

## **ANEJO Nº1. INSTALACIONES TÉRMICAS.**

## ÍNDICE

1.- INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN.....	7
2.- CAUDAL DE VENTILACIÓN.....	7
3.- UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE.....	9
3.1.- SISTEMA DE AIRE EXTERIOR.....	9
4.- VENTILADOR ESCOGIDO.....	11
5.- PROGRAMACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS VENTILADORES.....	13
6.- IMPULSIÓN DE AIRE EXTERIOR LIMPIO ATMOSFÉRICO AL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS.....	15
7.- EFICIENCIA DEL MOTOR.....	15
8.- PROGRAMACIÓN PERFIL DE USO RESIDENCIAL CTE VENTILACIÓN MECÁNICA.....	16
8.1.- PERFIL DE USO PERÍODO ENERO-MAYO; OCTUBRE-DICIEMBRE.....	17
8.2.- PERFIL DE USO PERÍODO JUNIO-SEPTIEMBRE.....	17
9.- INSTALACIONES TÉRMICAS EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES OBJETO DE ANÁLISIS DEL PRESENTE PROYECTO.....	18
9.1.- DEMANDAS ENERGÉTICAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES MÍNIMO CTE.....	18
9.2.- INSTALACIÓN TÉRMICA 1. CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE Y VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR.....	19
9.3.- DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO.....	22
9.4.- GRUPO DE ZONAS.....	28
9.4.1.- COMPONENTES GRUPO DE ZONAS.....	29
10.- INSTALACIÓN TÉRMICA 2. SOLAR-TÉRMICA Y VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR.....	31
10.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN.....	31
10.2.- COMO FUNCIONA LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA:	
11.- INSTALACIÓN TÉRMICA 3. GEOTERMIA Y VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR.....	46
11.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN.....	46

11.2.- COMO FUNCIONA LA GEOTERMIA.....	46
<b>12.- CONSUMOS DES GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD INSTALACIONES TÉRMICAS.....</b>	<b>64</b>
12.1.- COSTES GAS NATURAL.....	64
12.2.- PROGRAMACIÓN DE LA CALEFACCIÓN.....	64
12.2.1.- PERFIL DE USO CALEFACCIÓN.....	65
12.3.- COSTES ELECTRICIDAD.....	65
12.4.- CONSUMOS ENERGÉTICOS VIVIENDA MÍNIMA CTE.....	66
<b>13.- INSTALACIONES TERMICAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES ÓPTIMAS.....</b>	<b>66</b>
13.1.- DEMANDAS ENERGÉTICAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES ÓPTIMO Y PASSIVHAUS.....	66
13.2.- AHORRO ENERGÉTICO CON RECUPERADORES DE CALOR	66
13.3.- CIRCUITO DE AIRE CON VENTILACIÓN MECÁNICA MEDIANTE RECUPERACIÓN DE CALOR.....	73
13.3.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN.....	73
<b>14.- RECUPERADOR DE CALOR.....</b>	<b>77</b>
14.1.- Programación de disponibilidad.....	80
14.2.- Perfil de uso.....	81
14.2.1.- Enero-mayo y octubre-diciembre.....	81
14.2.2.- Junio-septiembre.....	81
<b>15.- CONSUMOS DES GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD INSTALACIONES TÉRMICAS.....</b>	<b>82</b>
15.1.- INSTALACIÓN TÉRMICA DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE, VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.....	82
15.2.- INSTALACIÓN TÉRMICA DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE CON ENERGÍA SOLAR-TÉRMICA, VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.....	82
15.3.- INSTALACIÓN TÉRMICA DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE CON BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA, VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.....	83
15.4.- TABLA RESUMEN CONSUMOS GAS NATURAL, ELECTRICIDAD Y COSTES TOTALES VIVIENDAS ÓPTIMAS.....	83

15.5.- TABLA RESUMEN CONSUMOS GAS NATURAL, ELECTRICIDAD Y COSTES TOTALES VIVIENDAS PASSIVHAUS....	84
<b>16.- COSTES INSTALACIONES.....</b>	<b>84</b>
16.1.- CONSUMOS ENERGÉTICOS SEVILLA CTE.....	84
16.2.- CONSUMOS ENERGÉTICOS ZARAGOZA CTE.....	85
16.3.- CONSUMOS ENERGÉTICOS FORMIGAL CTE.....	85
16.4.- CONSUMOS ENERGÉTICOS SEVILLA ÓPTIMO.....	85
16.5.- CONSUMOS ENERGÉTICOS ZARAGOZA ÓPTIMO.....	86
16.6.- CONSUMOS ENERGÉTICOS FORMIGAL ÓPTIMO.....	86
16.7.- CONSUMOS ENERGÉTICOS SEVILLA PASSIVHAUS.....	86
16.8.- CONSUMOS ENERGÉTICOS ZARAGOZA PASSIVHAUS.....	87
16.9.- CONSUMOS ENERGÉTICOS FORMIGAL PASSIVHAUS.....	87
<b>17.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES (GAS NATURAL + ELECTRICIDAD) VIVIENDA UNIFAMILIAR CTE CON VIVIENDA ÓPTIMA Y PASSIVHAUS...88</b>	<b>88</b>
17.1.- COMPARACIÓN SEVILLA.....	88
17.2.- COMPARACIÓN ZARAGOZA.....	88
17.3.- COMPARACIÓN FORMIGAL.....	89
<b>18.- GRÁFICA AHORRO ECONÓMICO EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO.....89</b>	<b>89</b>
18.1.- AHORRO EN FACTURACIÓN DE GAS NATURAL.....	89
18.2.- TABLA RESUMEN CONSUMOS ENERGÉTICOS Y DATOS ECONÓMICOS.....	90
<b>19.- INSTALACIONES TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN.....91</b>	<b>91</b>
<b>19.1.- INSTALACIÓN TÉRMICA 1. REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR. VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.....91</b>	<b>91</b>
19.1.1.- DESCRIPCIÓN.....	91
19.1.2.- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS.....	91
19.1.3.- ESQUEMA INSTALACIÓN.....	92
19.1.4.- GRUPO DE ZONAS.....	96
<b>19.2.- INSTALACIÓN TÉRMICA 2. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA. VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.....96</b>	<b>96</b>

19.2.1.- ENFRIADORA.....	96
19.2.2.- ESQUEMA INSTALACIÓN.....	97
19.2.3.- GRUPO DE ZONAS.....	102
19.3.- INSTALACIÓN TÉRMICA 3. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA CON AGUA Y TORRE DE ENFRIAMIENTO. VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.....	103
19.3.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN.....	103
19.4.- INSTALACIÓN TÉRMICA 1. REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR. VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR. MÍNIMO CTE.....	108
19.5.- INSTALACIÓN TÉRMICA 2. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA. VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR MÍNIMO CTE.....	108
19.6.- INSTALACIÓN TÉRMICA 3. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA CON AGUA Y TORRE DE ENFRIAMIENTO. VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR. MÍNIMO CTE.....	108
19.7.- CONSUMOS DES GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD INSTALACIONES TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN.....	109
19.8.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES (ELECTRICIDAD) VIVIENDA UNIFAMILIAR CTE CON VIVIENDA ÓPTIMA.....	110
19.8.1.- COMPARACIÓN SEVILLA.....	110
19.8.2.- COMPARACIÓN ZARAGOZA.....	110
20.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES DE LA CONSTRUCCIÓN CON INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN.....	111
20.1- SEVILLA.....	111
20.2- ZARAGOZA.....	111
20.3.- FORMIGAL.....	112
21.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES DE LA CONSTRUCCIÓN CON INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN.....	112
21.1.- SEVILLA.....	112
21.2.- ZARAGOZA.....	112



## 1.- INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN:

A continuación se analizan los consumos de combustible que producen las diferentes instalaciones térmicas que se diseñan y calculan para este fin, en las diferentes viviendas unifamiliares analizadas en el presente proyecto fin de carrera, a fin de, justificar teniendo en cuenta el consumo de combustible (gas natural y electricidad), cual de todas ellas es la más eficiente desde el punto de vista tanto económico, como de la reducción de consumo energético, para abastecer a dichas viviendas de energía térmica tanto de calefacción como de refrigeración.

