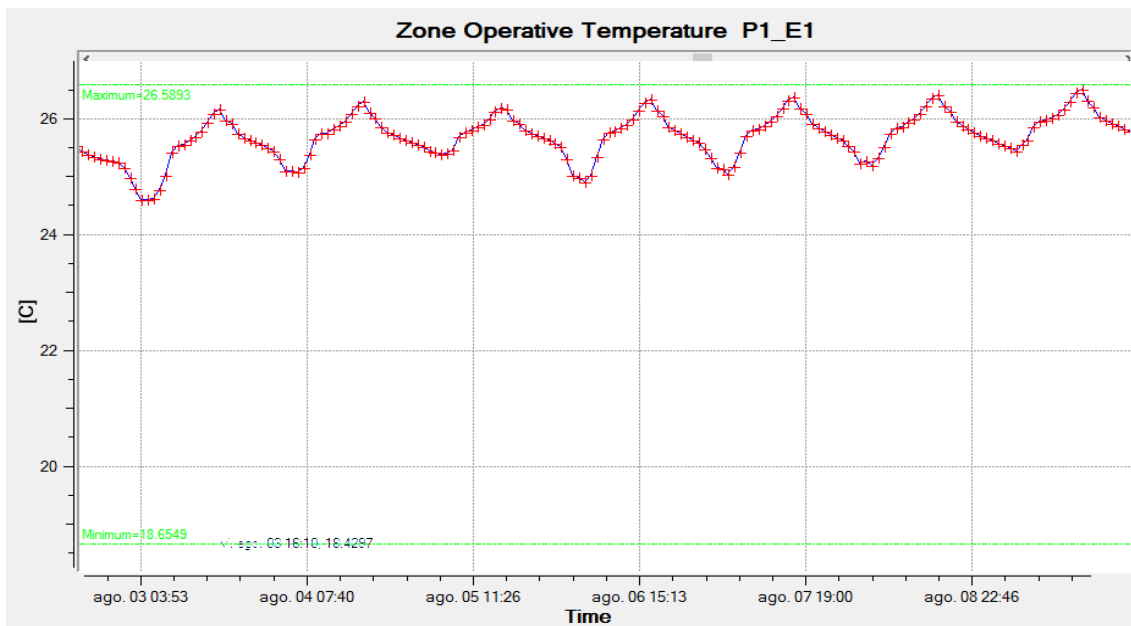


Imagen 4.3.16: Temperatura Operativa aire Sistema PTHP semana Agosto Burgos

4.4. VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE (VRV)

4.4.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El sistema VRV (Volumen de refrigerante variables) o también denominado caudal de refrigerante variable basa su funcionamiento en la variación del caudal de refrigerante que se aporta a las baterías tanto del evaporador como del condensador.

De esta manera el compresor del equipo funciona como un sistema INVERTER, es decir, que regula su velocidad mediante un variador de frecuencia para adecuarse correctamente a las necesidades térmicas demandadas.

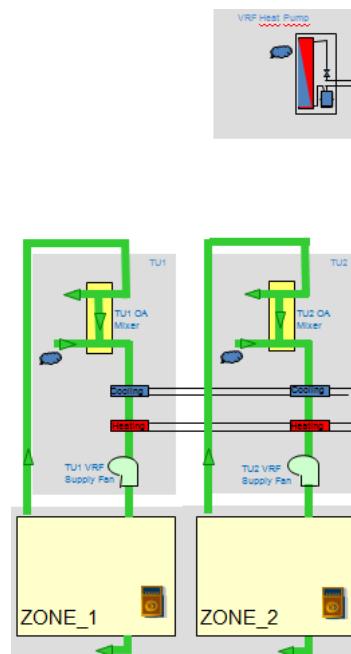


Imagen 4.4.1: Esquema instalación Sistema VRV

Este tipo de sistema consigue que cada unidad interior trabaje de forma independiente del resto, y esto es debido a que cada unidad interior tendrá una demanda térmica y solicitará una cantidad distinta de refrigerante. Este caudal de refrigerante se regula mediante una válvula de expansión electrónica.

Debido a esta particularidad, este tipo de sistemas es muy adecuado a edificios que contienen numerosas unidades interiores y exteriores, ya que puede llegar a darse el caso en el que la parte del edificio que está orientada al sur debido a la incidencia solar, demande frío y por el contrario de forma simultánea, la parte del edificio orientada al norte demande calor.

En los equipos que hemos visto con anterioridad, al evaporarse el fluido refrigerante tras enfriar un local consigue la condensación y por tanto la evacuación de calor en el

condensador al exterior. Pues en el caso del sistema VRV, lo que se consigue es recuperar ese calor y cederlo en otro local en el cual haya una demanda con mayor temperatura. Por tanto, se transporta en estado gaseoso el refrigerante de la unidad evaporadora hacia la unidad condensadora, todo esto regulado mediante un sistema de control electrónico.

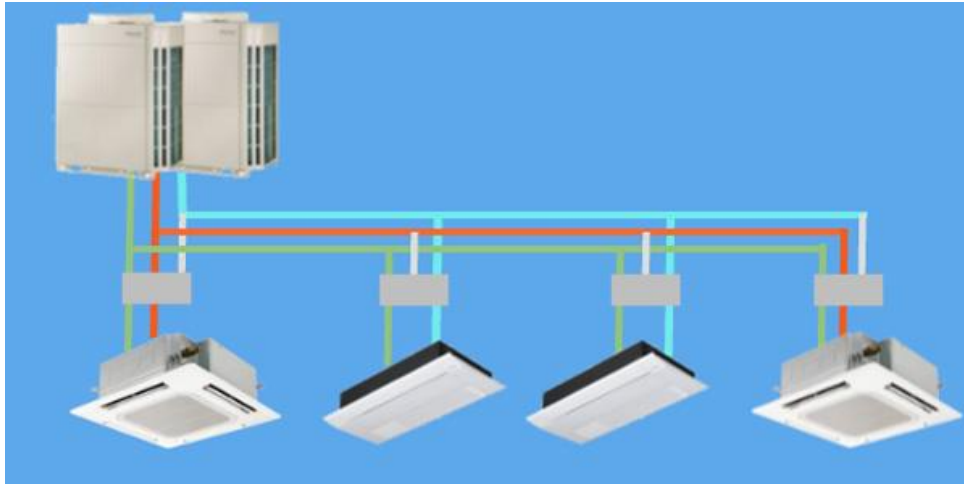


Imagen 4.4.2: Equipo climatización sistema VRV

Cabe destacar que gracias a lo comentado con anterioridad, los sistemas VRV tienen un alto coeficiente COP (Coeficient of Performance) y EER (Energy Efficiency Ratio).

El COP y EER son indicadores de la eficiencia energética de un equipo; El COP se calcula en sistemas que trabajan cediendo calor y por el contrario, el EER se calcula en sistemas en los cuales se cede frío. La manera de calcularlas se explican a continuación.

En primer lugar debemos identificar las energías que tenemos en nuestro sistema, estas son:

- Potencia calorífica cede condensador (Q_c)
- Potencia calorífica absorbe evaporador (Q_f)
- Potencia eléctrica compresor (W)

Según el principio de conservación de la energía, la suma de la potencia calorífica del evaporador y la potencia del compresor es igual a la potencia calorífica del condensador.

$$Q_c = Q_f + W$$

Por tanto, si nuestro sistema tiene como finalidad proporcionar calor al sistema, el coeficiente COP será el siguiente:

$$COP = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_f + W}{W}$$

Si por el contrario, nuestro sistema tiene como finalidad proporcionar frío, el coeficiente EER será:

$$EER = \frac{Q_f}{W}$$

Para tener más claro estos conceptos, si por ejemplo la bomba de calor de nuestro equipo tiene un COP de 3. Esto nos indica que por cada kW eléctrico que consume nuestro compresor, se producirán 3 kW de calor. Por tanto la eficacia de los sistemas VRV es muy elevada.

4.4.2. POTENCIAS OBTENIDAS

A continuación, comentaremos los datos obtenidos en cuanto a las potencias de los equipos a instalar para el Sistema VRV, tanto para la ciudad de Valencia como para la ciudad de Burgos.

Para el dimensionado del sistema VRV vamos a tener en cuenta la demanda energética de calor y la demanda energética de frío, y posteriormente la demanda eléctrica de calor y de frío para dimensionar la consola del sistema.

En primer lugar comentaremos las gráficas que hemos obtenido mediante la simulación del programa Energy Plus y posteriormente seleccionaremos los equipos necesarios de los catálogos de fabricantes. Por tanto, comenzaremos comentando los resultados obtenidos para Valencia, y posteriormente para Burgos.

CIUDAD VALENCIA

En primer lugar se observa en la imagen 4.4.3 la evolución de la potencia demandada de calor por la consola en el sistema de VRV.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de Energy Plus, la demanda máxima será de 9.363 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 506W.

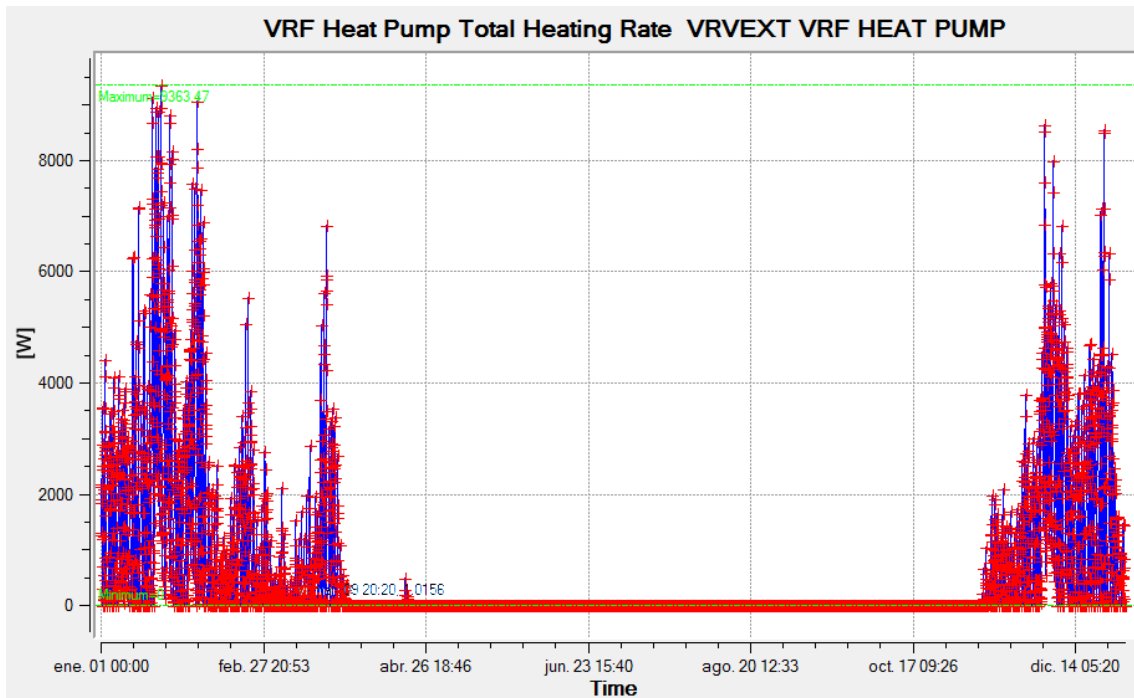


Imagen 4.4.2: Potencias anuales demandadas Calor Sistema VRV Valencia

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío del sistema VRV durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frío es nula.

Por tanto, la demanda de frío del sistema alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 15.935 W y una potencia media anual de 2355 W.

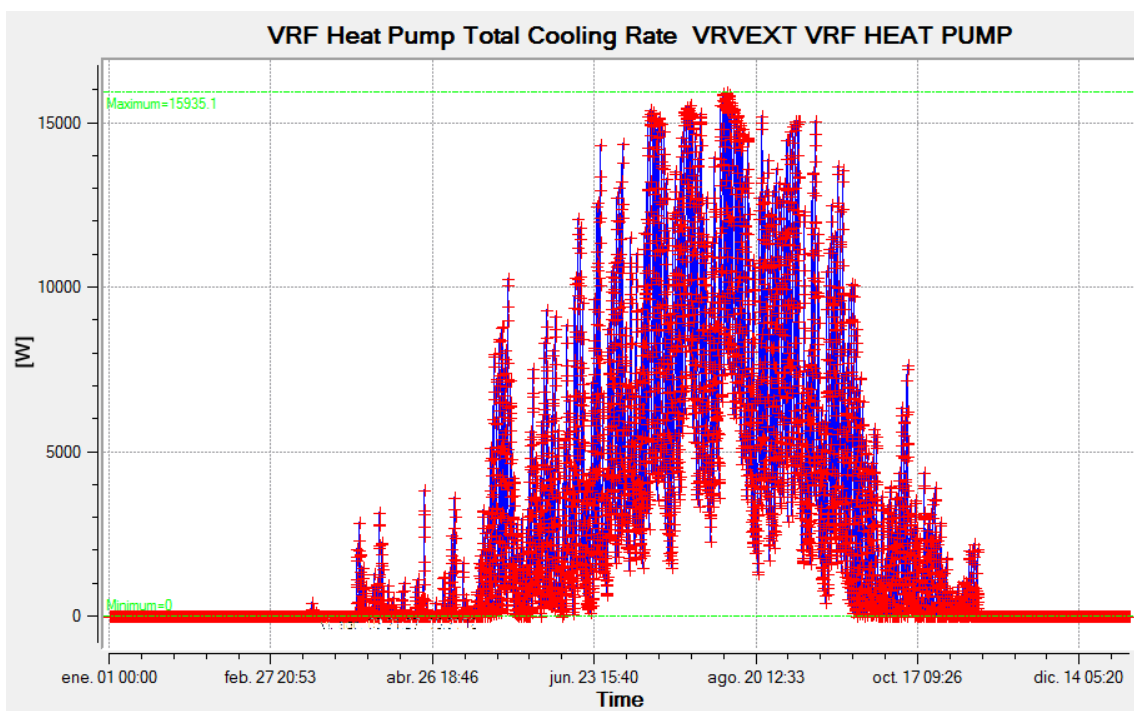


Imagen 4.4.4: Potencias anuales demandadas Frío Sistema VRV Valencia

En último lugar, el programa Energy Plus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la caldera y por la enfriadora, ya que en la imagen 4.4.3 y en la imagen 4.4.4 hemos podido observar la demanda de potencia en forma de calor por parte de la caldera y la demanda de frío por parte de la enfriadora respectivamente.

En los cálculos del programa se ha estimado un EER para el cálculo de la demanda eléctrica del sistema VRV.

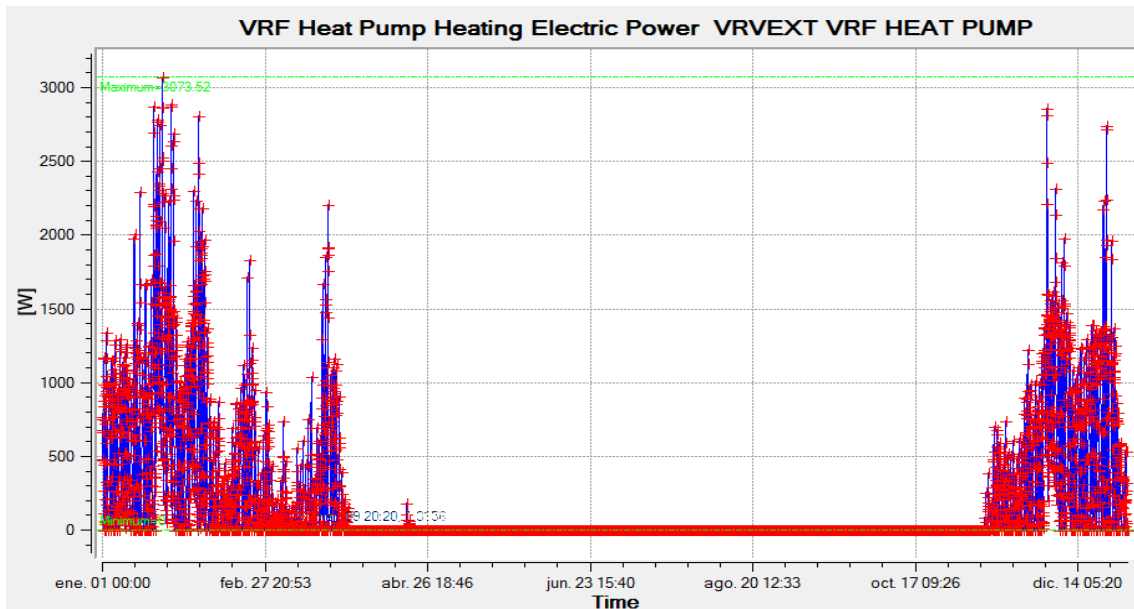


Imagen 4.4.5: Potencias anuales demandadas Electricidad Calor Sistema VRV Valencia

En la imagen 4.4.5 se observan las potencias eléctricas demandadas por parte de calor; en los meses de verano la demanda es nula, y en los meses de invierno, su demanda varía a lo largo del día, obteniendo un valor máximo de 3.073 W y una media anual de 169 W.