En todas las viviendas se consieran sistemas de ventilación mecánica, según exige el CTE. De tal manera, que incorporan unidades de tratamiento de aire, que cuentan con ventiladores de extracción de aire interior viciado y de impulsión de aire exterior atmosférico, para garantizar un caudal de aire exigido por el CTE-DB-HS3, y así garantizar la calidad del aire interior, mediante un tasa de renovaciones por hora, que se describe a continuación.

El caudal de ventilación se obtiene del mencionado anteriormente CTE-DB-HS3, que ha sido utilizado para la obtención de las cargas de calefacción y refrigeración, así como, las pérdidas que se generan en la envolvente térmica de las edificaciones. Dicho caudal de ventilación se ha descrito anteriormente y es el que se recoge en la siguiente tabla.

## 2.- CAUDAL DE VENTILACIÓN

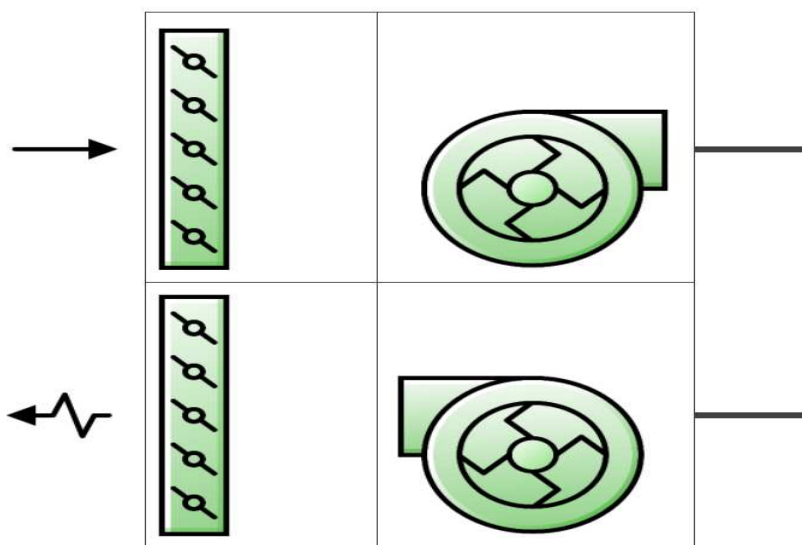
DISEÑO Y CÁLCULO DE LA REJILLAS DE VENTILACIÓN EN LA VIVIENDAS UNIFAMILIARES POR CTE			
ESTANCIAS	q <sub>v</sub> (l/s)	ÁREA DE LAS ABERTURAS (cm <sup>2</sup> )	DIMENSIONES REJILLAS (cm)
ASEO-1	15	60	10x6
ASEO-2	15	60	10x6
DORMITORIO-1	5	20	10x2
DORMITORIO-MATRIMONIO	10	40	10x4
DORMITORIO-3	5	20	10x2
SALÓN-COMEDOR	12	48	10x7,2
COCINA	28	392	39,2x10
PASILLO		70	10x7
ocupantes dormitorio matrimonio	2 personas		
ocupantes salón-comedor	4 personas		
ocupantes dormitorio-2	2 personas		
ocupantes resto	1 personas		
superficie cocina	14 cm <sup>2</sup>		
adicional cocina, CAMPANA EXTRACTORA	50 l/s		

A partir de lo cual, se obtiene un caudal total expresado en m<sup>3</sup>/hora y renovaciones/hora, teniendo en cuenta que se programa la campana extractora de la cocina para un trabajo total de una hora diario:

CTE		
QV (HS3)	223,79988	m <sup>3</sup> /h
ren/hora	0,53285686	r/h
Infiltración	0,54	r/h
ESTANCIAS	q <sub>v</sub> (l/s)	q <sub>admisión</sub> (l/s)
ASEO-1	15	32 l/s y persona
ASEO-2	15	q <sub>extracción</sub> (l/s)
DORMITORIO-1	5	60,0833 l/s y persona
DORMITORIO-M	10	
DORMITORIO-3	5	
SALÓN-COMEDO	12	
COCINA	2	
CAMPANA	50	24H/día
	2,08333333	1H/día
VOLUMEN VIV	420	m <sup>3</sup>

El caudal obtenido de 60,0833 l/s y persona, es el que se introduce y se extrae en las viviendas unifamiliares objeto de análisis del presente proyecto, para establecer un balance de energía equilibrado, en el cual, el caudal de aire para ventilación de la vivienda que entra es el mismo que se extrae, mediante la utilización de los ventiladores de extracción e impulsión que contiene la UTA, respectivamente.

**A continuación paso a describir la UTA, para la ventilación mecánica de la vivienda. ESQUEMA:**





### 3.- UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE.

La UTA contiene un componente ventilador (volumen constante o variable), con la opción de incluir una batería de frío mediante agua, una batería de calor (agua caliente o electricidad), un enfriador evaporativo y un humidificador.

El ventilador puede ubicarse ante de las baterías o después de las mismas.

Opcionalmente se puede incluir un ventilador de extracción.

#### 3.1.- SISTEMA DE AIRE EXTERIOR.

El control de aire exterior provee aire para ventilación, con la opción de incluir enfriamiento gratuito (ya sea aumentando la cantidad de aire exterior o mediante un intercambiador de calor aire-aire) cuando sea posible. Los controladores de aire exterior abarcan diferentes límites que pueden ser seleccionados por el usuario. Si cualquiera de los límites seleccionados es sobrepasado, el caudal de aire exterior se reduce al mínimo.

Circuito de Aire Datos	
Circuito de Aire	
General	
Nombre	Circuito de Aire
Dimensionado	
Caudal de diseño de aire exterior (m3/s)	Autosize
Opción de dimensionado	1-No coincidente
Tipo de carga para dimensionado	1-Sensible
Método de aire exterior del sistema	1-Suma de zona
Fracción máxima de aire exterior en la zona	1,000
Calefacción	
Temperatura de diseño de precalentamiento (°C)	5,00
Ratio de humedad de diseño de precalentamiento	0,0080
Temperatura de diseño de aire de impulsión en calefa...	35,00
100% de aire exterior en calefacción	1-No
Ratio de humedad de diseño de aire de impulsión en c...	0,008
Método de caudal de aire de diseño de calefacción	2-Caudal/Sistema
Caudal de aire de diseño de calefacción (m3/s)	0,060
Refrigeración	
Temperatura de diseño de preenfriamiento (°C)	11,00
Ratio de humedad de diseño de preenfriamiento	0,0080
Temperatura de diseño de aire de impulsión en refriger...	12,00
100% de aire exterior en refrigeración	1-No
Ratio de humedad de diseño de aire de impulsión en r...	0,0080
Método de caudal de aire de diseño de refrigeración	2-Caudal/Sistema
Caudal de aire de diseño de refrigeración (m3/s)	0,060

### **Temperatura de diseño de precalentamiento:**

Es la temperatura del aire que sale de la batería de diseño de precalentamiento (°C). Puesto que no hay ninguna batería introducida en la UTA de calentamiento, será 0°C.

### **Ratio de humedad de diseño de precalentamiento:**

Se trata de la relación de humedad de diseño que sale de la bobina de precalentamiento (kg/kg).

### **Temperatura de diseño de aire de impulsión de calefacción:**

Se trata de la temperatura del aire de suministro de diseño de calefacción (°C). Puede ser la temperatura de reinicio para un único sistema de conductos o la temperatura real del aire caliente de suministro de los conductos para un sistema de conductos doble. Debe ser la temperatura a la salida de la bobina principal de calentamiento.

El valor predeterminado para los bucles de aire recién añadidos es de 16°C, de acuerdo a un sistema de recalentamiento que se presta al control de la temperatura de la zona a través de unidades de recalentamiento locales. Otros sistemas sin recalentamiento tendrán un valor mucho más alto (normalmente de 35 a 50°C).

### **100% de aire exterior en calefacción:**

Estos datos se establecen de la siguiente manera:

- 1.- Para sistemas con recirculación en la UTA. Se dimensiona el tamaño del sistema de calefacción mediante el aire exterior mínimo, establecido en la pestaña de actividad a nivel de edificio.
- 2.- Sí. Para sistemas sin recirculación establecido en la UTA. El sistema se dimensionará para la calefacción utilizando el 100% del aire exterior.

### **Relación de humedad del aire de impulsión de diseño de calefacción central.**

Esta es la relación de humedad de diseño a la salida de la batería de calentamiento central (kg/kg). El valor predeterminado es 0,008.

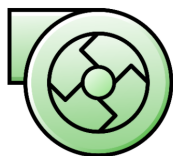
### **Método de caudal de aire de diseño de calefacción:**

La entrada debe ser:

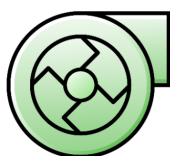
Día de diseño. Significa que el programa calculará el caudal de aire de calentamiento del sistema, utilizando los datos de entrada de dimensionamiento del sistema y la simulación en el día de diseño.

2.- Caudal del sistema. Significa que el programa utilizará la entrada de campo de caudal de aire de diseño de calefacción como el caudal de diseño de aire del sistema de calentamiento.

#### VENTILADOR DE IMPULSIÓN.



#### VENTILADOR DE EXTRACCIÓN.



Los ventiladores de volumen constante funcionan de manera continua con base en una programación establecida en la **UTA**, y no se activan o se desactivan a partir de las cargas de refrigeración/calefacción u otros controles.

Los ventiladores de volumen constante emplean la eficiencia total y al aumento nominal de presión para modelar su rendimiento.

#### 4.- VENTILADOR ESCOGIDO:

A continuación se especifican las características de los ventiladores que se utilizan en la UTA, para la ventilación mecánica de las viviendas unifamiliares.

CTE		
QV (HS3)	216,29988	m <sup>3</sup> /h
ren/hora	0,51499971	r/h
Infiltración	0,54	r/h
ESTANCIAS	q <sub>v</sub> (l/s)	q <sub>admisión</sub> (l/s)
ASEO-1	15	32
ASEO-2	15	q <sub>extracción</sub> (l/s)
DORMITORIO-1	5	60,0833
DORMITORIO-M	10	q <sub>admisión</sub> (l/s y persona)
DORMITORIO-3	5	8
SALÓN-COMEDOR	12	q <sub>extracción</sub> (l/s y persona)
COCINA	2	15,020825
CAMPANA	50	24H/día
	2,08333333	1H/día
VOLUMEN VIV.	420	m <sup>3</sup>
Personas	4	

Como observamos el caudal de aire interior a extraer de la vivienda es de 216,3 m<sup>3</sup>/hora. Por lo cual los siguientes extractores en los locales húmedos (aseos y cocina), ambos del fabricante SOLER&PALAU:

## EXTRACCIÓN DE AIRE INTERIOR VICIADO HACIA EL EXTERIOR:

### CARACTERÍSTICAS DE LOS VENTILADORES:

Ventilador Datos	
Ventilador	
<b>General</b>	
Nombre	Circuito de Aire UTA Ventilador de Extracción
Tipo	1-Volumen constante
Eficiencia del ventilador	0,430
Aumento de presión (Pa)	860,0
Subcategoría de uso final	General
<b>Caudales</b>	
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	Autosize
<b>Motor</b>	
Eficiencia del motor	0,900
Fracción de calor del motor en el flujo de aire	1,000
<b>Funcionamiento</b>	
Programación de disponibilidad	VENTILACIÓN MECÁNICA CTE

Para determinar las características de los ventiladores hay que determinar el aumento de presión en los mismos, teniendo en cuenta su eficiencia total.

Se consideran condiciones estandar al nivel del mar, de 20°C y 101325Pa.

A partir de esto, puedo calcular el aumento aproximado de presión de los ventiladores de extracción:

$$\Delta P = 1000 \cdot PDV \cdot \text{eficiencia total del ventilador.}$$

El poder específico del ventilador es una función del volumen del flujo del ventilador y el poder eléctrico, cuya ecuación es:

$$PDV = P_e / W,$$

Donde V es el flujo de aire en l/s.

P<sub>e</sub>, es la potencia eléctrica de entrada al sistema del ventilador o el movimiento completo de aire en la instalación.

### Valores típicos para varios tipos son los siguientes:

SISTEMA	Poder específico del ventilador
Ventilación mecánica, incluyendo calefacción, refrigeración y recuperación de calor	2,5l/s
Ventilación mecánica, incluyendo calefacción, refrigeración	2,0l/s

De ahí, que el aumento de presión para dichos ventiladores sea (caso de ventilación mecánica sin recuperación de calor), para una eficiencia total del 43%:

$$\Delta P = 1000 \cdot 2 \cdot 0,43 = 860 \text{ Pa.}$$

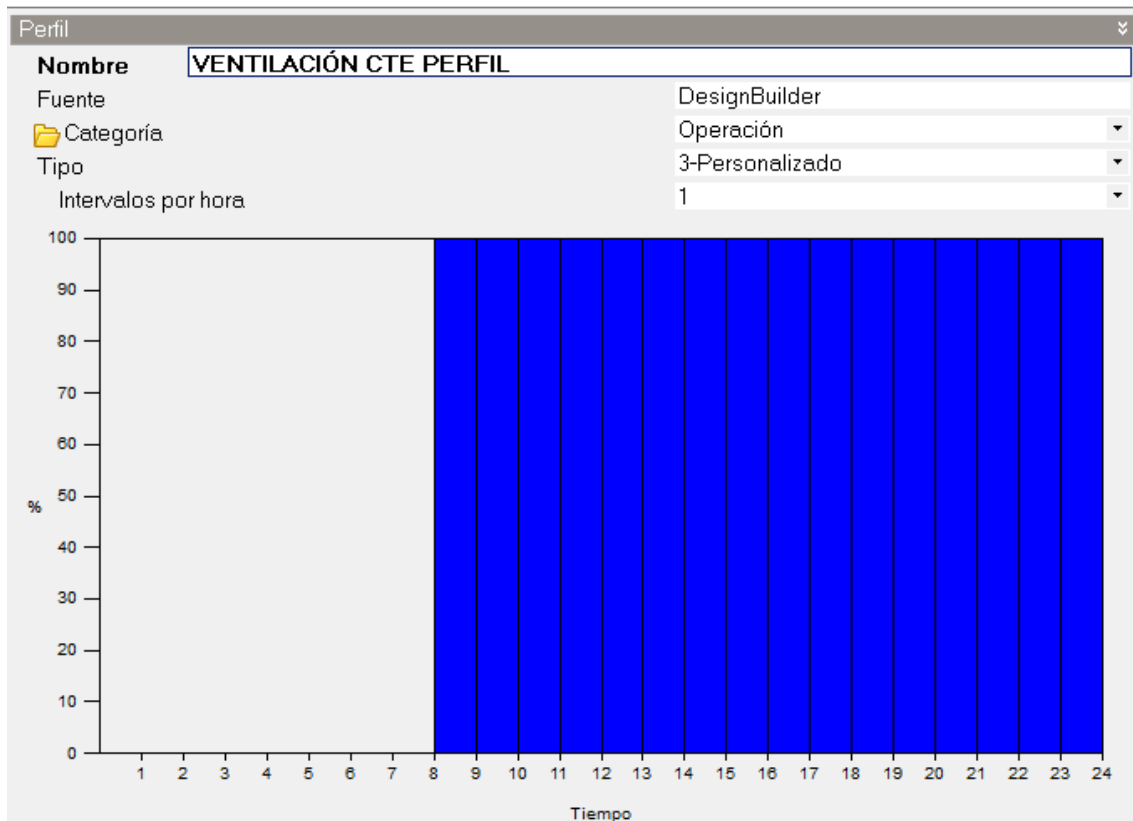
## 5.- PROGRAMACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS VENTILADORES:

Según el CTE, el perfil de uso para la ventilación mecánica de la vivienda es el siguiente:

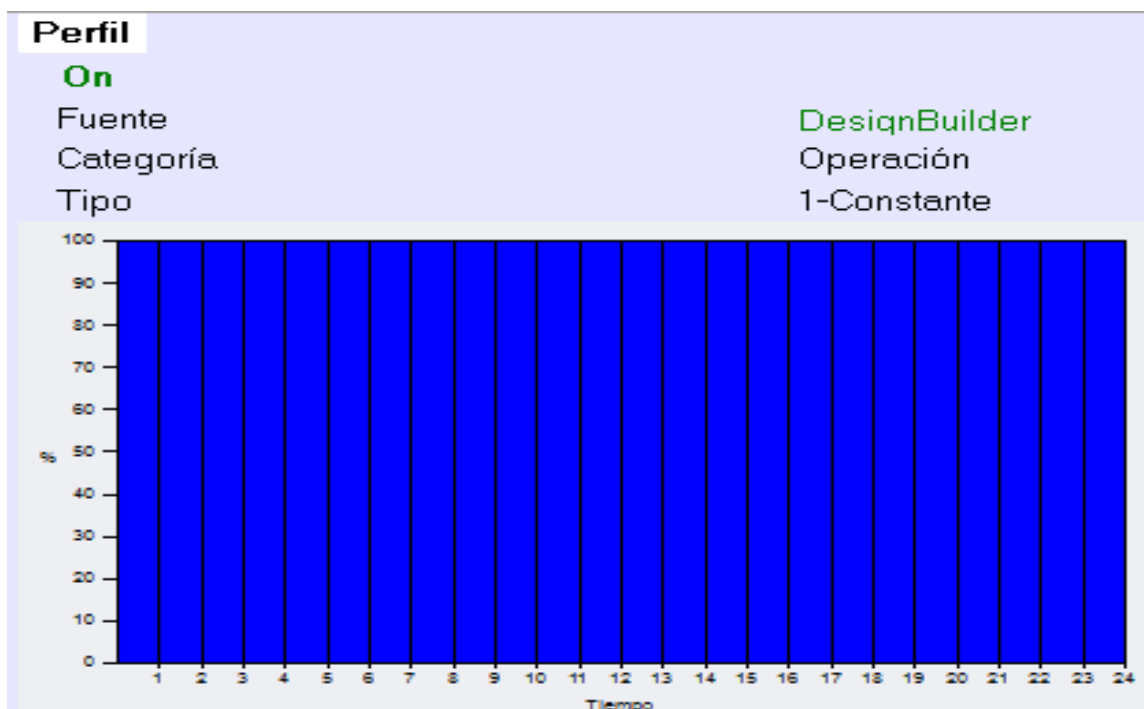
General							
Nombre	RESIDENCIAL CTE VENTILACIÓN MECÁNICA						
Descripción							
Fuente	DesignBuilder						
Categoría	Espacios Residenciales						
Región	SPAIN						
Tipo de programación	1-Programación 7/12						
Días de diseño							
Método de definición del día de diseño	2-Perfiles						
Perfil del día de diseño de calefacción	On						
Perfil del día de diseño de refrigeración	On						
Perfiles							
Mes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Ene	On	On	On	On	On	On	On
Feb	On	On	On	On	On	On	On
Mar	On	On	On	On	On	On	On
Abr	On	On	On	On	On	On	On
May	On	On	On	On	On	On	On
Jun	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Jul	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Ago	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Sep	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Oct	On	On	On	On	On	On	On
Nov	On	On	On	On	On	On	On
Dic	On	On	On	On	On	On	On

Donde,

El perfil en verano es el siguiente:



Y el perfil en invierno es:



## 6.- IMPULSIÓN DE AIRE EXTERIOR LIMPIO ATMOSFÉRICO AL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS:

A partir de esto, puedo calcular el aumento aproximado de presión de los ventiladores de impulsión.

$$\Delta P = 1000 \cdot PDV \cdot \text{eficiencia total del ventilador.}$$

El poder específico del ventilador es una función del volumen del flujo del ventilador y el poder eléctrico, cuya ecuación es:

$$PDV = P_e / W,$$

Donde V es el flujo de aire en l/s.

$P_e$ , es la potencia eléctrica de entrada al sistema del ventilador o el movimiento completo de aire en la instalación.

De ahí, que el aumento de presión para dichos ventiladores sea (caso de ventilación mecánica sin recuperación de calor), para una eficiencia total del 43%:

$$\Delta P = 1000 \cdot 2 \cdot 0,43 = 860 \text{ Pa.}$$

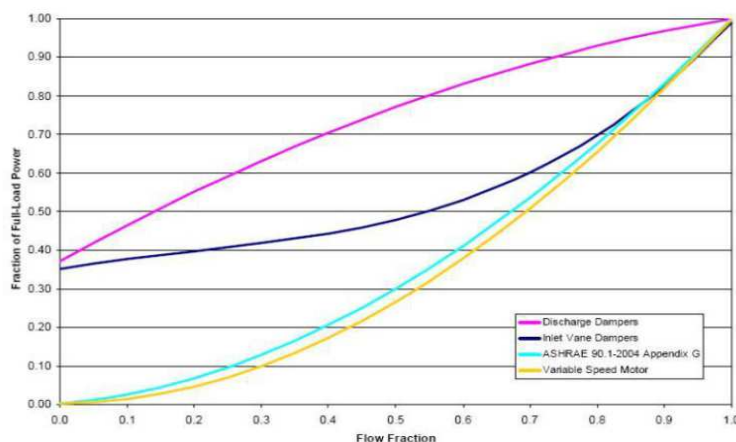
## 7.- EFICIENCIA DEL MOTOR:

Fracción de calor del motor en el flujo de aire 1,000

En el diseño de la UTA, he considerado que la fracción de calor del motor en el flujo de aire es del 100%, esto significa, que toda la carga térmica del motor va dentro de la corriente de aire, y produce un aumento en la temperatura del mismo.

Esto queda reflejado en la siguiente gráfica:

Los resultados de las curvas de potencia son mostrados en la gráfica siguiente, que representa la fracción del flujo de aire a impulsar frente a la fracción de carga total.



Estoy tratando ventilación mecánica mediante la aplicación del **CTE**, luego he generado la siguiente programación en función del **apéndice C** de perfiles de uso residencial como he comentado anteriormente:

**Unidad de Tratamiento de Aire Datos**

General Sistema de Aire Exterior

General

Nombre Circuito de Aire UTA

Tipo de ventilador 1-Volumen constante

Caudal de diseño del aire de impulsión (m3/s) Autosize

Funcionamiento

Programación de disponibilidad RESIDENCIAL CTE VENTILACIÓN MECÁNICA

Ciclo Nocturno

Activar

Ventilador de Extracción

Incluir ventilador de extracción

Ventilación natural en modo mixto

Activar modo mixto

## 8.- PROGRAMACIÓN PERFIL DE USO RESIDENCIAL CTE VENTILACIÓN MECÁNICA:

General

Nombre RESIDENCIAL CTE VENTILACIÓN MECÁNICA

Descripción

Fuente DesignBuilder

Categoría Espacios Residenciales

Región SPAIN

Tipo de programación 1-Programación 7/12

Días de diseño

Método de definición del día de diseño 2-Perfiles

Perfil del día de diseño de calefacción On

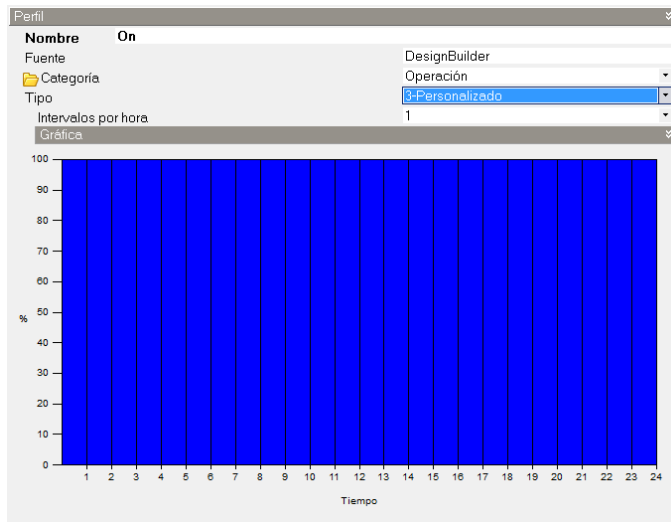
Perfil del día de diseño de refrigeración On