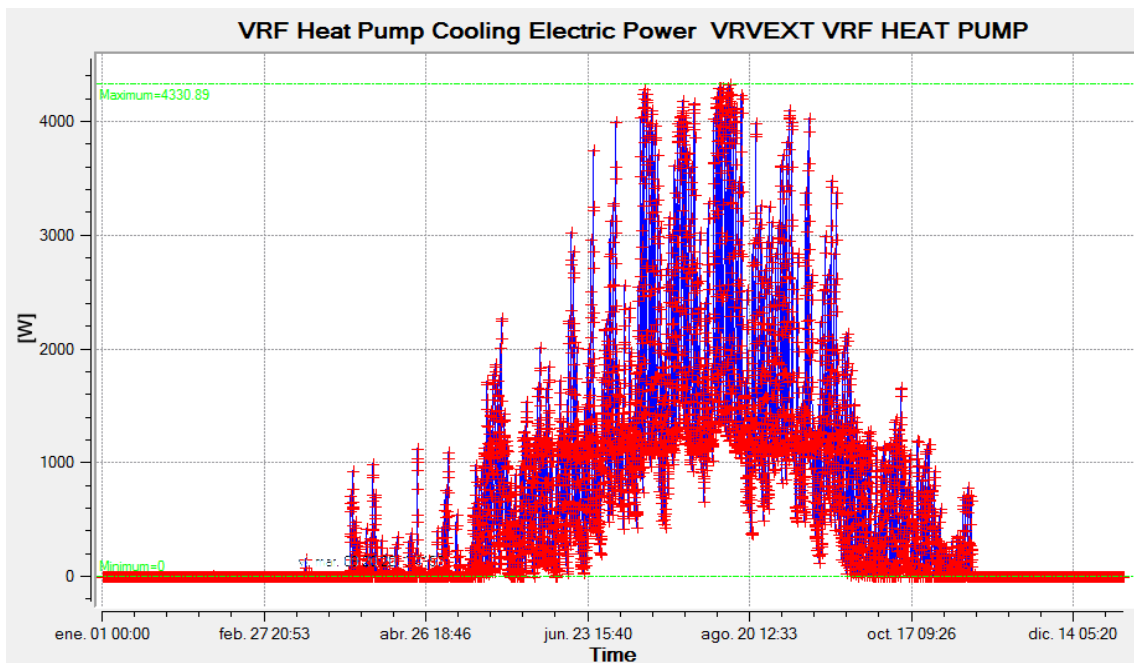


Imagen 4.4.6: Potencias anuales demandadas Electricidad Frío Sistema VRV Valencia

Y en la imagen 4.4.6 se observan las potencias eléctricas demandadas por parte de frío; en los meses de invierno la demanda es nula, y en los meses de verano, su demanda varía a lo largo del día, obteniendo un valor máximo de 4.331 W y una media anual de 553 W.

En la tabla 4.4.1 se puede observar la energía consumida por el Sistema VRV para la ciudad de Valencia.

Como se puede observar, este tipo de sistema únicamente necesita energía eléctrica, por lo que la energía consumida por parte de calor es de aproximadamente 1.600 kWh y por parte de frío es de 4.900 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	1584.60	0.00
Cooling	4844.21	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	18583.83	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	189.54	0.00
Pumps	0.00	0.00

Tabla 4.4.1: Energía consumida Sistema VRV Valencia

CIUDAD BURGOS

En primer lugar se observa en la imagen 4.4.7 la evolución de la potencia demandada de calor por la consola en el sistema de VRV.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de Energy Plus, la demanda máxima será de 10.029 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 2.526 W.

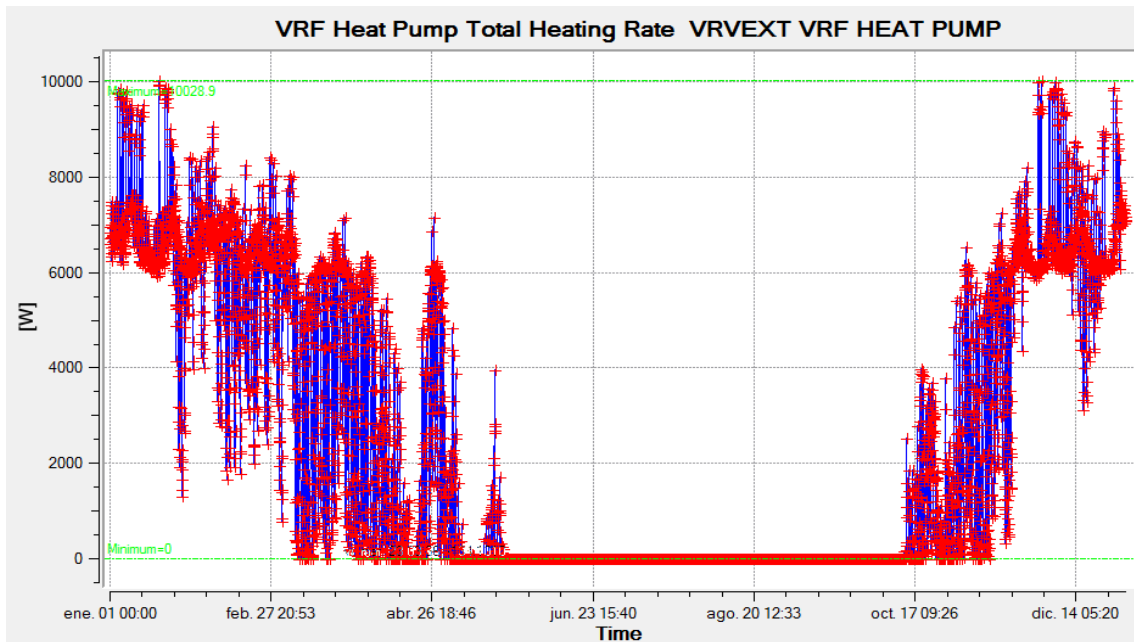


Imagen 4.4.7: Potencias anuales demandadas Calor Sistema VRV Burgos

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío del sistema VRV durante todo el año, teniendo en cuenta que durante los meses de invierno su demanda es nula.

Por tanto, la demanda de frío del sistema alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 9.387 W y una potencia media anual de 635 W.

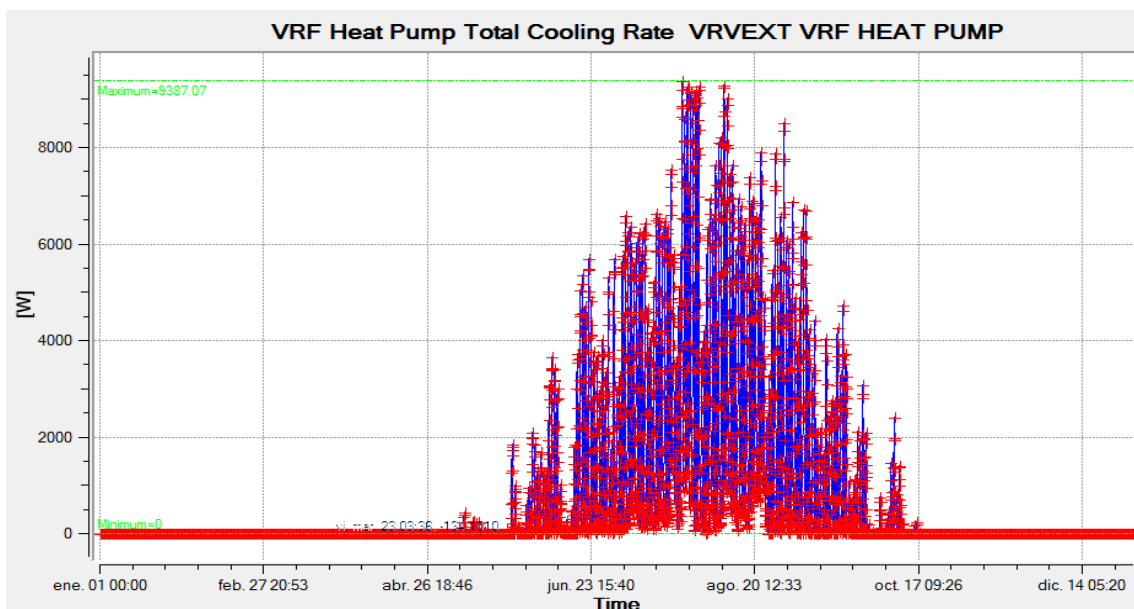


Imagen 4.4.8: Potencias anuales demandadas Frío Sistema VRV Burgos

En último lugar, el programa Energy Plus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la caldera y por la enfriadora, ya que en la imagen 4.4.7 y en la imagen 4.4.8 hemos podido observar la demanda de potencia de calor y la demanda de frío.

En los cálculos del programa se ha estimado un EER para el cálculo de la demanda eléctrica del sistema VRV.

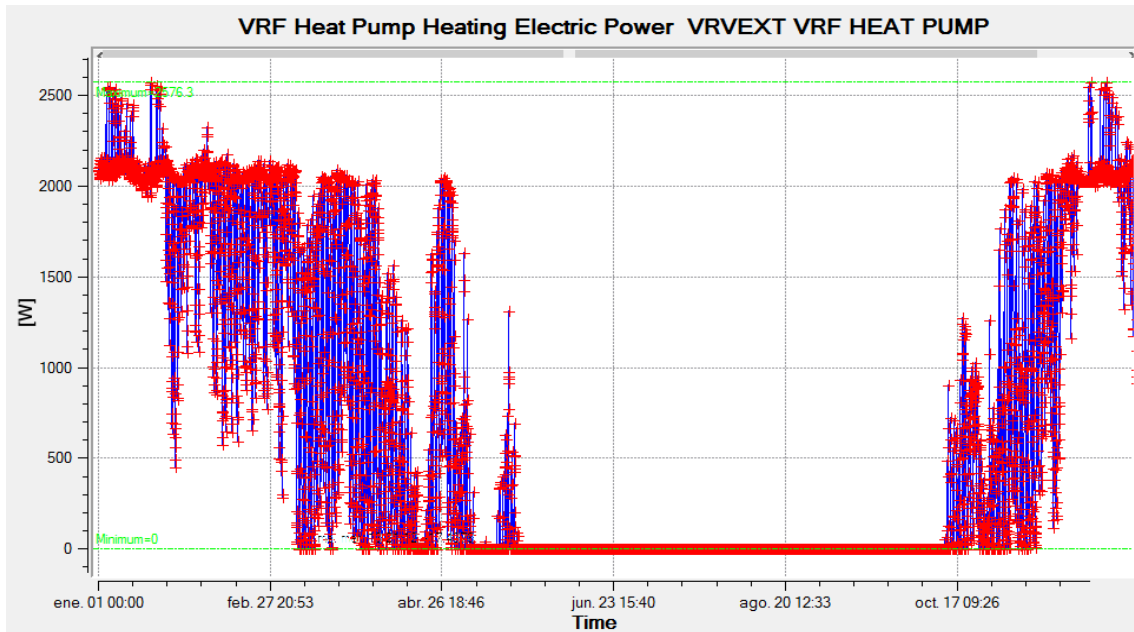


Imagen 4.4.9: Potencias anuales demandadas Electricidad Calor Sistema VRV Burgos

En la imagen 4.4.9 se observan las potencias eléctricas demandadas por parte de calor; en los meses de verano la demanda es nula, y en los meses de invierno, su demanda varía a lo largo del día, obteniendo un valor máximo de 2.576 W y una media anual de 767 W.

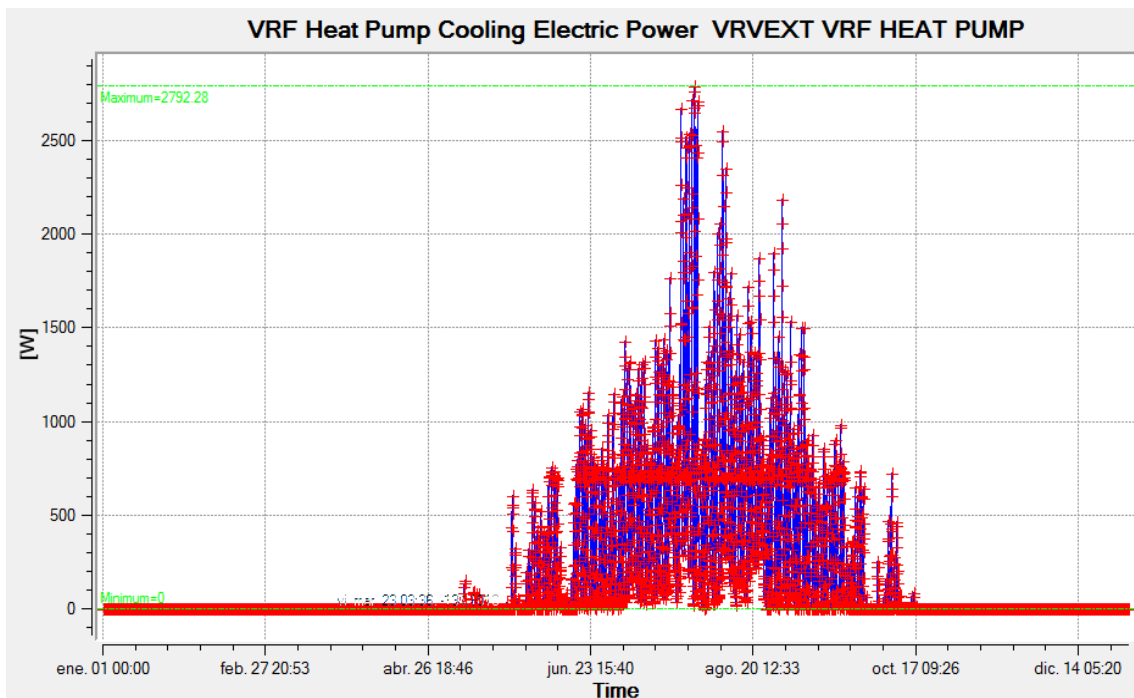


Imagen 4.4.10: Potencias anuales demandadas Electricidad Frio Sistema VRV Burgos

Y en la imagen 4.4.10 se observan las potencias eléctricas demandadas por parte de frío; en los meses de invierno la demanda es nula, y en los meses de verano, su demanda varía a lo largo del día, obteniendo un valor máximo de 2.792W y una media anual de 153 W.

En la tabla 4.4.2 se puede observar la energía consumida por el Sistema VRV para la ciudad de Valencia.

Como se puede observar, este tipo de sistema únicamente necesita energía eléctrica, por lo que la energía consumida por parte de calor es de aproximadamente 8.200 kWh y por parte de frío es de 1.400 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	8216.62	0.00
Cooling	1341.80	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	18583.83	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	224.48	0.00
Pumps	0.00	0.00

Tabla 4.4.2: Energía consumida Sistema VRV Burgos

RESUMEN POTENCIAS Y CONSUMOS VRV

Analizando las potencias obtenidas para los equipos del sistema VRV, podemos seleccionar los datos necesarios para la posterior selección de equipos.

En primer lugar, la demanda de calefacción en Burgos ha sido bastante mayor que en Valencia, y la demanda de refrigeración de Valencia ha sido más elevada que en Burgos. Esta conclusión la podíamos haber intuido antes de conocer el resultado, pero mediante los resultados obtenidos por Energy Plus, hemos conseguido los datos recogidos en la tabla 4.4.3 donde podemos seleccionar los valores necesarios en el dimensionado de los equipos del sistema.

VRV	VALENCIA		BURGOS	
	MÁXIMA	MEDIA	MÁXIMA	MEDIA
VRV Heat Pump Heating Rate	9363 W	506 W	10029 W	2526 W
VRV Heat Pump Cooling Rate	15935 W	2355 W	9387 W	635 W
VRV Heat Pump Heating Electric Power	3073 W	169 W	2576 W	767 W
VRV Heat Pump Cooling Electric Power	4331 W	553 W	2792 W	153 W

Tabla 4.4.3: Potencias máximas y medias demandadas Sistema VRV

Por tanto, la potencia necesaria de suministro de calor para la ciudad de Valencia será de 3,1 kW y para la ciudad de Burgos de 2,6 kW. En cuanto a la potencia necesaria de frío, para la ciudad de Valencia sería de 4,4 kW y para la ciudad de Burgos de 2,8 kW.

Como se ha podido observar, este tipo de sistema únicamente necesita energía eléctrica, por lo que la energía consumida por parte de calor para la ciudad de Valencia es de aproximadamente 1.600 kWh y para la ciudad de Burgos es de 8.200 kWh. Y el consumo de energía eléctrica por parte de frío para la ciudad de Valencia es de aproximadamente 4.900 kWh y para la ciudad de Burgos es de 1.400 kWh.

4.4.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS

A continuación comentaremos los resultados que hemos obtenido en el programa Energy Plus sobre las temperaturas que se obtendrían en nuestro sistema VRV instalando los equipos con las potencias obtenidas en la simulación y que se han comentado con anterioridad.

Las temperaturas medias del aire a las que nos referimos son aquellas a las que se encuentra el aire dentro de las zonas de nuestra vivienda unifamiliar, pero sin tener en cuenta la influencia de las paredes sobre el aire. Y por otro lado, las temperaturas operativas del aire son aquellas a las que se tiene en cuenta la convección y radiación que nos dan las superficies de las zonas de nuestra vivienda sobre el aire, comúnmente conocido como confort térmico.

En primer lugar comentaremos las temperaturas medias y operativas para la ciudad de Valencia y posteriormente las temperaturas para la ciudad de Burgos. Para cada uno de estos casos, se han analizado las temperaturas para una semana del mes de Enero y para una semana del mes de Agosto, con la finalidad de observar correctamente el funcionamiento a plena carga de la calefacción y de la refrigeración respectivamente.

CIUDAD VALENCIA

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema VRV, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura constante de 20°C para todos los días en los cuales la temperatura ambiente se encuentra por debajo de dicha temperatura, a excepción de algún momento en el que la temperatura fluctúa levemente.

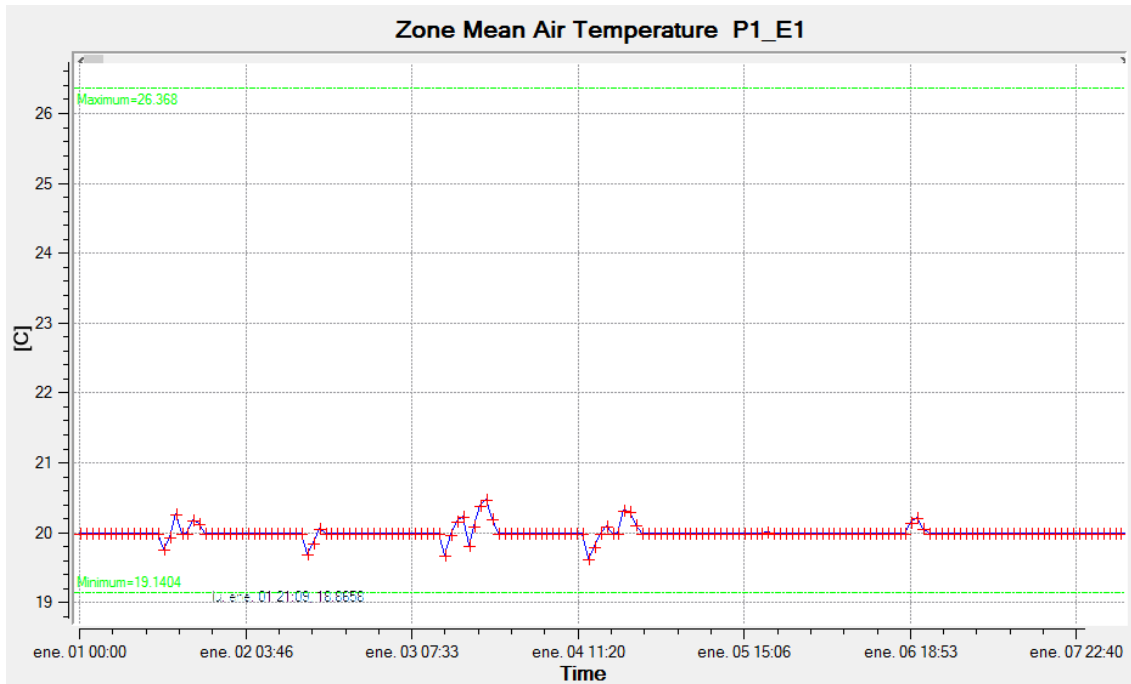


Imagen 4.4.11: Temperatura Media aire Sistema VRV semana Enero Valencia

Pero sin embargo, como se puede observar en la imagen 4.4.11 la temperatura operativa del aire no alcanza los 20°C, esto es debido a que la temperatura exterior es inferior a dicha temperatura y por tanto las superficies de las zonas están a una temperatura inferior a 20°C; y a que el termostato de nuestro sistema hace que la temperatura del aire sea de 20°C, con lo cual hace que la sensación de confort sea de 19,5°C.

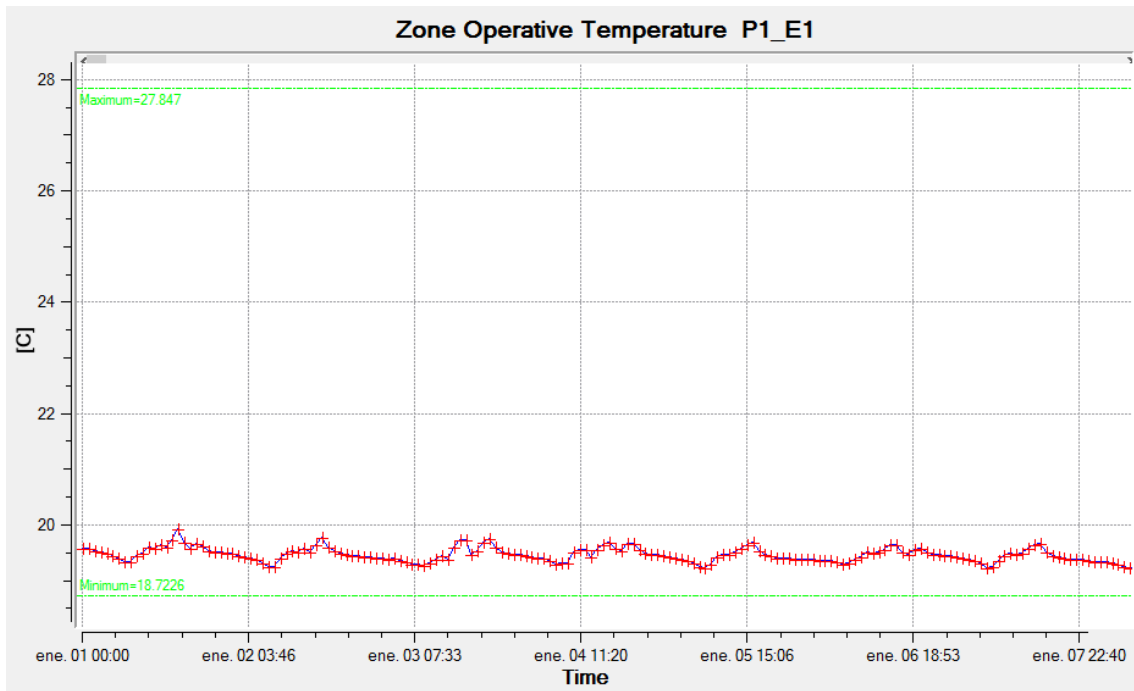


Imagen 4.4.12: Temperatura Operativa aire Sistema VRV semana Enero Valencia

Ahora para la semana del mes de Agosto, podemos observar que nuestro sistema mantiene la temperatura media del aire en 25°C, a excepción de algún momento puntual.

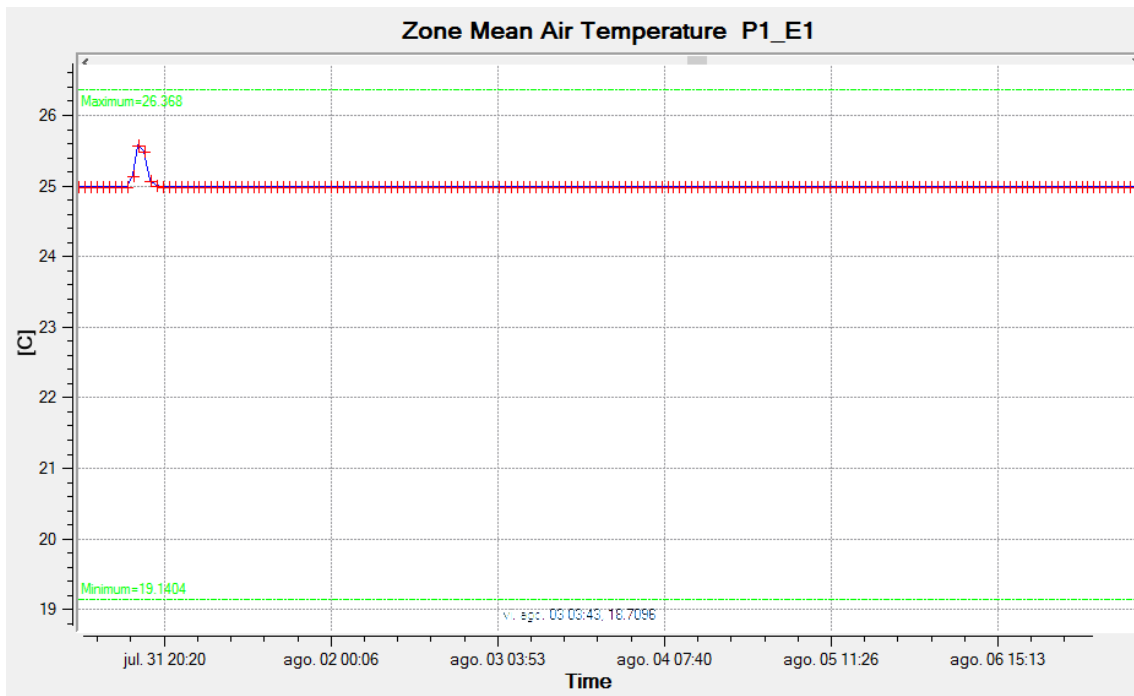


Imagen 4.4.13: Temperatura Media aire Sistema VRV semana Agosto Valencia

Por último, podemos observar en la imagen 4.4.14 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano. Como era de esperar, dicha temperatura se encuentra por

encima de 25°C durante el mes de Agosto ya que las superficies de nuestra vivienda se encuentran a una temperatura superior.

Los picos que nos encontramos en dicha imagen corresponden con los momentos en los que la temperatura de confort térmico son más elevadas, sería en torno a las 17:00h del día. Y los valles corresponderían con los momentos de menor temperatura, sobre las 7:00h del día.

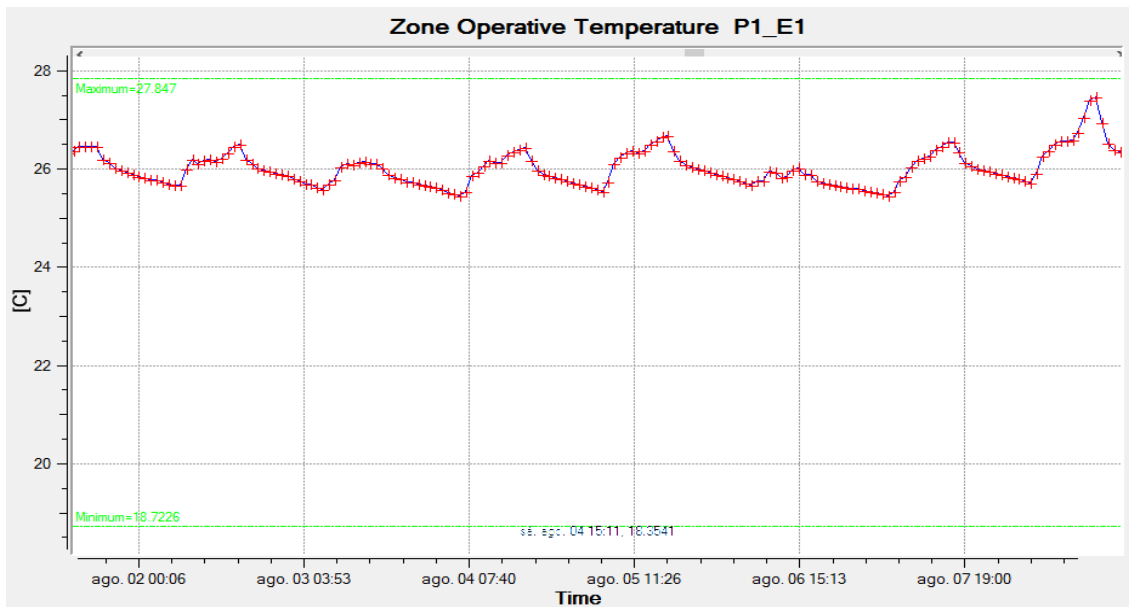


Imagen 4.4.14: Temperatura Operativa aire Sistema VRV semana Agosto Valencia

CIUDAD BURGOS

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema VRV, cabe destacar que no se consigue mantener una temperatura constante de 20°C, al parecer el sistema no puede cumplir con la demanda energética de calor que necesita, por lo que no tiene un buen funcionamiento, puesto que la temperatura desciende hasta los 13,6°C y se tiene una temperatura media de 16,5°C.

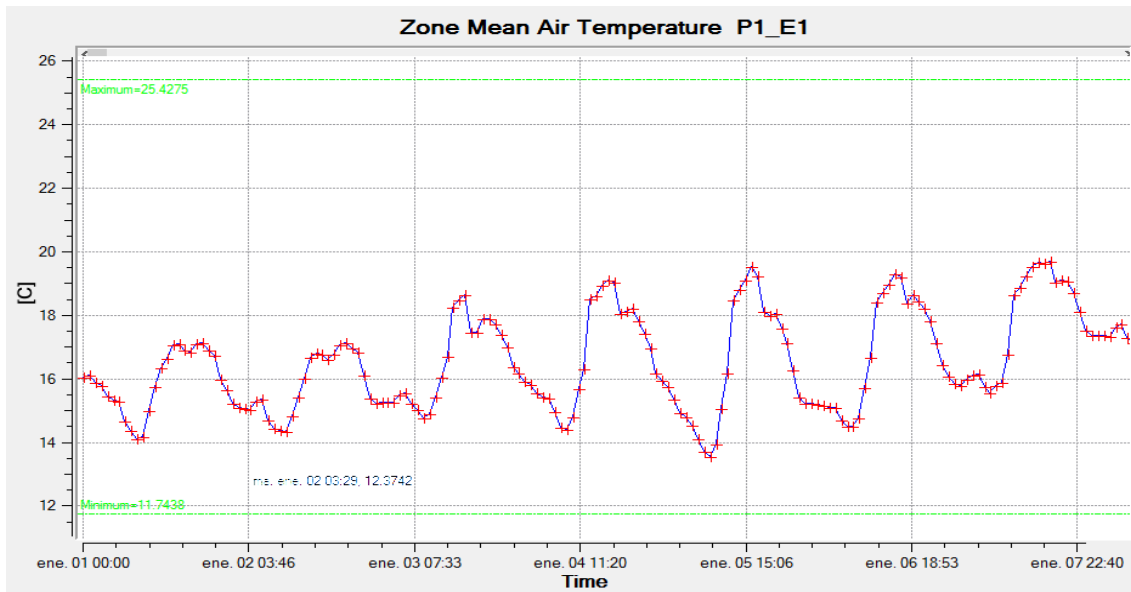


Imagen 4.4.15: Temperatura Media aire Sistema VRV semana Enero Burgos

Como consecuencia de este hecho, como podemos observar en la imagen 4.4.16, la temperatura operativa del aire tampoco consigue alcanzar los 20°C, por lo que la temperatura de confort del sistema sería de 16,0°C, bastante inferior a la temperatura de consigna.

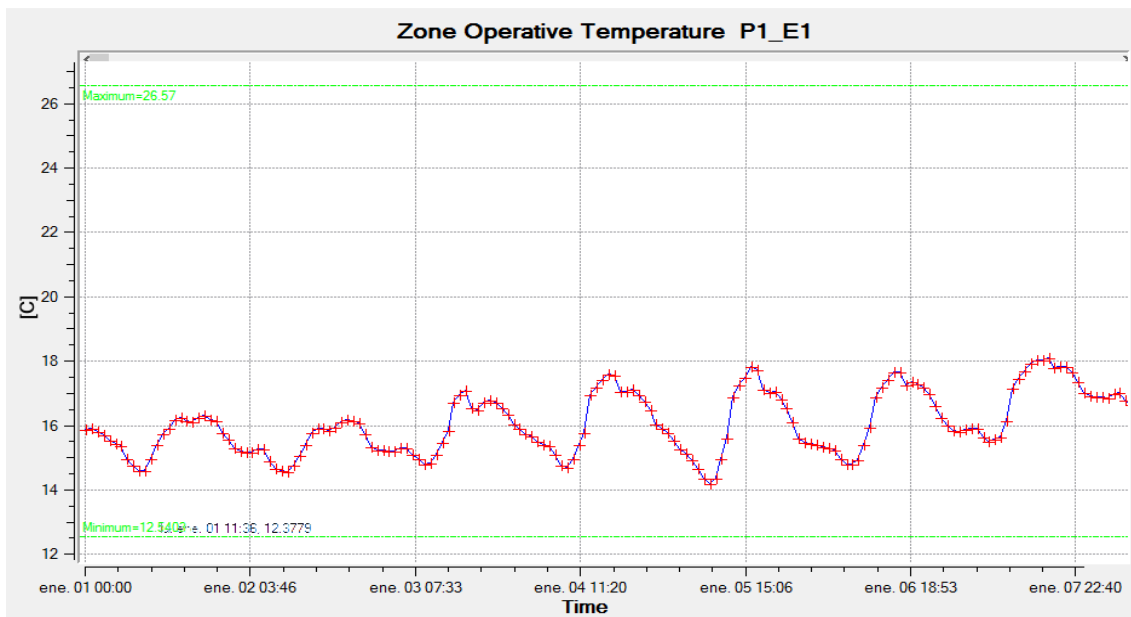


Imagen 4.4.16: Temperatura Operativa aire Sistema VRV semana Enero Burgos

Ahora para la semana del mes de Agosto, como podemos observar en la imagen 4.4.17, nuestro sistema mantiene la temperatura media del aire a 25°C y en algunos momentos se consigue descender de dicha temperatura.

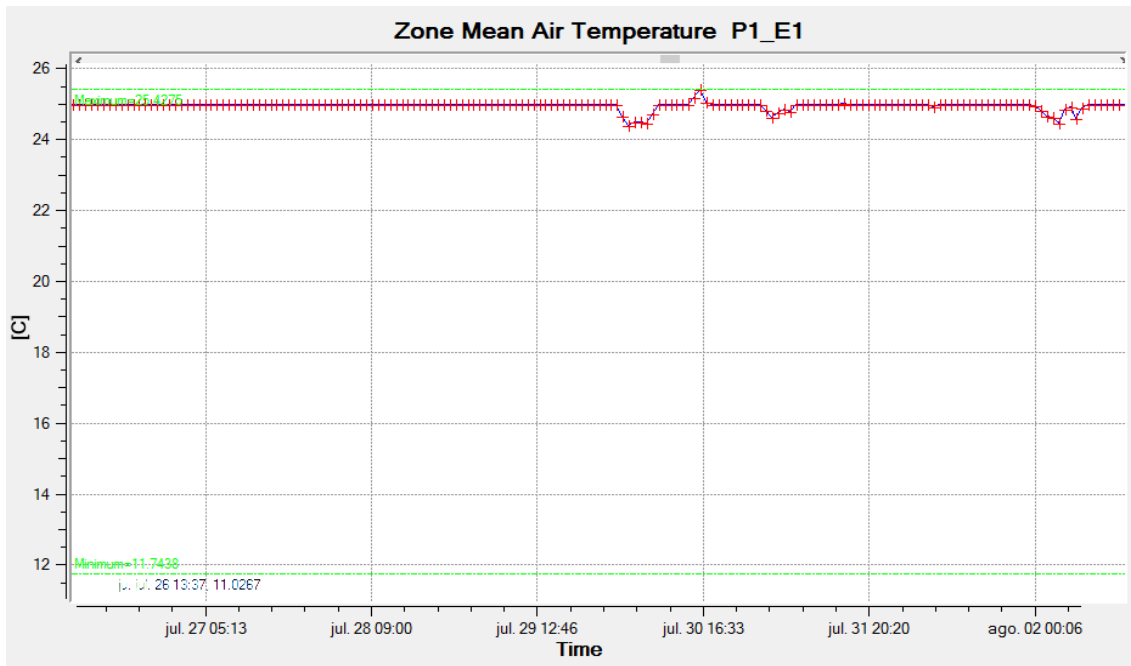


Imagen 4.4.17: Temperatura Media aire Sistema VRV semana Agosto Burgos

Por último, podemos observar en la imagen 4.4.18 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano, dicha temperatura se encuentra fluctuando en torno a 25,6°C, teniendo momentos pico de 26,5°C por el día y valles de 24,6°C durante la noche.