Perfiles

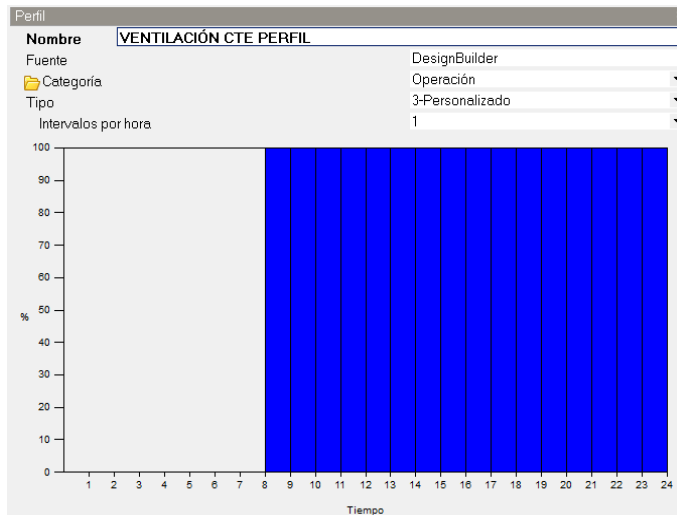
Mes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Ene	On	On	On	On	On	On	On
Feb	On	On	On	On	On	On	On
Mar	On	On	On	On	On	On	On
Abr	On	On	On	On	On	On	On
May	On	On	On	On	On	On	On
Jun	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Jul	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Ago	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Sep	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN C...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...	VENTILACIÓN CT...
Oct	On	On	On	On	On	On	On
Nov	On	On	On	On	On	On	On
Dic	On	On	On	On	On	On	On



## 8.1.- PERFIL DE USO PERÍODO ENERO-MAYO; OCTUBRE-DICIEMBRE:



## 8.2.- PERFIL DE USO PERÍODO JUNIO-SEPTIEMBRE:



## 9.- INSTALACIONES TÉRMICAS EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES OBJETO DE ANÁLISIS DEL PRESENTE PROYECTO:

A continuación paso a analizar las instalaciones térmicas de las viviendas unifamiliares diseñadas mediante el mínimo exigido por el CTE.

Para ello, parto de las demandas energéticas de calefacción y refrigeración obtenidas mediante el software DESIGNBUILDER, analizando en primer lugar los sistemas térmicos de calefacción.

Para las simulaciones utilizo ventilación natural calculada.

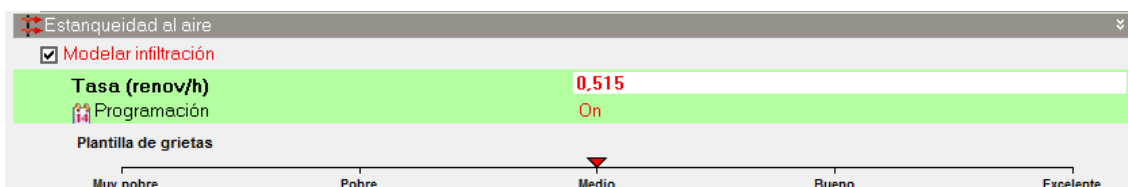
La ventilación natural, tal y como la entiende DESIGNBUILDER, se plantea como una estrategia de disipación del excedente de calor de los edificios. Las opciones que ofrece el programa están, por tanto, encaminadas a facilitar este tipo de análisis, de activación de la ventilación (apertura de ventanas, rejillas y puertas) cuando se pretende refrigerar el interior del edificio.

Al utilizar ventilación natural calculada, DESIGNBUILDER calcula la ventilación natural y la infiltración en base a las dimensiones de las aberturas y grietas, y la presión del viento.

Unidades de infiltración se modela con una tasa de renovaciones por hora.

Y el método de estanqueidad al aire, se modela mediante el control deslizante de plantillas.

De tal manera que en la pestaña de cerramientos es donde modelo la estanqueidad del aire, introduciendo la tasa de renovaciones/hora, que hace referencia al caudal obtenido mediante el CTE-DB-HS3, de calidad del aire interior, como  $\frac{216m^3/s}{420m^3} = 0,515 r/h$ .



### 9.1.- DEMANDAS ENERGÉTICAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES MÍNIMO CTE:

DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGÉTICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICIE
VIVIENDA MÍNIMO SEVILLA	579,09	6,31	VIVIENDA MÍNIMO SEVILLA	6077,5	66,21	91,79
DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGÉTICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICIE
VIVIENDA MÍNIMO ZARAGOZA	3108,7	33,87	VIVIENDA MÍNIMO ZARAGOZA	2765,58	30,129	91,79

DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGÉTICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICIE
VIVIENDA MÍNIMO FORMIGAL	14166,6	154,34	VIVIENDA MÍNIMO FORMIGAL	116,69	1,28	91,79

## 9.2.- INSTALACIÓN TÉRMICA 1. CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE Y VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR:

### SUELO RADIANTE:



En numerosas ocasiones, hemos escuchado lo siguiente: “en invierno pies calientes y cabeza fría”. Pues, simplemente con esta frase, se puede comprender que la calefacción por suelo radiante es signo de confort, ya que la temperatura del aire a la altura de los pies es ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza. (Instalaciones y eficiencia energética)

La explicación de cómo funciona, es muy sencilla. Consiste en una red de tubos de polietileno reticulado o polibutileno, que se instalan debajo del pavimento y de una capa de mortero autonivelante, por donde circula agua caliente a una temperatura de entre 30°C y 45°C. Remarcamos estas temperaturas, ya que se trata del sistema de calefacción que emplea la temperatura de impulsión de agua más baja. (Instalaciones y eficiencia energética)

### ¿Cómo se Instala un Sistema de Suelo Radiante?

La instalación de un sistema de calefacción por suelo radiante es muy sencilla, ya que se utilizan elementos prefabricados sobre los que se disponen las tuberías en forma de serpentín, doble serpentín, o espiral, y por las que hacemos circular agua caliente procedente de un sistema de generación de calor.

(Instalaciones y eficiencia energética)

**A continuación, enumeramos los elementos principales a instalar en este sistema de calefacción eficiente:**

### **Cajas de Colectores**



Son los colectores de donde parten los circuitos de suelo radiante, y suelen estar empotrados en pared.

### **Zócalo Perimetral:**



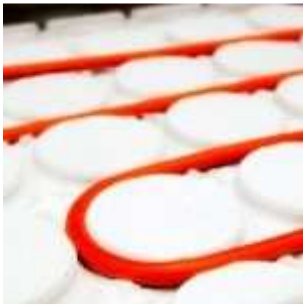
Es una banda de espuma de polietileno cuya misión principal es absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento colocado sobre los tubos emisores, debido a su calentamiento/enfriamiento. Así mismo genera un aislamiento lateral del sistema. Se fija a las paredes de todas las áreas a calefactar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento.

### **Film Polietileno:**



Es una barrera antihumedad entre el suelo base y la superficie emisora de suelo radiante colocada encima, de forma que evita el ascenso por capilaridad de humedades. Se suele instalar cuando existe riesgo de humedad en el forjado/solera. Puede venir incorporado en el panel aislante.

### **Panel Aislante:**



El aislamiento térmico del sistema es imprescindible en cualquier instalación de calefacción de suelo radiante. Para ello se utilizan paneles aislantes sobre los que se instalan las tuberías. Éstos paneles, pueden ser moldeados, sujetando los circuitos y facilitando su tendido con la separación entre tubos proyectada.

### **Tuberías:**



Para realizar el tendido de circuitos desde los colectores, se utilizan tuberías de material plástico con barrera de difusión de oxígeno. Suelen ser tuberías de polietileno o polibutileno, especiales para este sistema de calefacción.

### **Mortero de Cemento:**



Una vez instalados los circuitos, se vierte el mortero de cemento sobre toda la superficie calefactable. El espesor recomendable es de 5 cm medidos a partir de la generatriz superior de la tubería. Es muy importante añadir un aditivo al agua de amasado de la mezcla de mortero, para conseguir un contacto correcto con las tuberías emisoras, evitando inclusiones de aire, que aumentarían la resistencia térmica del sistema. (Instalacionesyeficienciaenergética)

## ¿Por Qué el Suelo Radiante es un Sistema Eficiente?

Veamos de forma esquemática, cuáles son las razones por las que un sistema de calefacción por suelo radiante es eficiente, tanto desde el punto de vista económico como de confort:

- Emplea una temperatura de impulsión de agua muy baja (30-45°C) con respecto a los sistemas tradicionales de radiadores (80-85°C).
- Al tratarse de un sistema de baja temperatura, se consiguen grandes ahorros combinándolo con sistemas de generación de calor eficientes como la aerotermia, la geotermia, calderas de baja temperatura o condensación, y energía solar térmica.
- Con un sistema de bomba de calor, se puede utilizar como suelo refrescante en verano.
- Menores pérdidas en las conducciones al trabajar con temperaturas más próximas a la temperatura ambiente.
- Respeto por el medio ambiente, debido a su bajo consumo.
- Sistema que proporciona un gran confort a los usuarios, al eliminarse por completo las molestias ocasionadas por los demás sistemas de climatización (corrientes de aire, estratificación, sequedad, etc).