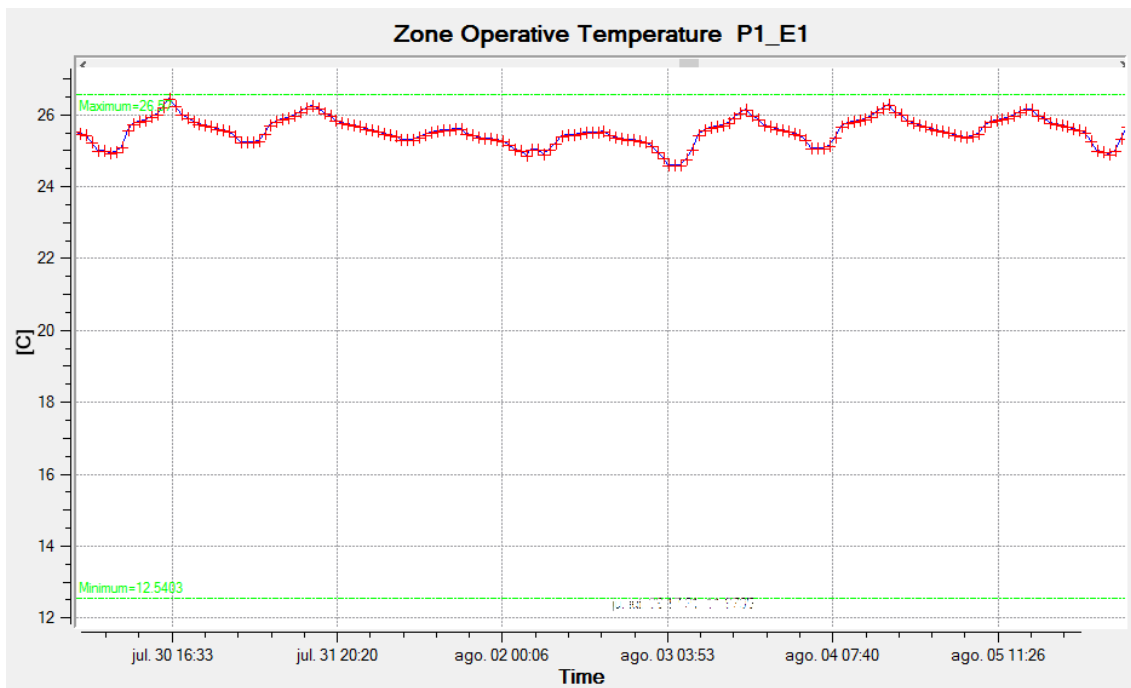


Imagen 4.4.18: Temperatura Operativa aire Sistema VRV semana Agosto Burgos

4.5. SUELO RADIANTE

4.5.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Llamamos suelo radiante al sistema de calefacción o refrigeración que utiliza una o varias de las superficies de un local como emisor de calor o de frío. Estas superficies pueden ser suelo, techo o incluso paredes, aunque habitualmente se suele utilizar como elemento emisor el suelo.

Las instalaciones radiantes para calefacción pueden ser de dos tipos; por suelo radiante eléctrico o por suelo radiante por agua caliente. En nuestro caso hemos abordado nuestro sistema mediante agua caliente y agua fría; siendo el aporte de agua caliente por ayuda de una caldera.

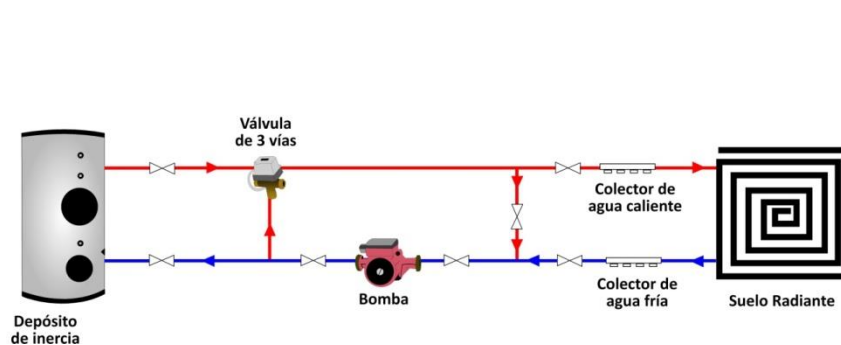


Imagen 4.5.1: Esquema instalación Sistema Suelo Radiante

Este tipo de sistemas tienen como características principales que obtienen un mejor nivel de confort térmico puesto que controlan la temperatura radiante con la que intercambia radiación calorífica el cuerpo humano de manera uniforme en todas las direcciones; y que se obtiene un ahorro energético, puesto que la temperatura del agua que circula por el sistema podrá ser inferior en calefacción y superior en refrigeración.

En cuanto a las aplicaciones que son más idóneas para este tipo de sistemas, podemos destacar viviendas unifamiliares, salas y pasillos de hoteles y hospitales e incluso locales de altura elevada como industrias, puesto que en estos locales los sistemas de calentamiento de aire provocan enormes consumos de energía.

Los elementos que componen este sistema son los siguientes:

- Tuberías: El material más utilizado es el polietileno reticulado, por él circulará el agua caliente o fría según el uso que se requiera en cada momento. A la hora de instalarlo hay muchas formas en las que se puede distribuir por el local, por lo que el recorrido de los tubos debe de variar según la morfología de dicha zona.

- Aislamientos: El material más habitual es de poliestireno expandido, y su función es la de evitar las pérdidas de calor hacia el exterior de nuestra zona. En nuestro caso, se ha dimensionado dicho aislamiento para evitar las pérdidas tanto para el caso de la ciudad de

Valencia como para la ciudad de Burgos, por lo que nos ha dado dos valores distintos de espesor de dicho aislamiento.

- Sistemas de fijación: Con el fin de sujetar el tubo sobre las placas de aislamiento, se suele utilizar el sistema de fijación con guías (tacos y tornillos) o fijación con grapas, aunque en ocasiones la fijación se hace con tetones que forman parte de las placas de aislante térmico.



Imagen 4.5.2: Instalación de sistema Suelo Radiante

- Distribuidor: Los diferentes circuitos formados por los tubos van unidos a dos colectores horizontales, un colector de ida y otro de retorno. A estos colectores se le acoplan distintos elementos como válvulas y detectores de regulación de caudal, purgadores automáticos de aire, termómetros, grifos de vaciado, etc. Estos conjuntos de distribución estarán conectados con la caldera mediante una red bitubular, semejante a las que alimentan un sistema de calefacción por radiadores.

- Mortero: Normalmente se echa un mortero de cemento sobre los tubos para evitar que se generen burbujas de aire que puedan llegar a causar daños en los tubos de poliuretano, de esta manera se mejora la distribución de calor por todo el local.

- Solado: En este caso, se recomienda utilizar elementos que no sean aislantes térmicos, puesto que de esta manera no dejaría pasar correctamente la calefacción o refrigeración hacia el local. Los materiales más utilizados suelen ser baldosas hidráulicas o como en nuestro caso cerámica.

A continuación se puede observar la composición que hemos utilizado para nuestro sistema de suelo radiante y para el techo radiante. Para no tener problemas en cuanto a diferencia de transferencias de calor por las superficies, hemos considerado la misma composición tanto para el suelo como para el techo de las zonas de nuestra vivienda unifamiliar. Normalmente la instalación del techo radiante es menos eficiente que la del suelo

puesto que no se embute en mortero, sino que se montan en una cámara de aire que es la que intercambia calor con el material de construcción.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		SueloRad	TechoRadInv
Source Present After Layer Number		2	2
Temperature Calculation Requested After Layer Number		2	2
Dimensions for the CTF Calculation		1	1
Tube Spacing	m	0.15	0.15
Outside Layer		FU entrevigado hormigon- Canto 350mm	Plaqueta o baldosa de gres (2.0cm)
Layer 2		AISLAMIENTO_SU ELO	Hormigon masa_SUelo
Layer 3		Hormigon masa_SUelo	AISLAMIENTO_SU ELO
Layer 4		Plaqueta o baldosa de gres (2.0cm)	FU entrevigado hormigon- Canto 350mm
Layer 5			
Layer 6			
Layer 7			
Layer 8			
Layer 9			
Layer 10			

Imagen 4.5.3: Composición del suelo y techo radiante utilizado

También podemos observar a continuación la composición de los nudos y circuitos de ida y de retorno de nuestro sistema de suelo y techo radiante. En la imagen se puede observar que para cada una de las 6 zonas se tiene un circuito de ida y otro de retorno pero tanto para calefacción como para refrigeración, por lo que cuando se demande calor, por ese circuito pasará agua caliente y cuando se demande frío, pasará agua fría.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		TERMRAD_P1_E2	TERMRAD_P2_E1	TERMRAD_P2_E2	TERMRAD_P2_E3	TERMRAD_P1_E1	TERMRAD_P1_E3
Availability Schedule Name		Always On	Always On	Always On	Always On	Always On	Always On
Zone Name		P1_E2	P2_E1	P2_E2	P2_E3	P1_E1	P1_E3
Surface Name or Radiant Surface Group Name		FDRJ_126	FDRJ_12C	FDRJ_130	FDRJ_134	FDRJ_125	FDRJ_127
Hydronic Tubing Inside Diameter	m	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
Hydronic Tubing Length	m	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Temperature Control Type		OperativeTemperature	OperativeTemperature	OperativeTemperature	OperativeTemperature	OperativeTemperature	OperativeTemperature
Heating Design Capacity Method		HeatingDesignCapacity	HeatingDesignCapacity	HeatingDesignCapacity	HeatingDesignCapacity	HeatingDesignCapacity	HeatingDesignCapacity
Heating Design Capacity	W	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Heating Design Capacity Per Floor Area	W/m2						
Fraction of Autosized Heating Design Capacity							
Maximum Hot Water Flow	m3/s	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Heating Water Inlet Node Name		P1_E2 Heating Coil HW Inlet	P2_E1 Heating Coil HW Inlet	P2_E2 Heating Coil HW Inlet	P2_E3 Heating Coil HW Inlet	P1_E1 Heating Coil HW Inlet	P1_E3 Heating Coil HW Inlet
Heating Water Outlet Node Name		P1_E2 Heating Coil HW Outlet	P2_E1 Heating Coil HW Outlet	P2_E2 Heating Coil HW Outlet	P2_E3 Heating Coil HW Outlet	P1_E1 Heating Coil HW Outlet	P1_E3 Heating Coil HW Outlet
Heating Control Throttling Range	delkC	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Heating Control Temperature Schedule Name		RADIANT HEATING SETPOINTS	RADIANT HEATING SETPOINTS	RADIANT HEATING SETPOINTS	RADIANT HEATING SETPOINTS	RADIANT HEATING SETPOINTS	RADIANT HEATING SETPOINTS
Cooling Design Capacity Method		CoolingDesignCapacity	CoolingDesignCapacity	CoolingDesignCapacity	CoolingDesignCapacity	CoolingDesignCapacity	CoolingDesignCapacity
Cooling Design Capacity	W	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Cooling Design Capacity Per Floor Area	W/m2						
Fraction of Autosized Cooling Design Capacity							
Maximum Cold Water Flow	m3/s	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Cooling Water Inlet Node Name		P1_E2 Cooling Coil CHW Inlet	P2_E1 Cooling Coil CHW Inlet	P2_E2 Cooling Coil CHW Inlet	P2_E3 Cooling Coil CHW Inlet	P1_E1 Cooling Coil CHW Inlet	P1_E3 Cooling Coil CHW Inlet
Cooling Water Outlet Node Name		P1_E2 Cooling Coil CHW Outlet	P2_E1 Cooling Coil CHW Outlet	P2_E2 Cooling Coil CHW Outlet	P2_E3 Cooling Coil CHW Outlet	P1_E1 Cooling Coil CHW Outlet	P1_E3 Cooling Coil CHW Outlet

Imagen 4.5.4: Composición de los nudos y circuitos de ida y retorno

Por otro lado, también hemos tenido en cuenta que se necesita tener un termostato que regule la temperatura de las zonas entre 20°C y 25°C durante todo el año.

Por tanto el sistema de calefacción se encenderá cuando la temperatura del local esté por debajo de 20°C y a su vez la temperatura ambiente esté por debajo de dicha temperatura,

ya que se perderá calor por las superficies del local hacia el exterior. Y parará cuando se llegue a la temperatura de 25°C.

Y el sistema de refrigeración se encenderá cuando la temperatura del local esté por encima de 25°C y a su vez la temperatura ambiente esté por encima de dicha temperatura, ya que se introducirá calor por las superficies del local hacia el interior. Y se parará cuando llegue a la temperatura de 20°C.

Field	Units	Obj9	Obj10
Name		RADIANT HEATING SETPOINTS	RADIANT COOLING SETPOINTS
Schedule Type Limits Name		TEMPERATURE	TEMPERATURE
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: Alldays	For: Alldays
Field 3	varies	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 4	varies	20	25
Field 5	varies		

Imagen 4.5.5: Datos del termostato

4.5.2. POTENCIAS OBTENIDAS

A continuación, comentaremos los datos obtenidos en cuanto a las potencias de los equipos a instalar para el Sistema Suelo Radiante, tanto para la ciudad de Valencia como para la ciudad de Burgos.

Para el dimensionado del sistema Suelo Radiante vamos a tener en cuenta la caldera y la enfriadora necesaria para el correcto funcionamiento de dicho sistema.

En primer lugar comentaremos las gráficas que hemos obtenido mediante la simulación del programa Energy Plus y posteriormente seleccionaremos los equipos necesarios de los catálogos de fabricantes. Por tanto, comenzaremos comentando los resultados obtenidos para Valencia, y posteriormente para Burgos.

CIUDAD VALENCIA

En primer lugar se observa en la imagen 4.5.6 la evolución de la potencia demandada por la caldera en el sistema de Suelo Radiante.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de Energy Plus, la demanda máxima será de 17.860 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 940W.

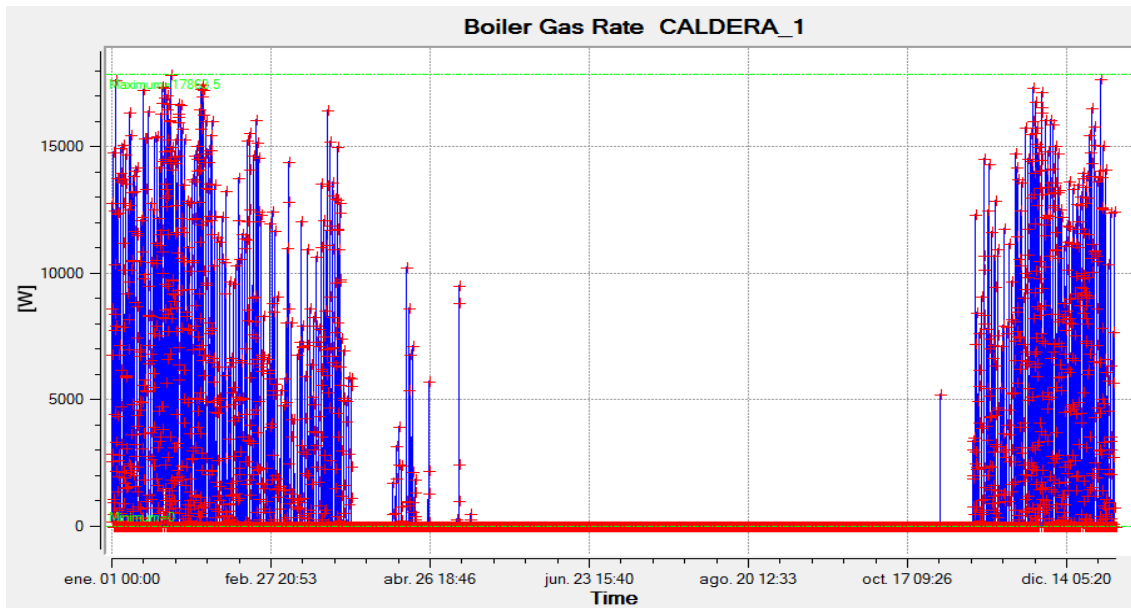


Imagen 4.5.6: Potencias anuales demandadas Caldera Sistema Suelo Radiante Valencia

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frio del sistema Suelo Radiante durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frio es nula.

Por tanto, la demanda de frio del sistema alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 23.480 W y una potencia media anual de 2.780 W.

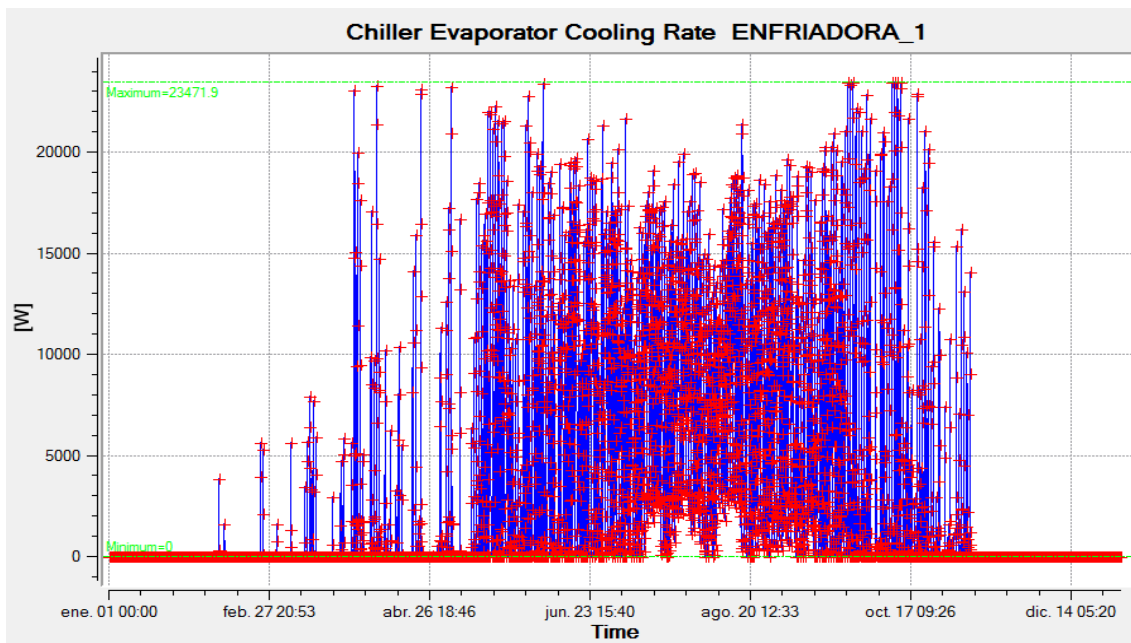


Imagen 4.5.7: Potencias anuales demandadas Frio Sistema Suelo Radiante Valencia

En último lugar, el programa Energy Plus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la enfriadora, ya que en la gráfica anterior hemos podido observar la demanda de potencia en forma de frío de la enfriadora.

En la imagen 4.5.8 se observa que en los meses de invierno la demanda es nula en la mayoría de días, y la demanda durante los meses de verano es elevada, pero varía mucho a lo largo del día.

Por tanto, estimando un EER de 3 para dicha enfriadora, la potencia eléctrica máxima sería de 6.396 W y una media anual de 711 W.

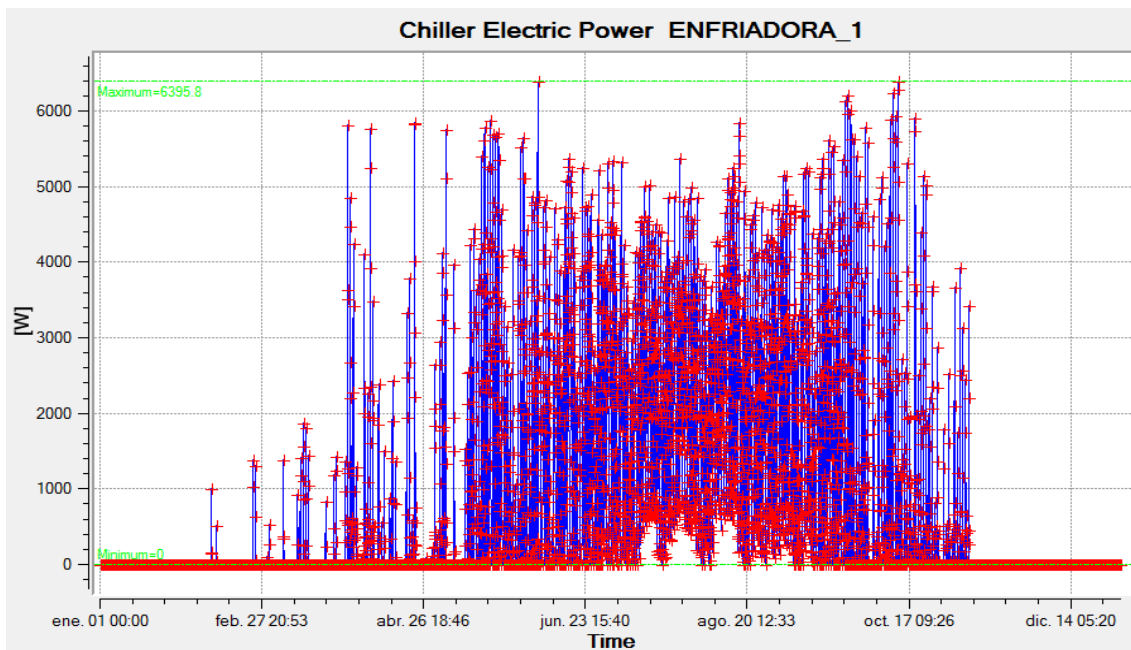


Imagen 4.5.8: Potencias anuales demandadas Electricidad Sistema Suelo Radiante Valencia

En la tabla 4.5.1 se puede observar la energía consumida por el Sistema Suelo Radiante para la ciudad de Valencia.

En primer lugar el consumo de gas natural por parte de la caldera ha sido de aproximadamente 9.900 kWh. Y en segundo lugar, el consumo de la enfriadora ha sido de aproximadamente de 6.200 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que no nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	9885.71
Cooling	6199.11	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	12032.70	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00
Pumps	76.61	0.00

Tabla 4.5.1: Energía consumida Sistema Suelo Radiante Valencia

CIUDAD BURGOS

En primer lugar se observa en la imagen 4.5.9 la evolución de la potencia demandada por la caldera en el sistema de Suelo Radiante.

Como era de esperar, durante los meses de verano su demanda es nula puesto que no se demanda calefacción en estos meses; y por el contrario, durante los demás se obtienen demandas importantes, aunque en la mayoría de días, su demanda únicamente se hará durante las horas del día en las que la temperatura disminuya de 20°C, es decir, de noche.

Por tanto, según los datos obtenidos de Energy Plus, la demanda máxima será de 15.800 W en algún momento puntual, y si hacemos la media anual, sería de 3.085 W.

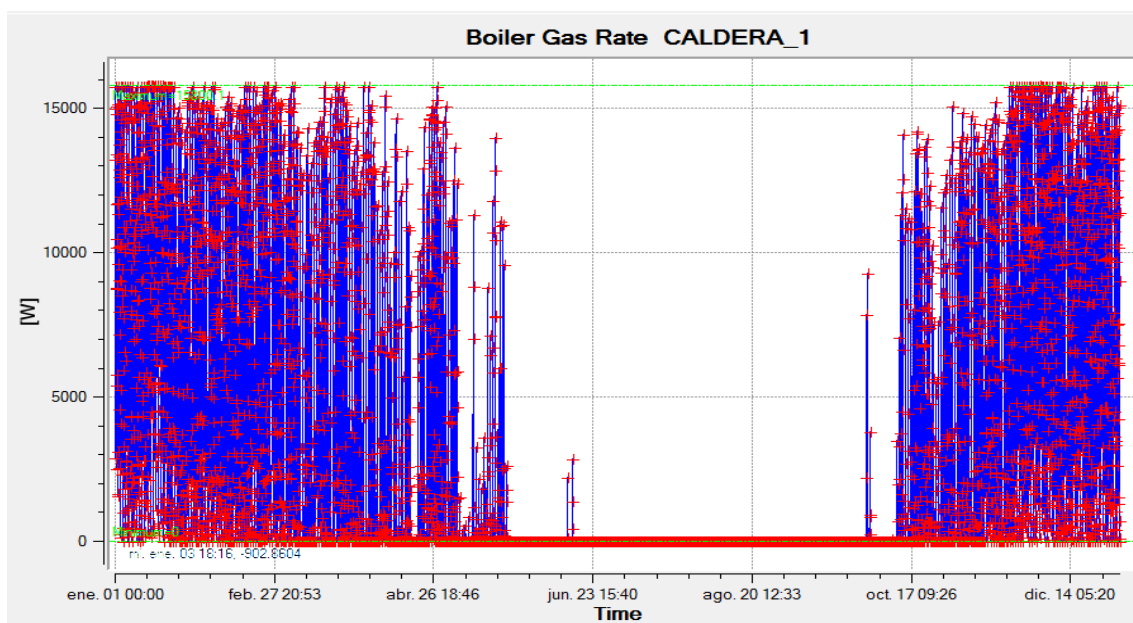


Imagen 4.5.9: Potencias anuales demandadas Caldera Sistema Suelo Radiante Burgos

Por otro lado, también se obtienen los resultados de la demanda de frío del sistema Suelo Radiante durante todo el año, en este caso la demanda será al contrario que para la caldera, ya que en los meses de invierno la demanda de frío es nula.

Por tanto, la demanda de frío del sistema alcanza el máximo durante el mes de agosto, siendo de 15.986 W y una potencia media anual de 1.172 W.

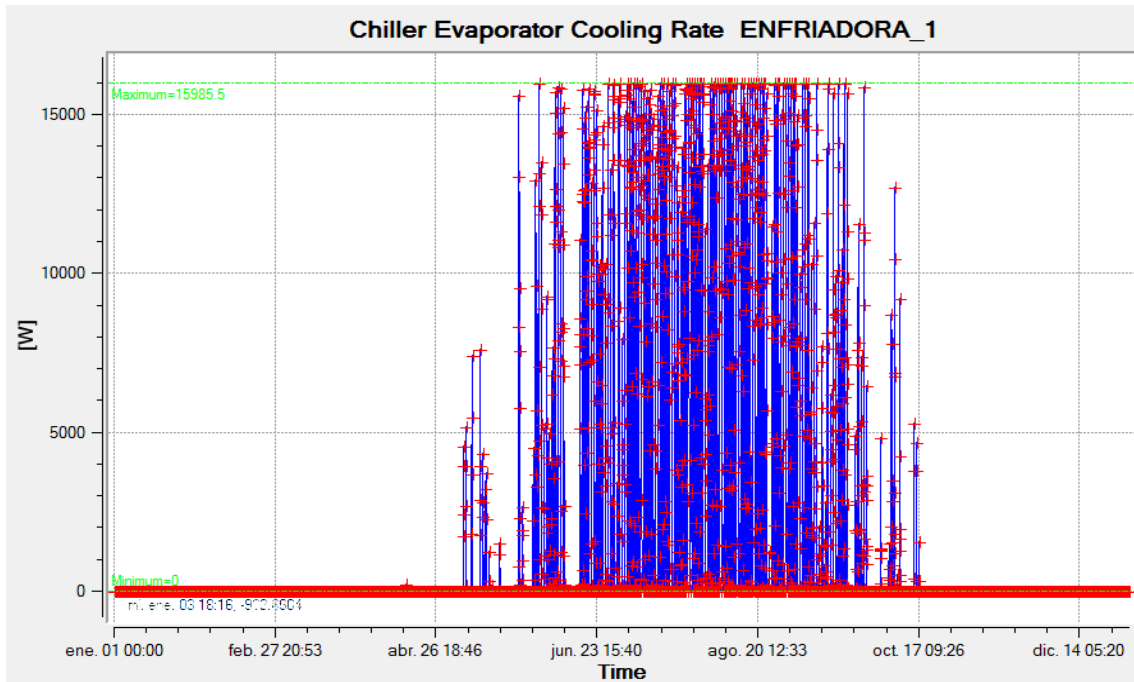


Imagen 4.5.10: Potencias anuales demandadas Frío Sistema Suelo Radiante Burgos

En último lugar, el programa Energy Plus nos da una estimación de la potencia eléctrica demandada por la enfriadora, ya que en la gráfica anterior hemos podido observar la demanda de potencia en forma de frío de la enfriadora.

En la imagen 4.5.11 se observa que en los meses de invierno la demanda es nula en la mayoría de días, y la demanda durante los meses de verano es elevada, pero varía mucho a lo largo del día.

Por tanto, estimando un EER de 3 para dicha enfriadora, la potencia eléctrica máxima sería de 5.018 W y una media anual de 295 W.

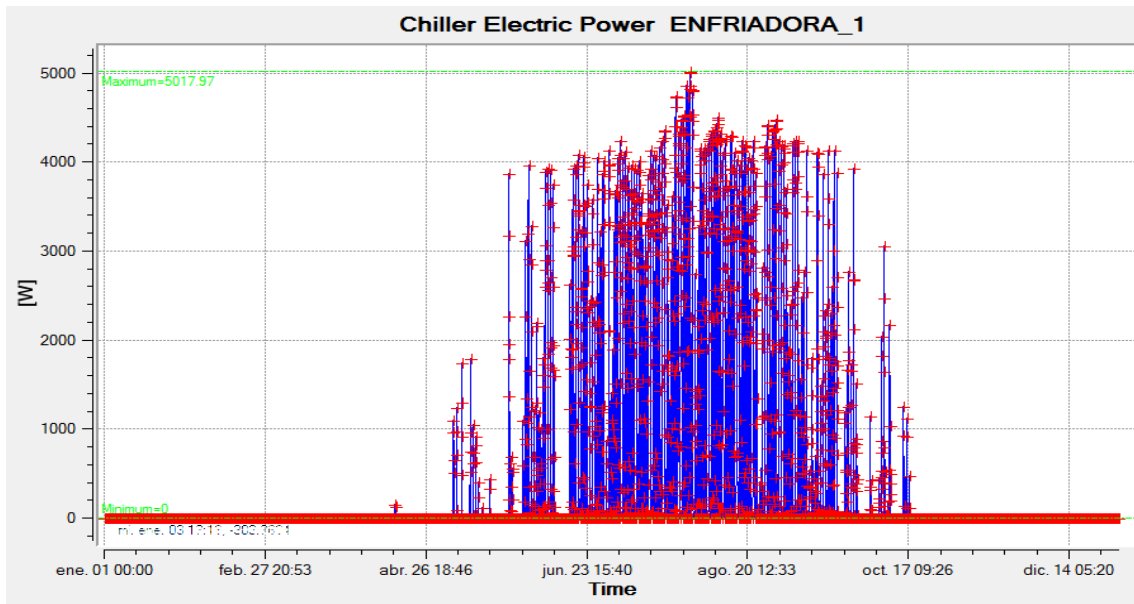


Imagen 4.5.11: Potencias anuales demandadas Electricidad Sistema Suelo Radiante Burgos

En la tabla 4.5.2 se puede observar la energía consumida por el Sistema Suelo Radiante para la ciudad de Burgos.

En primer lugar el consumo de gas natural por parte de la caldera ha sido de aproximadamente 27.000 kWh. Y en segundo lugar, el consumo de la enfriadora ha sido de aproximadamente de 3.200 kWh.

El resto de consumos son principalmente de equipos auxiliares y bombas, por lo que nos servirán de mucha utilidad para la elección de nuestros equipos.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	27019.99
Cooling	3210.30	0.00
Interior Lighting	9626.16	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	12032.70	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00
Pumps	24.68	0.00

Tabla 4.5.2: Energía consumida Sistema Suelo Radiante Burgos

RESUMEN POTENCIAS Y CONSUMOS SUELO RADIANTE

Analizando las potencias obtenidas por los equipos de la caldera y la enfriadora del sistema fan coil, podemos seleccionar los datos necesarios para la posterior selección de equipos.

En primer lugar, la demanda de calefacción en Burgos ha sido bastante mayor que en Valencia, y la demanda de refrigeración de Valencia ha sido más elevada que en Burgos. Esta conclusión la podíamos haber intuido antes de conocer el resultado, pero mediante los resultados obtenidos por Energy Plus, hemos conseguido los datos recogidos en la tabla 4.1.3 donde podemos seleccionar los valores necesarios en el dimensionado de la caldera y enfriadora.

SUELO RADIANTE	VALENCIA		BURGOS	
	MÁXIMA	MEDIA	MÁXIMA	MEDIA
Boiler Gas Rate	17860 W	940 W	15800 W	3085 W
Chiller Evaporator Cooling Rate	23480 W	2780 W	15986W	1172 W
Chiller Electric Power	6396 W	711 W	5018 W	295 W

Tabla 4.5.3: Potencias máximas y medias demandadas Sistema Suelo Radiante

Por tanto, la potencia necesaria de la caldera para la ciudad de Valencia será de 10,5 kW y para la ciudad de Burgos de 14,6 kW. En cuanto a la enfriadora, para la ciudad de Valencia la potencia necesaria sería de 5,5 kW y para la ciudad de Burgos de 3,4 kW.

En cuanto al consumo de energía anual de nuestro sistema, debemos de saber cuánta energía en forma de gas natural y en forma de energía eléctrica va a consumir nuestro sistema. Por lo que:

El consumo de gas natural por parte de la caldera será de 11.000 kWh para la ciudad de Valencia y de 36.000 kWh para la ciudad de Burgos. Y el consumo de energía eléctrica por parte de la enfriadora será de 10.200 kWh para la ciudad de Valencia y de 2.500 kWh para la ciudad de Burgos.

4.5.3. TEMPERATURAS MEDIAS Y OPERATIVAS

A continuación comentaremos los resultados que hemos obtenido en el programa Energy Plus sobre las temperaturas que se obtendrían en nuestro sistema Suelo Radiante instalando los equipos con las potencias obtenidas en la simulación y que se han comentado con anterioridad.

Las temperaturas medias del aire a las que nos referimos son aquellas a las que se encuentra el aire dentro de las zonas de nuestra vivienda unifamiliar, pero sin tener en cuenta la influencia de las paredes sobre el aire. Y por otro lado, las temperaturas operativas del aire son aquellas a las que se tiene en cuenta la convección y radiación que nos dan las superficies de las zonas de nuestra vivienda sobre el aire, comúnmente conocido como confort térmico.

En primer lugar comentaremos las temperaturas medias y operativas para la ciudad de Valencia y posteriormente las temperaturas para la ciudad de Burgos. Para cada uno de estos casos, se han analizado las temperaturas para una semana del mes de Enero y para una semana del mes de Agosto, con la finalidad de observar correctamente el funcionamiento a plena carga de la calefacción y de la refrigeración respectivamente.

CIUDAD VALENCIA

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema Suelo Radiante, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura que fluctúa entre 23,1°C durante el día y 19,6°C durante la noche; obteniendo una temperatura media de 21,0°C.