(Instalacionesyeficienciaenergética)

## ¿Qué Debemos Tener en Cuenta?

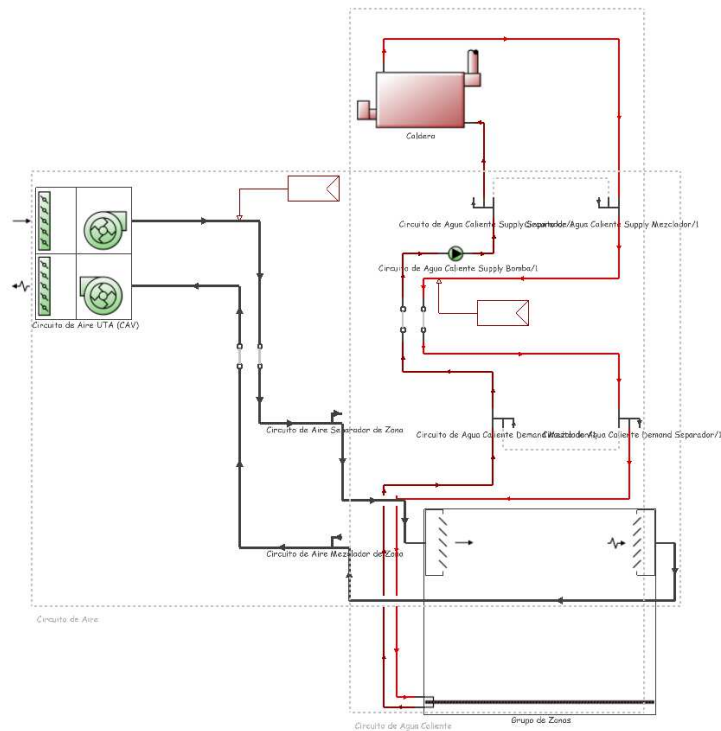
Como hemos visto anteriormente, el sistema de calor por suelo radiante, es uno de los mejores sistemas de calefacción existentes en el mercado, pero es conveniente tener en cuenta algunas consideraciones:

- En combinación con sistemas de calor eficientes, requiere de una inversión inicial alta, con respecto a otros sistemas de calefacción (como radiadores), pero con retornos de la inversión a corto plazo.
- Es un sistema adecuado para trabajar de forma continua, y por tanto, en inmuebles con una ocupación horaria alta, ya que son sistemas con una elevada inercia térmica, es decir, que no es conveniente en lugares en los que se preve apagar y encender la caldera todos los días.
- Necesita alturas de recreado importantes, por lo que no es posible instalarla en todos los casos. Para ello es necesario realizar un estudio previo para su adecuación, tanto en obra nueva como en rehabilitación.

(Instalacionesyeficienciaenergética)

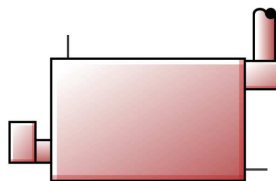
### 9.3.- DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO:

#### ESQUEMA:




#### Componentes de la instalación:

##### Caldera de gas natural



Las calderas proveen de agua caliente a baterías de calor, radiadores de agua, suelos radiantes, rodapiés, etc. El combustible consumido por las calderas se calcula mediante un valor nominal de eficiencia térmica, en combinación con una curva de eficiencia normalizada para representar en forma precisa su rendimiento.

General	
Nombre	Caldera
 Plantilla de caldera	Gas-fired condensing boiler
Tipo de combustible	1-Gas natural
Capacidad nominal (W)	Autosize
Modo de Flujo de la Caldera	3-No modulado
Carga eléctrica parasitaria (W)	25,000
Factor de dimensionado	1,00
Eficiencia	
Eficiencia térmica nominal	0,890
<input checked="" type="checkbox"/> Curva de eficiencia de la caldera normalizada	CondensingBoilerEff
Salida de Agua	
Caudal de diseño de agua (m3/s)	Autosize
Fracciones de Carga Parcial	
Fracción mínima de carga parcial	0,000
Fracción máxima de carga parcial	1,000
Fracción óptima de carga parcial	1,000

Curva de eficiencia de la caldera normalizada      CondensingBoilerEff

Las curvas de rendimiento de EnergyPlus por lo general son curvas polinomiales que caracterizan el rendimiento de los equipos HVAC. También se incluye una curva no-polinómica para caracterizar el rendimiento de bombas y ventiladores.

Las curvas generalmente se derivan de ajustes o regresiones a los datos comprendidos en un rango limitado. Los resultados para valores de variable independiente fuera de dicho rango suelen no ser válidos. Por eso las curvas tienen siempre un rango válido (valores máximos y mínimos permitidos) para cada variable independiente y opcionalmente pueden tener límites en la curva resultante. Si una variable independiente se encuentra fuera de rango no se produce ningún error ni mensaje de advertencia, sino que el administrador de curvas emplea el valor mínimo permitido si dicha variable se encuentra por debajo, y el valor máximo permitido si lo excede. Lo mismo sucede con los valores fuera del rango de valores permitidos para las curvas de resultados. En la caldera de gas natural utilizo la siguiente curva de rendimiento de EnergyPlus:

### BICUADRÁTICA.

Esta curva es una función de dos variables independientes. La entrada consiste en la curva del mismo nombre, los seis coeficientes, y valores mínimos máximos para cada una de las variables independientes. Entradas opcionales para las curvas mínimas y máximas quizás sean utilizadas para limitar la salida de la curva de representación (por ejemplo límite de extrapolación). La ecuación representada por la curva bicuadrática es:

$$Z = C_1 + C_2 * x + C_3 * x^2 + C_4 * y + C_5 * y^2 + C_6 * xy.$$

$C_1$  : Coeficiente constante en la ecuación.

$C_2 * x$  : Coeficiente lineal en la ecuación.



$C_3 \cdot x^2$  : Coeficiente cuadrático en la ecuación.

$C_4 \cdot y$  : Coeficiente  $C_4$  en la ecuación.

$C_5 \cdot y^2$  : Coeficiente  $C_5$  en la ecuación.

$C_6 \cdot xy$  : Coeficiente  $C_6$  en la ecuación.

Mínimo valor de x: El mínimo valor admisible de x. Valores de x menores que el mínimo serán reemplazados por el mínimo.

Máximo valor de x: El máximo valor admisible de x. Valores de x mayores que el mínimo serán reemplazados por el máximo.

Mínimo valor de y: El mínimo valor admisible de y. Valores de y menores que el mínimo serán reemplazados por el mínimo.

Máximo valor de y: El máximo valor admisible de y. Valores de y mayores que el mínimo serán reemplazados por el máximo.

Mínima salida de la curva de rendimiento: El valor mínimo admisible de la curva evaluada. Valores menores que el mínimo serán reemplazados por el mínimo.

Máxima salida de la curva de rendimiento: El valor máximo admisible de la curva evaluada. Valores mayores que el máximo serán reemplazados por el máximo.

**Entrada de la unidad tipo para x:** Este campo es utilizado para indicar el tipo de unidades que quizás sean asociadas con los valores de x. Es usado por el editor para exponer las unidades apropiadas del sistema internacional para el máximo valor de x y el mínimo valor de x. La unidad de conversión no es aplicada a los coeficientes. Las opciones disponibles se muestran más abajo. Si ninguna de estas opciones son apropiadas, seleccionamos dimensión mínima, la cual no tendrá unidades de conversión.

Opciones:

1. Dimensiones mínimas.
2. Temperatura.
3. Flujo volumétrico.
4. Flujo másico.
5. Distancia.
6. Potencia.

**Entradas de la unidad tipo para y :** Este campo es utilizado para indicar el tipo de unidades que quizás sean asociadas con los valores de y. Es usado por el editor para exponer las unidades apropiadas del sistema internacional para el máximo valor de y, y el mínimo valor de y. La unidad de conversión no es aplicada a los coeficientes. Las opciones disponibles se muestran más abajo. Si ninguna de estas opciones son apropiadas, seleccionamos dimensión mínima, la cual no tendrá unidades de conversión.