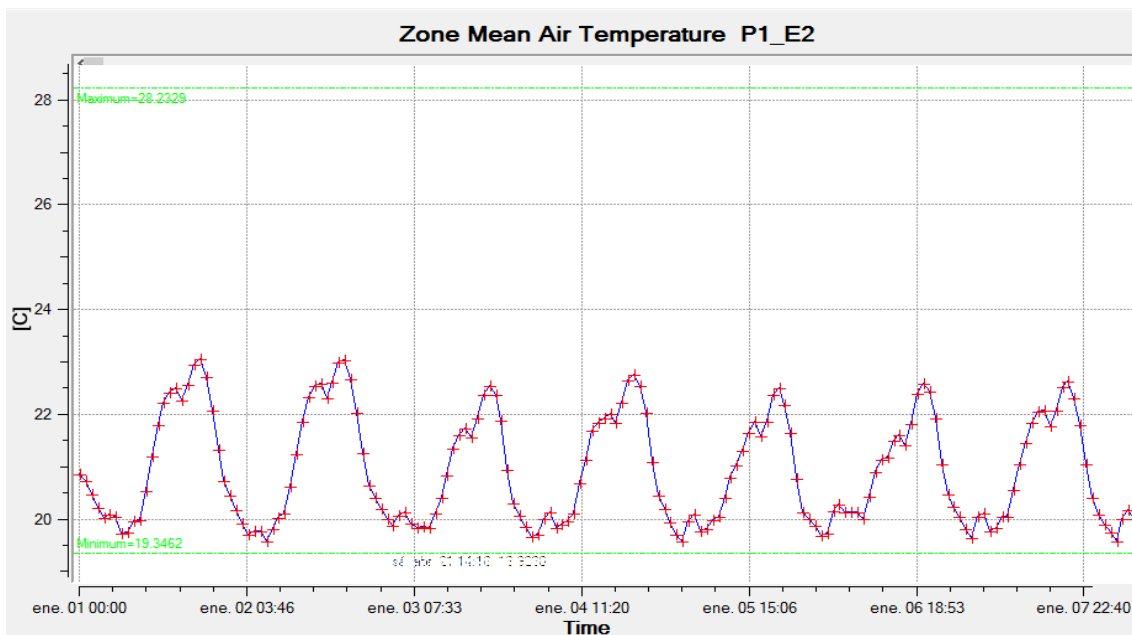


Imagen 4.5.12. Temperatura Media aire Sistema Suelo Radiante semana Enero Valencia

Como se puede observar en la imagen 4.5.13 la temperatura operativa del aire también fluctúa a lo largo del día, entre 22,8°C durante el día y 20,1°C durante la noche; obteniendo una temperatura media de confort térmico de 21,2°C.

El hecho de que la temperatura no se consiga mantener constante es debido a que este tipo de sistema tiene una inercia térmica muy alta, por lo que al apagar o encender el equipo, tarda cierto tiempo en alcanzar la temperatura de consigna.

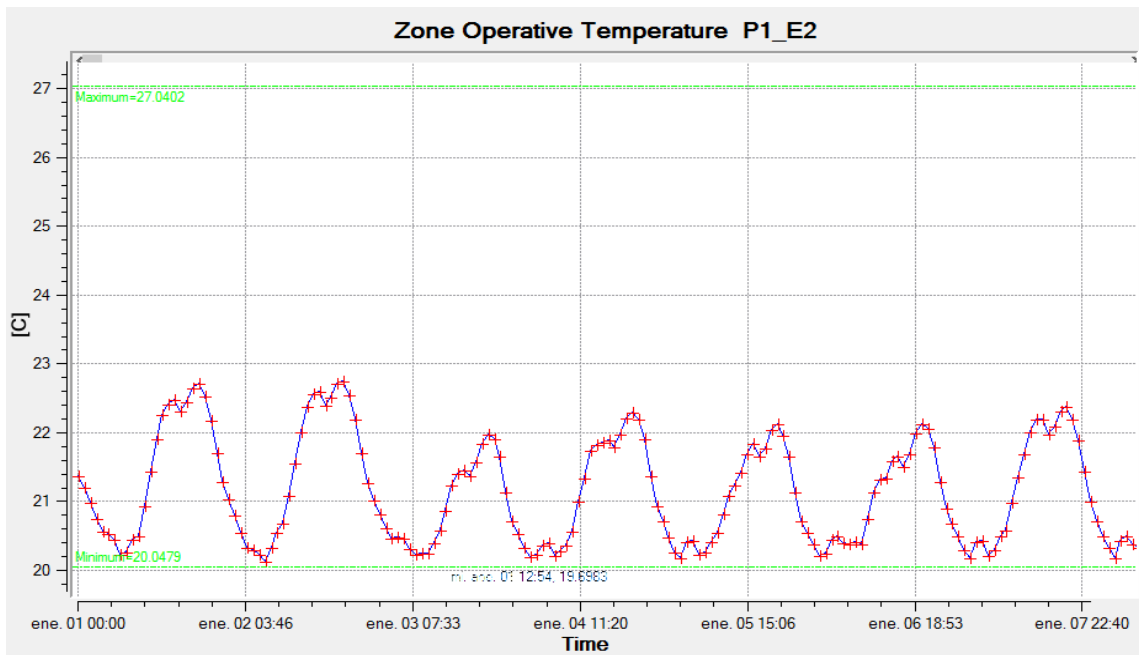


Imagen 4.5.13: Temperatura Operativa aire Sistema Suelo Radiante semana Enero Valencia

Ahora para la semana del mes de Agosto, podemos observar que nuestro sistema intenta de mantener la temperatura media del aire en 25°C, pero fluctúa a lo largo de todo el día entre 26,6°C y 23,9°C, obteniendo una media de 25,1°C.

El hecho de que la temperatura no se consiga mantener constante es debido a que este tipo de sistema tiene una inercia térmica muy alta, por lo que al apagar o encender el equipo, tarda cierto tiempo en alcanzar la temperatura de consigna.

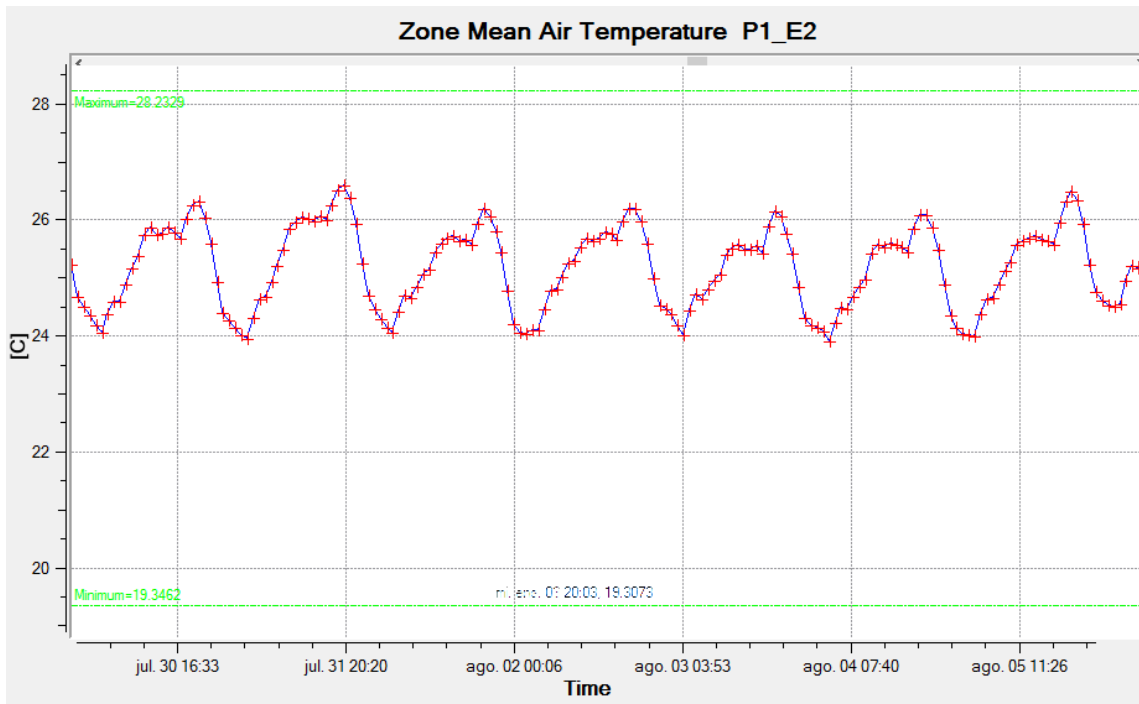


Imagen 4.5.14: Temperatura Media aire Sistema Suelo Radiante semana Agosto Valencia

Por último, podemos observar en la imagen 4.5.15 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano. Dicha temperatura se encuentra oscilando a lo largo del día entre los 25,4°C y los 23,7°C, obteniendo una temperatura de confort de 24,6°C.

Los picos que nos encontramos en dicha imagen corresponden con los momentos en los que la temperatura de confort térmico son más elevadas, sería en torno a las 17:00h del día. Y los valles corresponderían con los momentos de menor temperatura, sobre las 7:00h del día.

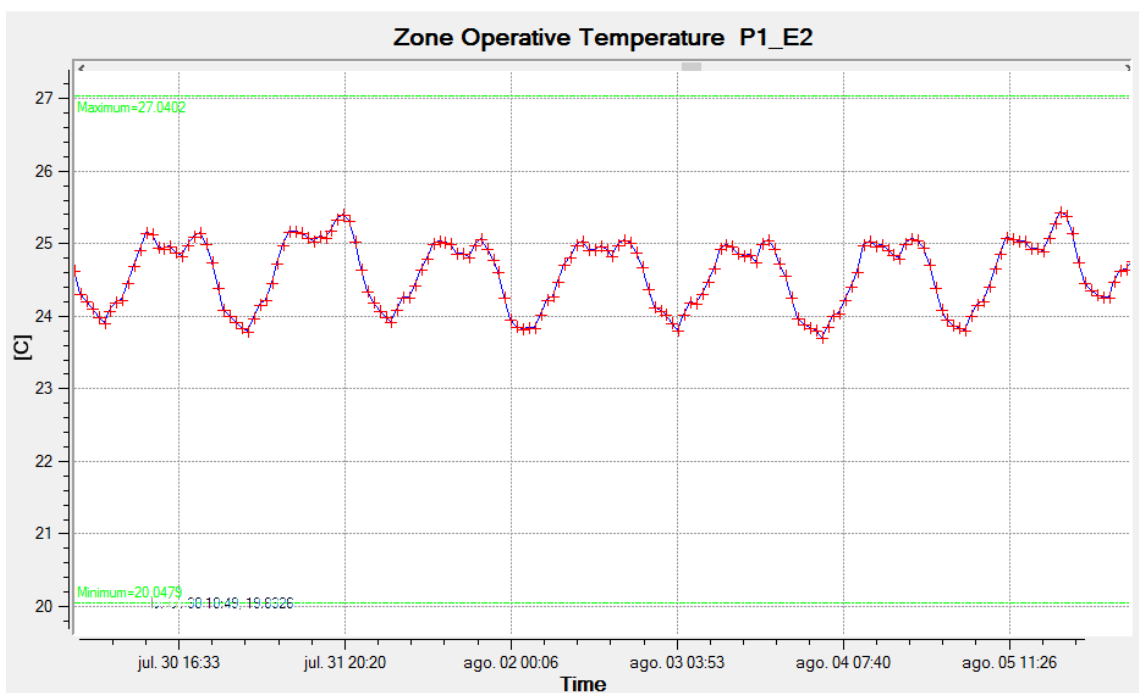


Imagen 4.5.15: Temperatura Operativa aire Sistema Suelo Radiante semana Agosto Valencia

CIUDAD BURGOS

En cuanto a la temperatura media del aire que se ha obtenido para la semana del mes de enero con el sistema Suelo Radiante, cabe destacar que se consigue mantener una temperatura que fluctúa entre 20,7°C durante el día y 19,3°C durante la noche; obteniendo una temperatura media de 19,8°C.

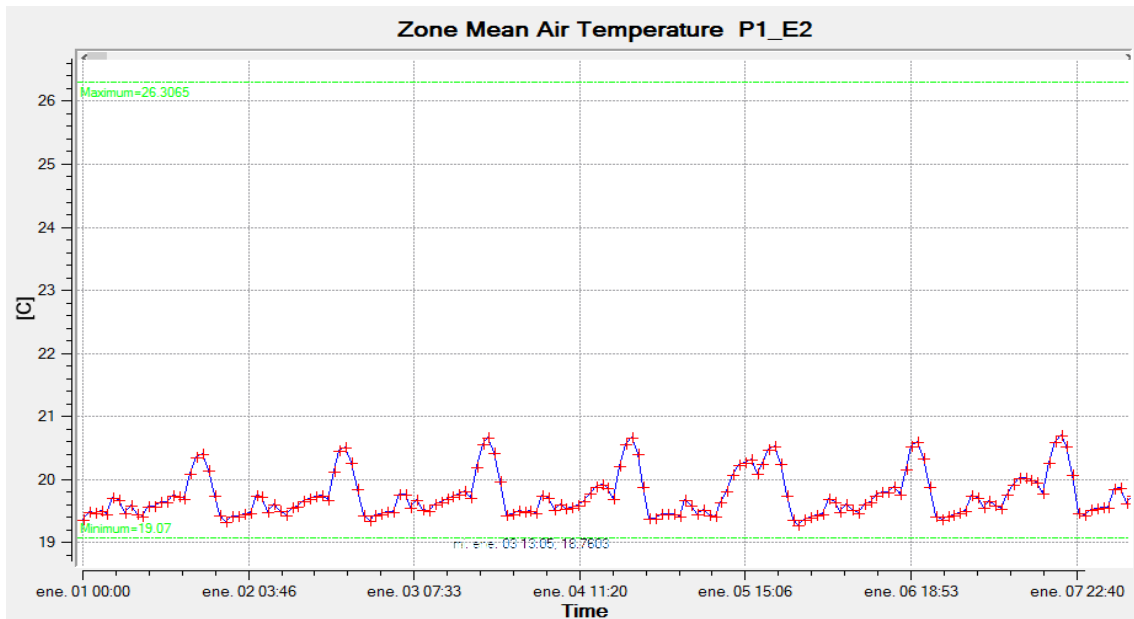


Imagen 4.5.16: Temperatura Media aire Sistema Suelo Radiante semana Enero Burgos

Como se puede observar en la imagen 4.5.17 la temperatura operativa del aire también fluctúa a lo largo del día, entre 20,7°C durante el día y 20,3°C durante la noche; obteniendo una temperatura media de confort térmico de 20,0°C.

El hecho de que la temperatura no se consiga mantener constante es debido a que este tipo de sistema tiene una inercia térmica muy alta, por lo que al apagar o encender el equipo, tarda cierto tiempo en alcanzar la temperatura de consigna.

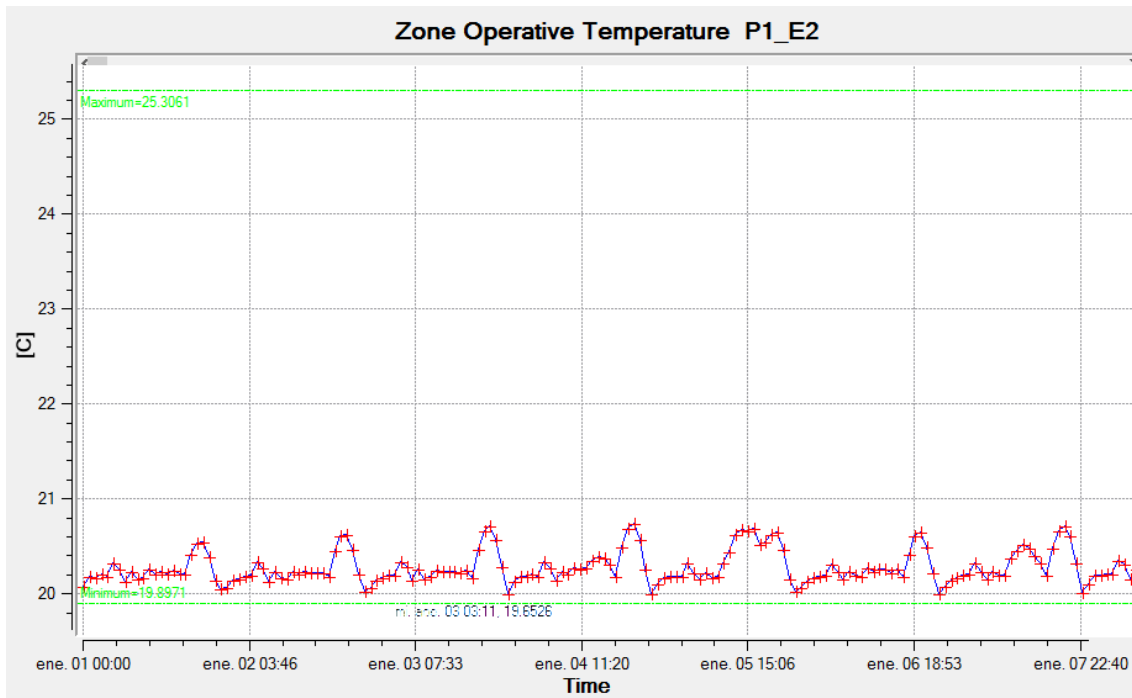


Imagen 4.5.17: Temperatura Operativa aire Sistema Suelo Radiante semana Enero Burgos

Ahora para la semana del mes de Agosto, podemos observar que nuestro sistema intenta de mantener la temperatura media del aire en 25°C, pero fluctúa a lo largo de todo el día entre 26,1°C y 21,9°C, obteniendo una media de 24,6°C.

El hecho de que la temperatura no se consiga mantener constante es debido a que este tipo de sistema tiene una inercia térmica muy alta, por lo que al apagar o encender el equipo, tarda cierto tiempo en alcanzar la temperatura de consigna.

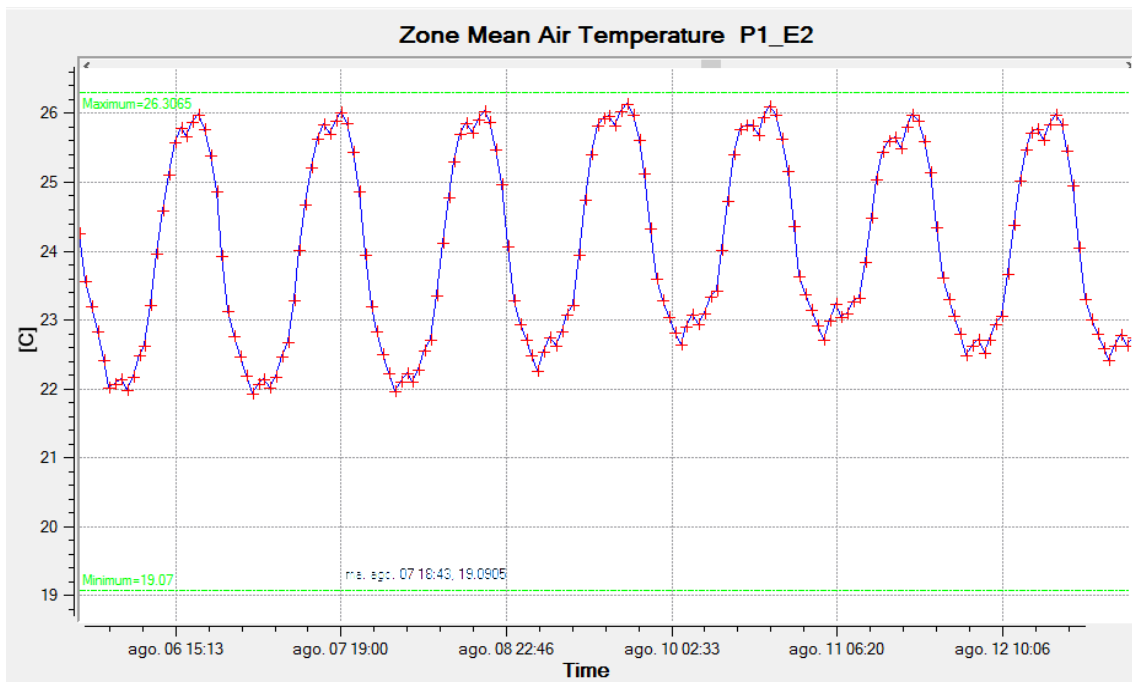


Imagen 4.5.18: Temperatura Media aire Sistema Suelo Radiante semana Agosto Burgos

Por último, podemos observar en la imagen 4.5.19 la temperatura operativa del aire durante una semana de verano. Dicha temperatura se encuentra oscilando a lo largo del día entre los 25,2°C y los 22,3°C, obteniendo una temperatura de confort de 23,9°C.

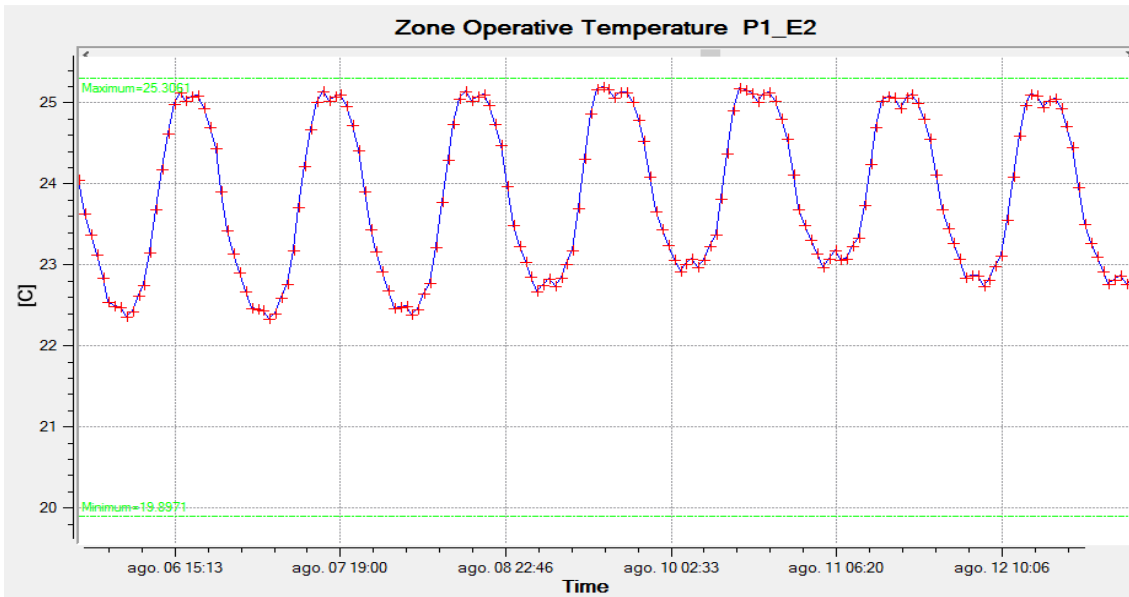


Imagen 4.5.19: Temperatura Operativa aire Sistema Suelo Radiante semana Agosto Burgos

5. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LOS SISTEMAS Y CONCLUSIONES

Por último vamos a hacer un repaso de todos los resultados obtenidos mediante las simulaciones de Energy Plus, vamos a comentar los aspectos más importantes de cada uno de los sistemas y seleccionaremos los equipos necesarios de catálogos de fabricantes para cada uno de los sistemas.

En primer lugar comentaremos los aspectos más relevantes de las temperaturas medias y operativas de cada uno de los escenarios, posteriormente las energías consumidas por cada uno de ellos; y por último las potencias obtenidas con las que seleccionaremos los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de los sistemas.

En la Tabla 5.1 se pueden observar las temperaturas medias obtenidas para cada uno de los sistemas. Anteriormente ya las hemos comentado, pero vamos a analizar los hechos más relevantes.

En cuanto a la simulación que hemos realizado para la semana del mes de enero, es decir, para la demanda de calefacción, se observa que para todos ellos se consigue alcanzar una media de la temperatura del aire de 20°C a excepción del sistema VRV en la ciudad de Burgos. Para dicho sistema, se puede concluir que no funciona correctamente para las condiciones ambientales de Burgos, por lo que no se optaría por su instalación en la vivienda. Destacando que los resultados obtenidos para la ciudad de Valencia han sido muy parecidos a los de Burgos.

Lo que se refiere a la semana del mes de agosto, para la demanda de refrigeración, concluimos que para todos los sistemas se ha comportado correctamente, destacando que los comportamientos para la ciudad de Burgos han sido ligeramente mejores que para Valencia, debido a sus condiciones ambientales.

		TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE (°C)					
SISTEMA	CIUDAD	ENERO			AGOSTO		
		MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
FAN COIL	VALENCIA	20,0	20,0	20,0	25,8	25,0	25,1
	BURGOS	20,0	20,0	20,0	25,0	22,1	24,1
PTAC	VALENCIA	20,5	20,0	20,0	25,9	25,0	25,1
	BURGOS	20,0	20,0	20,0	25,6	24,7	25,0
PTHP	VALENCIA	20,5	20,0	20,0	25,0	25,0	25,0
	BURGOS	20,0	20,0	20,0	25,0	24,1	24,9
VRV	VALENCIA	20,5	19,6	20,0	25,6	25,0	25,0
	BURGOS	19,7	13,6	16,5	25,4	24,1	24,9
SUELO RADIANTE	VALENCIA	23,1	19,6	21,0	26,6	23,9	25,2
	BURGOS	20,7	19,3	19,8	26,1	21,9	24,1

Tabla 5.1: Resumen Temperaturas Medias del Aire

Por otro lado, en la Tabla 5.2 podemos observar las temperaturas operativas obtenidas en las simulaciones; cabe destacar que en estos resultados se pueden observar mayores diferencias.

La temperatura operativa es aquella que nos da una estimación de la sensación de confort que tendrán los ocupantes del local, por lo que es mejor indicador de la calidad del aire de la vivienda.

Para la semana del mes de enero cabe destacar que el mejor comportamiento lo tiene el sistema suelo radiante, tanto para Valencia como para Burgos, ya que en el resto de sistemas no se llega a alcanzar la temperatura media de 20°C.

Para el resto de sistemas se tiene un comportamiento muy bueno en cuanto a los niveles de temperatura, tomando valores muy cercanos a 20°C, a excepción del sistema VRV para Burgos, que como hemos comentado con anterioridad, no funciona correctamente a esas temperaturas.

En cuanto a los resultados de las simulaciones para la semana del mes de agosto, cabe destacar el comportamiento del sistema suelo radiante. Este sistema es el único que consigue una temperatura operativa media por debajo de los 25°C, esto es debido a la gran inercia térmica del sistema; puesto que este sistema es capaz de mantener la temperatura de las superficies de las zonas a una temperatura muy cercana a la de consigna durante mayor longitud de tiempo, por lo que su sensación de confort es elevada.

Para el resto de sistemas en la demanda de refrigeración, se observa que la media de temperaturas operativas están en torno a 26°C, con una desviación de temperaturas entre la mínima y la máxima muy elevadas. Por lo que tienen un comportamiento correcto, pero peor que el suelo radiante.

		TEMPERATURA OPERATIVA (°C)					
SISTEMA	CIUDAD	ENERO			AGOSTO		
		MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
FAN COIL	VALENCIA	19,8	19,2	19,5	27,6	25,7	26,4
	BURGOS	19,0	18,7	18,8	26,1	23,1	24,9
PTAC	VALENCIA	20,0	19,2	19,5	26,7	25,4	26,0
	BURGOS	19,2	18,4	18,7	27,2	25,2	26,2
PTHP	VALENCIA	20,0	19,2	19,5	26,7	25,4	26,0
	BURGOS	19,0	18,7	18,9	26,5	24,6	25,7
VRV	VALENCIA	19,9	19,2	19,5	26,7	25,5	26,0
	BURGOS	18,1	14,2	16,0	26,5	24,6	25,6
SUELO RADIANTE	VALENCIA	22,8	20,1	21,2	25,4	23,7	24,6
	BURGOS	20,7	20,0	20,3	25,2	22,3	23,9

Tabla 5.2: Resumen Temperaturas Operativas del Aire

A continuación vamos a comentar los consumos energéticos de cada uno de los sistemas analizados. En la tabla 5.3 se pueden visualizar los resultados que se han obtenido mediante las simulaciones.

En primer lugar debemos de tener en cuenta que hay sistemas que utilizan como fuente de energía la electricidad y el gas natural, como es el caso del fan coil, PTAC y suelo radiante; y otros sistemas que únicamente utilizan electricidad, que son el PTHP y el VRV.

Para los tres sistemas que utilizan ambas energías se obtiene el mismo resultado en cuanto a la proporción de consumo, es decir, el mayor consumo de electricidad corresponde a la ciudad de Valencia, y por el contrario, el mayor consumo de gas natural corresponde con la ciudad de Burgos. Esto es debido a que el gas natural es utilizado para cubrir la demanda de calefacción por parte de la caldera, y la electricidad, es para cubrir la demanda de refrigeración. Por tanto se observa que dependiendo de las condiciones atmosféricas, se demanda más un tipo de energía u otro.

De estos tres sistemas, el que consume menor energía es el PTAC, seguido del suelo radiante y posteriormente el fan coil; aunque la diferencia entre los tres es mínima.

Por otro lado tenemos los sistemas que únicamente funcionan con electricidad, estos son el PTHP y el VRV; el consumo de electricidad para la ciudad de Burgos en ambos sistemas es muy elevado, por lo que podemos decir, que cubrir la demanda de calefacción con electricidad no será el método más acertado. Pero también hay que tener en cuenta, que eligiendo uno de estos dos sistemas, se podría conseguir una vivienda con únicamente consumo de electricidad como fuente de energía.

También debemos analizar los resultados obtenidos entre el sistema PTAC y el PTHP, puesto que el método de funcionamiento es muy parecido, solo que la demanda de calefacción en el sistema PTAC se realiza mediante aporte de agua caliente por parte de la caldera, y en el otro sistema se realiza por electricidad; por lo que para la ciudad de Valencia

parece ser que el consumo energético del sistema PTHP sería más conveniente, mientras que para la ciudad de Burgos, es más conveniente el sistema PTAC con aporte de agua caliente por parte de la caldera.

SISTEMA	CIUDAD	ELECTRICIDAD (kWh)	GAS NATURAL (kWh)
FAN COIL	VALENCIA	11.000	10.200
	BURGOS	2.500	36.000
PTAC	VALENCIA	6.900	3.500
	BURGOS	2.000	26.000
PTHP	VALENCIA	9.500	0
	BURGOS	19.200	0
VRV	VALENCIA	6.500	0
	BURGOS	9.600	0
SUELO RADIANTE	VALENCIA	6.200	9.900
	BURGOS	3.300	27.000

Tabla 5.3: Resumen Energía consumida por los equipos

Por último, en la Tabla 5.4 se tiene un resumen de las demandas de potencia necesarias en cada uno de los sistemas estudiados tanto para la ciudad de Valencia como para la ciudad de Burgos.

Cabe destacar que para los sistemas que necesitan aporte de calor mediante gas natural, se necesitará como equipo una caldera, mientras que para los sistemas que consiguen su aporte mediante electricidad, únicamente necesitan una consola o aparato de climatización para su aplicación.

En los sistemas que funcionan mediante caldera, la demanda de calefacción con respecto de refrigeración es del orden de 2 a 3 veces superior, esto indica el COP del sistema, por lo que a la hora de seleccionar equipos habrá que tener estos factores en cuenta.

SISTEMA	EQUIPO	VALENCIA	BURGOS
FAN COIL UNIT	CALDERA	10,5 kW	14,6 kW
	ENFRIADORA	5,5 kW	3,5 kW
PTAC	CALDERA	8,7 kW	14,2 kW
	ENFRIADORA	7,2 kW	4,2 kW
PTHP	CONSOLA	6,9 kW	12,9 kW
VRV	CONSOLA CALOR	3,1 kW	2,6 kW
	CONSOLA FRIO	4,4 kW	2,8 kW
SUELO RADIANTE	CALDERA	18 kW	15,8 kW
	ENFRIADORA	6,4 kW	5 kW

Tabla 5.4: Potencia demandada por los diferentes equipos

A continuación seleccionaremos los equipos necesarios para cada uno de los sistemas mediante catálogos de fabricantes.

En cuanto al sistema fan coil, necesitamos instalar un equipo que nos proporcione al menos 10,5 kW de calefacción para la ciudad de Valencia y 14,6 kW en el caso de la ciudad de Burgos.

En la imagen 5.1 podemos observar los equipos seleccionados tanto para la ciudad de Valencia como para Burgos; como la demanda de calefacción de Burgos era mayor, se ha escogido para este caso un equipo de mayor potencia. Para ambos casos se cumple el requisito de la refrigeración.

					VALENCIA	BURGOS			
UNID. DE TECHO SIN ENVOLVENTE CON ALTA PRESIÓN DISPONIBLE (2 TUBOS / 4 TUBOS)			FWD04	FWD06	FWD08	FWD10	FWD12	FWD16	FWD18
Capacidad (2 tubos) (A)	Total Refrig.	kW	3,83	5,78	7,64	8,48	11,82	16,98	18,78
	Sensible Refrig.	kW	3,01	4,32	6,34	6,83	9,26	13,26	14,49
	Calefacción	kW	4,89	7,42	9,47	10,65	14,68	20,90	22,91
Consumo Total (A)		W	177	274	315	325	530	991	1.001
Presión estática disponible		Pa	75	75	75	75	100	100	100
Caudal de aire (Alto)			777	1.133	1.548	1.516	2.171	3.133	3.101
Dimensiones	Al.xAn.xF.	mm	280/754/558	280/964/558	280/1.174/558	280/1.174/558	353/1.174/718	353/1.384/718	353/1.384/718
Peso		kg	33,0	41,0	47,0	49,0	65,0	77,0	88,0
Nivel potencia sonora (A/B)		dB(A)	66/54	69/60,3	72/62	72/62	74/60	78/69,4	78/69,4

Imagen 5.1: Catálogo Daikin, equipos fan coil seleccionados

A continuación seleccionaremos el equipo necesario para el sistema PTAC según los resultados obtenidos en las simulaciones de EnergyPlus.

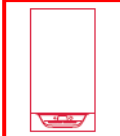
Para este sistema, la potencia demandada de calefacción es de 8,7 kW para la ciudad de Valencia y de 14,2 kW para la ciudad de Burgos; y en cuanto a la potencia demandada de refrigeración es de 7,2 kW para Valencia y 4,2 kW para Burgos. Por tanto, los equipos seleccionados son los de la imagen 5.2 y 5.3.

Se observa que el equipo seleccionado para Valencia se ajusta bastante bien a la demanda, pero el equipo seleccionado para Burgos tiene una potencia de frío muy superior a la que necesita el sistema, por lo que no tendrá problemas en los meses de verano.

					VALENCIA	BURGOS			
50YZ (40BZ/38BZ)			024	036	042	048	060	072	084
Capacidad frigorífica nominal		kW	6,20	8,90	10,10	11,56	14,34	19,10	22,20
Capacidad calorífica nominal		kW	6,52	9,50	11,30	12,50	16,84	21,80	25,00
Peso									
50YZ Bomba de calor compacta		Kg	170	196	214	244	270	332	385
40BZ Unidad Interior		Kg	58	63	71	76	87	116	120
38BZ Unidad Exterior		Kg	112	133	143	168	183	216	265
Compresor	Uno, Hermético alternativo, monofásico o trifásico según modelos								
Refrigerante	R-407C								
Batería evaporadora (40BZ)	Tubos de cobre, aletas de aluminio pretratados								
Ventilador evaporadora (40BZ)	Uno, centrífugo								
Caudal de aire nominal interior (40BZ)		l/s	400	565	670	670	950	1.320	1.365
Presión disponible		Pa	40	50	50	50	80	110	110

Imagen 5.2: Catálogo Carrier, equipos PTAC seleccionados

En cuanto a la demanda de calor, necesitamos aporte de agua caliente mediante una caldera doméstica, por lo que la seleccionada para ambas localizaciones es la siguiente.



ISOMAX Condens

	Ud	35
Referencia	GN	0010019551
	GP	0010019552
Tipo de gas		I12H3P
Caudal de gas a Pmax. (G20)	m³/h	3,683
Calefacción		
Potencia útil (50/30 °C)	kW	5,4 - 32
Potencia útil (80/60 °C)	kW	4,8 - 29,3
Rendimiento s/PCI (50/30 °C) G20	%	106,8
Rendimiento s/PCI (80/60 °C) G20	%	97,9
Temperatura	°C	10 / 80
Máxima presión de trabajo	MPa/bar	0,3 / 3
Caudal de condensados a Pmax	l/h	3,10
Capacidad del vaso de expansión	L	12
Agua caliente sanitaria		
Potencia útil	kW	5 - 34,8
Ajuste de temperatura	°C	45 - 65
Caudal mínimo	L/min.	0,1
Caudal específico EN 13.203 (ΔT 25 °C)	L/min.	27,6
Máxima presión de agua admisible	MPa/bar	1 / 10
Volumen del acumulador de ACS	L	42

Imagen 5.3: Catálogo Saunier Duval, caldera PTAC seleccionada

A continuación seleccionaremos el equipo necesario para el sistema PTHP según los resultados obtenidos en las simulaciones de EnergyPlus.