Opciones:

1. Dimensiones mínimas.
2. Temperatura.
3. Flujo volumétrico.
4. Flujo másico.
5. Distancia.
6. Potencia.

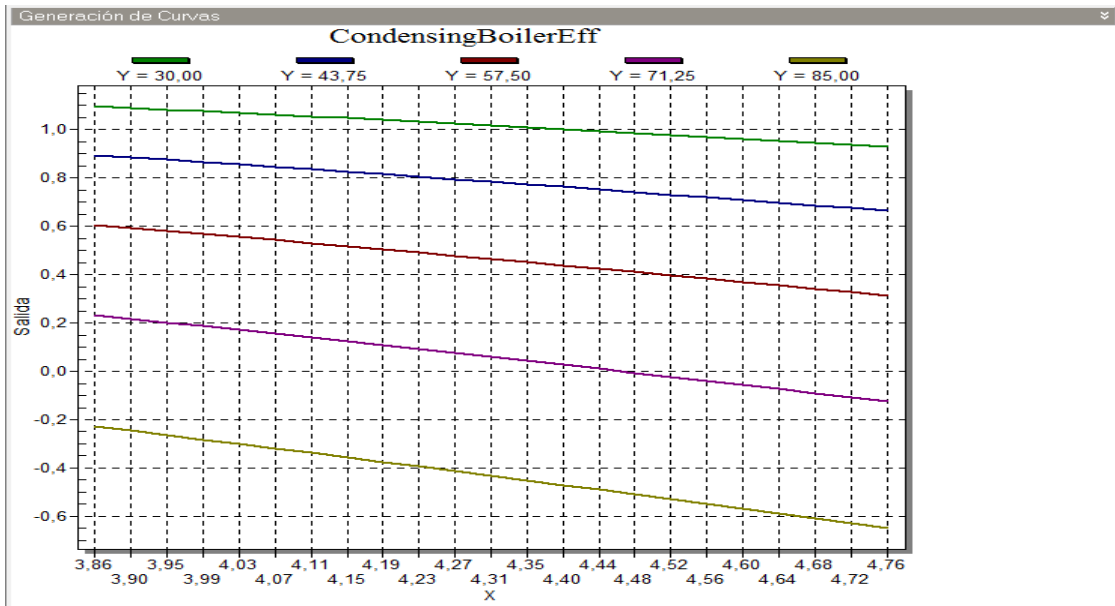
**Salida de la unidad tipo:** Este campo es usado para indicar el tipo de unidades que quizás sean asociadas con los valores de salida. Es usado por el editor IDF para exponer las unidades apropiadas del sistema internacional y del IP para la mínima y máxima salida de la curva. La unidad de conversión no es aplicada a los coeficientes. Las opciones disponibles se muestran a continuación. Si ninguna de estas opciones son apropiadas, seleccionamos Dimensiones mínimas, las cuales no tendrán unidades de conversión.

The screenshot shows the 'Curvas Datos' application window with the 'General' tab selected. The curve name is 'CondensingBoilerEff'. The 'Fuente' is 'EnergyPlus' and the 'Categoría' is 'Bi-Cuadrática'. The 'Coeficientes' section lists six values: 1,124970; 0,014964; -0,025998; 0,000000; -0,000001; and -0,001536. The 'Rango' section shows 'MínimoX' as 0,100000, 'MáximoX' as 1,000000, 'MínimoY' as 30,000000, and 'MáximoY' as 85,000000. The 'Resultados' section has fields for 'Resultado de curva mínimo', 'Resultado de curva máximo', and 'Unidades de resultados'.

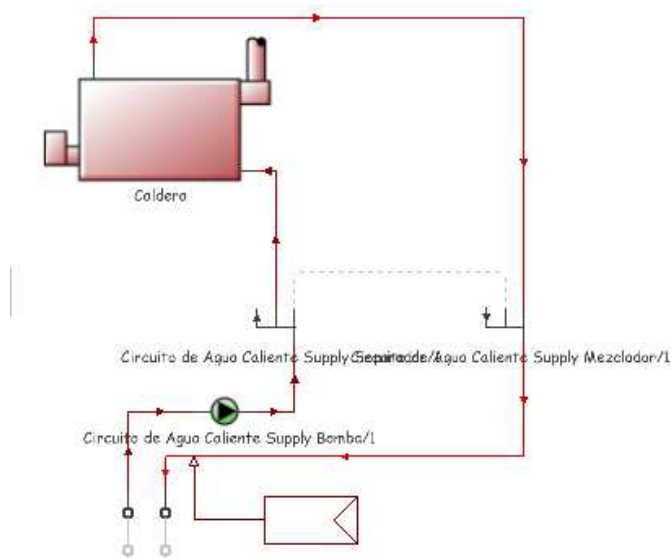
General	
Nombre	CondensingBoilerEff
Nota	
Fuente	EnergyPlus
Categoría	Bi-Cuadrática
Coeficientes	
Coeficiente 1	1,124970
Coeficiente 2	0,014964
Coeficiente 3	-0,025998
Coeficiente 4	0,000000
Coeficiente 5	-0,000001
Coeficiente 6	-0,001536
Rango	
MínimoX	0,100000
MáximoX	1,000000
MínimoY	30,000000
MáximoY	85,000000
Tipo de unidad de entrada para X	
Tipo de unidad de entrada para Y	
Resultados	
Resultado de curva mínimo	
Resultado de curva máximo	
Unidades de resultados	

### CURVA DE EFICIENCIA DE LA CALDERA DE GAS NATURAL:

$$Z = 1,124970 + 0,014964*x + (-0,025998)*x^2 + (-0,000001)*y^2 + (-0,0015369)*xy.$$

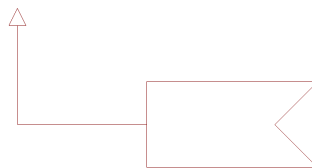


### CIRCUITO DE SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE:



### ADMINISTRADOR DE CONSIGNA:

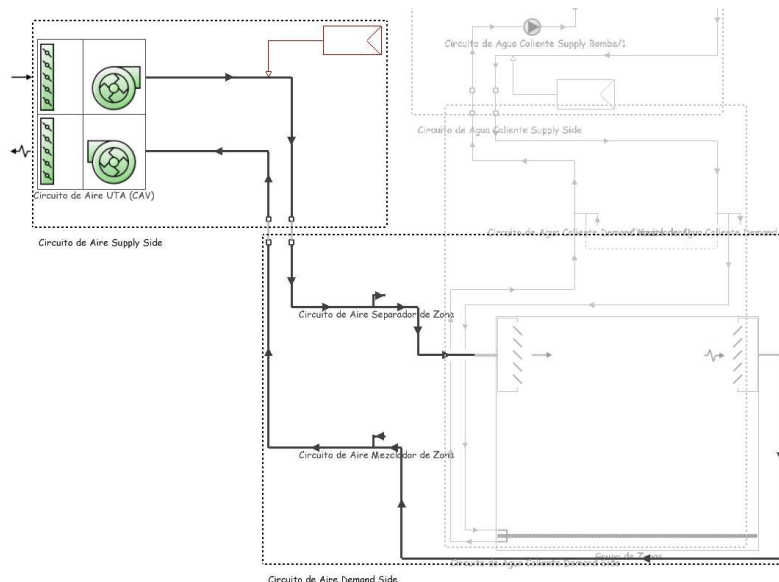
Este administrador de consignas del circuito de planta controla la temperatura de salida del agua de dicho circuito, ya sea con base en una programación o empleando ajuste con aire exterior (la temperatura de control se escala con base en la temperatura del aire exterior).