Para este sistema, la potencia demandada de climatización es de 6,9 kW para la ciudad de Valencia y de 12,9 kW para la ciudad de Burgos. Por tanto, los equipos seleccionados son los de la imagen 5.4 para la ciudad de Valencia y de la imagen 5.5 para la ciudad de Burgos.

							VALENCIA	
CONJUNTO SPLIT DE PARED SERIE KV			TX20KV	TX25KV	TX35KV	TX50KV	TX60KV	TX71KV
Capacidad	Refrigeración	(Mín.-Máx) W kcal	1.300-2.000-2.600 1.118-1.720-2.236	1.300-2.500-3.000 1.118-2.150-2.580	1.300-3.500-4.000 1.204-3.010-3.440	1.700-5.000-6.000 1.462-4.300-5.160	1.700-6.000-7.000 1.462-5.160-6.020	2.300-7.100-8.500 1.978-6.106-7.310
	Calefacción	(Mín.-Máx) W kcal	1.300-2.500-3.500 1.118-2.150-3.010	1.300-3.000-4.000 1.118-2.580-3.440	1.300-4.000-4.800 1.118-3.440-4.128	1.700-6.000-7.000 1.462-5.160-6.020	1.700-7.000-8.000 1.462-6.020-6.880	2.300-8.200-10.200 1.978-7.052-8.772
Consumo	Refrigeración	Nominal W	500	740	1.070	1.400	1.640	2.350
	Calefacción		520	690	1.000	1.580	1.930	2.550
Conexiones	Líquido	mm	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")	ø 6,4 (1/4")
	Gas	mm	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")	ø 12,7 (1/2")	ø 12,7 (1/2")	ø 15,9 (5/8")
Alimentación eléctrica			I/220V	I/220V	I/220V	I/220V	I/220V	I/220V
Nº hilos de Interconexión			3 + T	3 + T	3 + T	3 + T	3 + T	3 + T
EER / COP	Refrig. / Calif.		3,98 / 4,77	3,78 / 4,36	3,43 / 4,02	3,58 / 3,80	3,65 / 3,63	3,02 / 3,22
Etiqu. efec. energ.	Refrig. / Calif.		A / A	A / A	A / A	A / A	A / A	B / C
SEER / SCOP	Refrigeración / Calefacción		6,66 / 4,64	6,55 / 4,61	6,42 / 4,64	6,59 / 4,10	6,76 / 4,10	5,28 / 3,81
Etiqu. efec. estac.	Refrigeración / Calefacción		A++ / A++	A++ / A++	A++ / A++	A++ / A+	A++ / A+	A / A
Carga de diseño (Pdésig)	Refrigeración	kW	2,00	2,50	3,50	5,48	6,23	7,10
	Calefacción (-10°C)		2,20	2,40	2,80	4,60	4,80	6,20
Consumo energía anual estacional	Refrigeración	kWh	105	134	191	291	323	471
	Calefacción		664	729	845	1.571	1.639	2.276

Imagen 5.4: Catálogo Daikin, equipo PTHP seleccionado para Valencia

UNIDADES EXTERIORES MINI-VRVIII				BURGOS		
				RXYSQ4P8	RXYSQ5P8	RXYSQ6P8
Capacidad nominal	Refrigeración Calefacción	Nominal	W	11.200 12.500	14.000 16.000	15.500 18.000
Consumo	Refrigeración Calefacción	Nominal	W	2.810 2.740	3.510 3.860	4.530 4.570
EER / COP				3,99 / 4,56	3,99 / 4,15	3,42 / 3,94
Etiqueta de eficiencia energética				A / A	A / A	A / A
Nº máx. de unid. interiores conectables			nº	8	9	9
Índice de capacidad de unid. interiores conectables mín./ nom./ máx.				50 / 100 / 130	62,5 / 125 / 162,5	70 / 140 / 182
Alimentación eléctrica				V	1 / 220V	1 / 220V
Conexiones	Líquido			mm	ø 9,5 (3/8")	ø 9,5 (3/8")
	Gas			mm	ø 15,9 (5/8")	ø 19,1 (3/4")
Refrigerante				R-410A	R-410A	R-410A
Caudal de aire	Refrigeración	Nominal	m³/min	106	106	106
	Calefacción			102	105	105
				SCROLL	SCROLL	SCROLL
Compresor	Tipo			SCROLL	SCROLL	SCROLL
	Cantidad			1	1	1
Etapas de capacidad				31	31	31

Imagen 5.5: Catálogo Daikin, equipo PTHP seleccionado para Burgos

A continuación seleccionaremos el equipo necesario para el sistema VRV según los resultados obtenidos en las simulaciones de EnergyPlus.

Para este sistema, la potencia demandada de calefacción es de 3,1 kW para la ciudad de Valencia y de 2,6 kW para la ciudad de Burgos; y en cuanto a la potencia demandada de refrigeración es de 4,4 kW para Valencia y 2,8 kW para Burgos. Por tanto, los equipos seleccionados son los de la imagen 5.6

		BURGOS		VALENCIA				
Unidades externas	MVAS	1200S	1400S	1600S	1600T	2240T	2500T	2800T
Potencia frigorífica (nominal)	kW	12,1	14	16	16	22,4	28	28
Potencia total consumida (nominal)	kW	3,05	3,98	4,85	4,85	6,7	7,4	8,3
Corriente absorbida (nominal)	A	15	19,2	23,4	7,6	13	13,5	14,6
EER	W/W	3,97	3,52	3,30	3,30	3,34	3,38	3,37
Potencia térmica (nominal)	kW	14	16,5	18,5	18,5	25	28	30
Potencia absorbida (nominal)	kW	3,27	3,99	4,67	4,67	6,54	7,35	8,15
Corriente absorbida (nominal)	A	15,8	19,3	23	7,8	12,7	12,9	14,1
COP	W/W	4,28	4,14	3,96	3,96	3,82	3,81	3,68
Compresores	DC Inverter	1	1	1	1	2	2	2
Carga de gas	kg	5	5	5	5	7,2	7,6	7,6
Caudal de aire	m³/h	6000	6300	6600	6600	9000	9000	9000
Longitud máx. líneas (equivalente)	m	150	150	150	120	120	120	120
Ventiladores	nº	2	2	2	2	2	2	2
♪ Presión sonora	dB (A)	55	56		58	60	61	61
Conexiones frigoríficas	Ø líquido	mm (pulgadas)	9,52(3/8")	9,52(3/8")	9,52(3/8")	9,52(3/8")	9,52(3/8")	9,52(3/8")
	Ø gas	mm (pulgadas)	15,9(5/8")	15,9(5/8")	19,05(3/4")	19,05(3/4")	22,2(7/8")	22,2(7/8")
Tipo		Abocinada		Abocinada	Abocinada	De soldar	De soldar	De soldar
Alimentación eléctrica		(1)		(1)	(2)	(2)	(2)	(2)

Imagen 5.6: Catálogo Aermec, equipos VRV seleccionados

Y por último, seleccionaremos el equipo necesario para el sistema suelo radiante según los resultados obtenidos en las simulaciones de EnergyPlus.

Para este sistema, la potencia demandada de calefacción es de 18 kW para la ciudad de Valencia y de 15,8 kW para la ciudad de Burgos; y en cuanto a la potencia demandada de refrigeración es de 6,4 kW para Valencia y 5 kW para Burgos. Por tanto, los equipos seleccionados son los de la imagen 5.7 y 5.8

MAXIMUM COOLING CAPACITY																			
MODEL	T _{amb} (°F/C)	60/15.6			77/25			86/30			95/35			104/40			113/45		
		LWE (°F/C)	CC kBTU/h	PI (kW)	EER	CC kBTU/h	PI (kW)	EER	CC kBTU/h	PI (kW)	EER	CC kBTU/h	PI (kW)	EER	CC kBTU/h	PI (kW)	EER	CC kBTU/h	PI (kW)
EBL0004BAVJU	45/7.2	37.81	2.83	13.36	37.49	3.09	12.13	38.23	3.39	10.69	38.12	3.72	9.17	31.27	4.10	7.63	27.79	4.91	6.16
	50/10	40.16	2.86	14.04	39.80	3.13	12.72	38.45	3.43	11.21	38.21	3.77	10.14	33.19	4.15	8.00	29.52	4.57	6.46
	55/12.8	44.13	2.88	15.32	43.72	3.16	13.84	42.24	3.47	12.17	39.78	3.82	10.42	36.50	4.21	8.67	32.03	4.76	5.70
	59/15	46.87	2.91	16.11	46.44	3.19	14.56	44.87	3.51	12.78	42.28	3.88	10.95	38.80	4.24	9.16	33.19	4.85	7.14
	64/17.8	51.75	2.94	17.60	50.01	3.23	15.48	47.33	3.55	13.33	43.93	3.91	11.21	39.61	4.30	9.21	33.60	4.91	7.80
EBL0008BAVJU	72/22.2	57.72	3.00	19.24	55.81	3.29	16.96	52.86	3.62	14.60	49.00	3.98	12.31	44.36	4.38	10.13	35.22	3.86	9.12
	45/7.2	47.31	4.14	11.43	46.93	4.51	10.41	45.34	4.94	9.18	42.85	5.42	7.87	37.82	5.20	7.27	33.48	5.73	5.84
	50/10	50.80	4.22	12.06	50.46	4.60	10.97	49.73	5.03	9.69	45.94	5.52	8.30	40.68	5.29	7.59	36.03	5.82	5.19
	55/12.8	55.85	4.30	13.00	55.39	4.69	11.81	53.49	5.13	10.43	50.32	5.62	8.95	44.68	5.38	8.30	37.38	5.90	5.34
	59/15	59.32	4.35	13.64	58.78	4.75	12.37	56.77	5.20	10.92	53.44	5.69	9.39	47.47	5.45	8.71	38.74	5.76	6.73
EBL0015BAVJU	64/17.8	64.55	4.45	14.51	62.37	4.85	12.86	59.01	5.29	11.16	54.57	5.79	9.42	47.75	5.54	8.62	39.21	5.33	7.36
	72/22.2	71.89	4.59	15.66	69.50	5.00	13.90	65.80	5.45	12.07	60.92	5.95	10.24	53.38	5.68	9.40	41.10	4.76	8.63
	45/7.2	49.55	4.58	10.82	49.27	5.00	9.85	47.61	5.46	8.72	44.70	5.97	7.49	39.46	5.70	6.92	33.57	5.90	5.99
	50/10	53.38	4.68	11.41	52.99	5.11	10.37	51.15	5.58	9.17	48.01	6.09	7.88	42.40	5.81	7.30	36.12	5.89	5.35
	55/12.8	58.66	4.79	12.25	58.17	5.23	11.12	56.13	5.70	9.85	52.88	6.22	8.47	46.56	5.92	7.86	37.47	5.77	6.49
EBL0025BAVJU	59/15	62.29	4.87	12.79	61.74	5.31	11.63	59.56	5.78	10.30	55.91	6.30	8.87	49.45	5.99	8.26	38.83	5.63	6.90
	64/17.8	67.80	5.00	13.56	65.51	5.43	12.06	61.83	5.91	10.46	57.07	6.43	8.88	49.72	6.10	8.15	39.30	5.21	7.64
	72/22.2	75.53	5.19	14.55	72.97	5.63	12.96	69.95	6.10	11.30	63.66	6.62	9.62	55.55	6.28	8.85	41.20	4.60	9.96

Imagen 5.7: Catálogo Daikin, equipo frío suelo radiante seleccionado

MAXIMUM HEATING CAPACITY - INTEGRATED VALUE																			
MODEL	T _{amb} (°F/C)	86/30			95/35			104/40			113/45			122/50			131/55		
		HC (kBTU/h)	PI (kBTU/h)	COP	HC (kBTU/h)	PI (kBTU/h)	COP	HC (kBTU/h)	PI (kBTU/h)	COP	HC (kBTU/h)	PI (kBTU/h)	COP	HC (kBTU/h)	PI (kBTU/h)	COP	HC (kBTU/h)	PI (kBTU/h)	COP
EID/BILO04BAVJU	-4/-20	16.93	7.81	2.17	15.92	8.49	1.88												
	5/-15	19.14	7.91	2.42	17.99	8.82	2.09	17.59	9.45	1.86									
	19/-7.2	23.49	7.99	2.94	22.14	8.74	2.53	21.69	9.81	2.21	21.13	11.14	1.90						
	25/-3.9	28.27	7.84	3.35	24.82	8.80	2.89	24.38	9.47	2.57	23.82	11.00	2.17	22.95	12.20	1.88			
	36/2.2	29.23	7.81	3.74	27.67	8.58	3.22	27.25	9.47	2.88	26.88	11.02	2.44	25.78	12.23	2.11	24.09	13.59	1.77
EID/BILO08BAVJU	45/7.2	40.25	8.02	5.02	38.21	8.64	4.42	37.74	9.79	3.85	37.07	11.42	3.25	35.94	12.71	2.83	33.71	14.13	2.39
	54/12.2	43.66	7.80	5.60	41.57	8.62	4.82	41.17	9.58	4.30	40.57	11.21	3.62	39.47	12.50	3.16	37.16	13.92	2.67
	59/15	47.22	7.72	6.12	45.03	8.55	5.27	44.59	9.52	4.68	44.11	11.18	3.95	43.00	12.46	3.45	40.57	13.80	2.94
	68/20	53.68	7.58	7.08	51.33	8.41	6.10	51.07	9.40	5.43	50.57	11.08	4.57	48.01	12.36	3.88	45.45	13.81	3.29
	-4/-20	21.54	9.69	2.22	20.91	10.52	1.99												
EID/BILO15BAVJU	5/-15	24.07	9.87	2.44	23.21	10.73	2.16	22.40	11.73	1.91									
	19/-7.2	29.24	10.06	2.91	28.07	10.96	2.56	26.93	12.01	2.24	26.34	13.04	2.02						
	25/-3.9	31.09	9.51	3.27	29.83	10.37	2.88	28.58	11.30	2.53	27.91	12.38	2.26	27.48	13.62	2.02			
	36/2.2	34.58	9.53	3.63	33.17	10.42	3.18	31.78	11.44	2.76	31.02	12.44	2.49	30.52	13.71	2.23	29.12	15.13	1.92
	45/7.2	49.77	10.52	4.73	47.77	11.37	4.20	45.79	12.65	3.62	44.70	13.77	3.25	43.99	15.20	2.89	41.96	16.78	2.50
EID/BILO25BAVJU	54/12.2	52.69	10.21	5.16	50.02	11.18	4.47	48.57	12.31	3.95	47.45	13.42	3.54	46.73	14.83	3.15	44.60	16.38	2.72
	59/15	57.09	10.21	5.59	54.90	11.19	4.91	52.71	12.32	4.28	51.53	13.44	3.83	50.78	14.86	3.42	48.50	16.42	2.95
	68/20	65.14	10.22	6.37	62.72	11.20	5.60	60.30	12.34	4.89	59.03	13.47	4.38	56.58	14.89	3.80	54.08	16.46	3.29
	-4/-20	23.88	11.30	2.11	23.50	12.26	1.92												
	5/-15	26.60	11.52	2.31	25.96	12.52	2.07	25.35	13.69	1.85									

Imagen 5.8: Catálogo Daikin, equipo calor suelo radiante seleccionado

6. BIBLIOGRAFÍA

- A. L. Miranda. "Técnicas de climatización". Marcombo. Barcelona 2007
- A. M. Romero, P. Arrué, C. Aparicio. "Análisis del Documento Básico Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (DB-HE)". UPV. Valencia 2007
- J. J. Sendra, S. Domínguez, A. L. León, J. Navarro, S. Muñoz, J.L. Rodríguez, P. Bustamante, J. García, M. Barrera, M. Gentil, J. Caro. "Proyecto eficacia: Optimización energética en la vivienda colectiva". Emvisesa, Sodinur y Universidad de Sevilla. Andalucía 2011
- A. Cabetas. "DTIE 9.02. Relación entre el edificio y el sistema de climatización". Atecyr. Madrid 2001
- F. Cebrián. "DTIE 9.03. Sistemas de climatización para viviendas residenciales y locales comerciales". Atecyr. Madrid 2004
- F.J. Rey, E. Velasco. "DTIE 9.04. Sistema de suelo radiante". Atecyr. Madrid 2008
- J. M. Cejudo, F. Domínguez, A. Carrillo, M. Gallardo. "DTIE 9.05. Sistemas de climatización". Atecyr. Madrid 2009

MANUALES TÉCNICOS Y CATÁLOGOS

- Código Técnico de la Edificación. Documento básico de Ahorro de Energía (CTE DB HE). Versión publicada en el BOE. Septiembre 2013
- Daikin, Engineering Data. Daikin Altherma. <http://thermalproductsinc.com/wp-content/uploads/2010/06/Daikin-Altherma-Engineering-Data1.pdf>
- Daikin Tarifa Web 2016. http://www.airefrio.com/catalogos-fabricantes-aire-acondicionado/DAIKIN_AVANCE_TARIFA_WEB_2016.pdf
- Carrier. Catálogo general 2012. <http://www.almagrupo.com/new/files/pdfs/tarifas-proveedores/carrier-lista-precios-2012.pdf>
- Airlan. Hoja de características sistema VRV. <http://www.airlan.es/documentos/smvasuieshq1435674439.pdf>
- Saunier Duval. Catálogo calderas. <https://www.saunierduval.es/downloads/catlogo-condensacion-sd-496926.pdf>

PÁGINAS WEB

- <http://nergiza.com/que-es-un-fan-coil-y-cual-es-el-error-mas-comun-a-la-hora-de-seleccionarlos/>
- <http://aireacondicionadodeventana.com/>
- <http://www.tuaireacondicionadoweb.com/de-ventana/>
- <http://miaireacondicionado.es/partes-de-un-aire-acondicionado-de-ventana>
- <http://www.daikin.es/aire-acondicionado/funcionamiento/>
- <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/bomba-de-calor-inverter-sistema-vrv/>
- <http://www.danosa.fr/danosa/CMSServlet?node=T32&lng=1&site=1>
- <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>