General	
Nombre	Circuito de Agua Caliente Administrador de Consi
Tipo	10-Ajuste con aire exterior
Variable de control	1-Temperatura
Relación Entre Temperaturas del Aire Exterior y Temperatura de Impulsión	
Consigna con temperatura exterior baja (°C)	45,00
Temperatura exterior baja (°C)	-2,80
Consigna con temperatura exterior alta (°C)	30,00
Temperatura exterior alta (°C)	15,00
Segunda Regla de Ajuste	
<input type="checkbox"/> Segunda regla de ajuste	

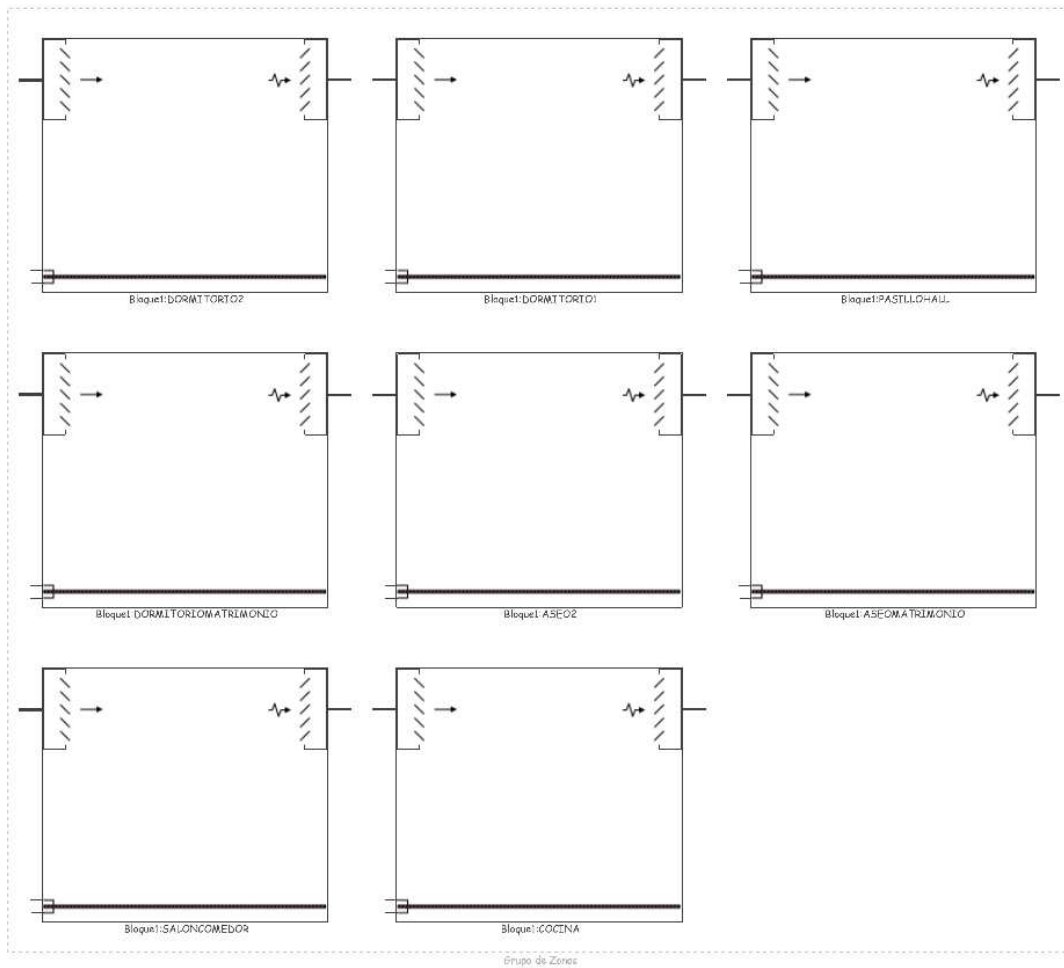
Al tratarse de suelo radiante, utilizo temperaturas de impulsión del agua comprendidas entre 30 y 45°C, en función de la temperatura exterior (fijada entre -2,8°C y 15°C).

## CIRCUITO DE AIRE



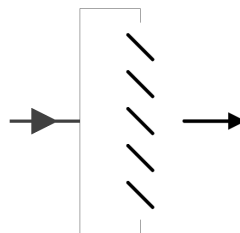
General	
Nombre	Circuito de Aire
Dimensionado	
Caudal de diseño de aire exterior (m3/s)	Autosize
Opción de dimensionado	1-No coincidente
Tipo de carga para dimensionado	1-Sensible
Método de aire exterior del sistema	1-Suma de zona
Fracción máxima de aire exterior en la zona	1,000
Calefacción	
Temperatura de diseño de precalentamiento (°C)	5,00
Ratio de humedad de diseño de precalentamiento	0,0080
Temperatura de diseño de aire de impulsión en calefa...	16,00
100% de aire exterior en calefacción	1-No
Ratio de humedad de diseño de aire de impulsión en c...	0,008
Método de caudal de aire de diseño de calefacción	2-Caudal/Sistema
Caudal de aire de diseño de calefacción (m3/s)	0,060
Refrigeración	
Temperatura de diseño de preenfriamiento (°C)	11,00
Ratio de humedad de diseño de preenfriamiento	0,0080
Temperatura de diseño de aire de impulsión en refriger...	12,00
100% de aire exterior en refrigeración	1-No
Ratio de humedad de diseño de aire de impulsión en r...	0,0080
Método de caudal de aire de diseño de refrigeración	2-Caudal/Sistema
Caudal de aire de diseño de refrigeración (m3/s)	0,060

## 9.4.- GRUPO DE ZONAS:



### 9.4.1.- COMPONENTES GRUPO DE ZONAS:

#### UNIDAD DE AIRE DIRECTO:



Las unidades terminales de aire directo solo requieren el caudal de aire máximo ( $0,06\text{m}^3/\text{s}$ ) y la programación de disponibilidad.

Las unidades terminales de aire directo permiten impulsar aire de la UTA a las zonas, sin ningún nivel de control o atemperación posterior.

## SUELO RADIANTE:

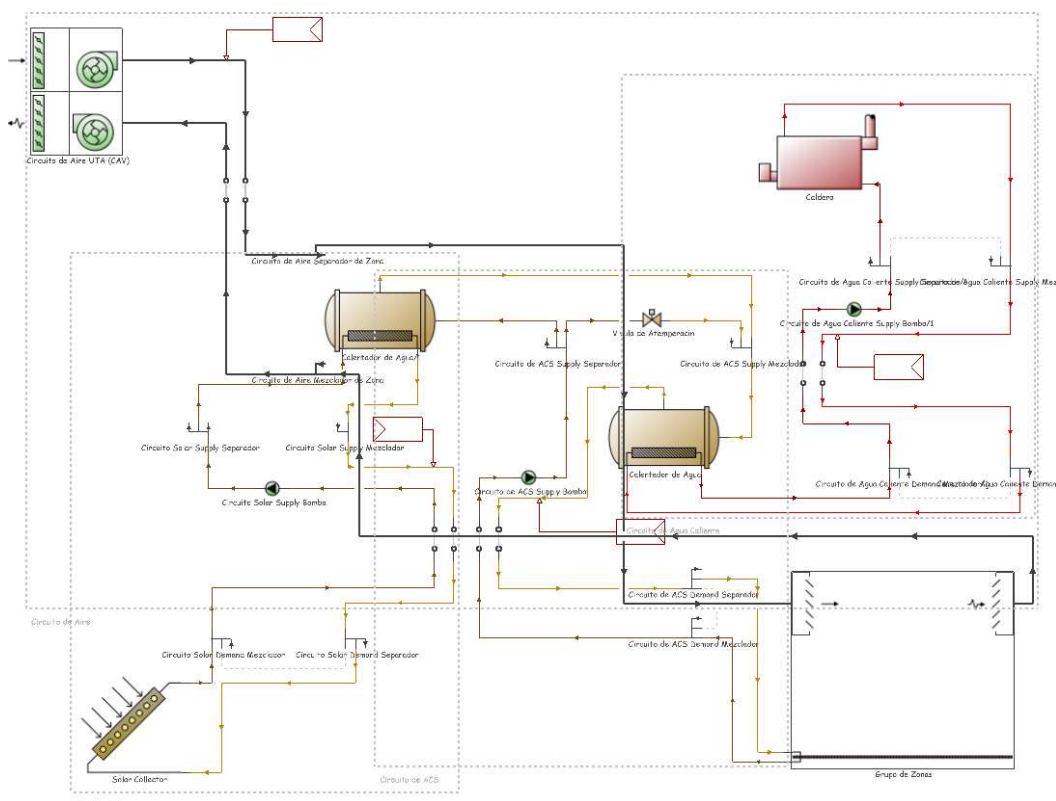
Un suelo radiante es un componente de zona que representa un suelo en cuyo interior se hace circular agua caliente. Los componentes de cerramiento empleados para ello deben tener definida una fuente interna (pestaña Cerramientos). Esto permite a EnergyPlus identificar la posición de la tubería de agua caliente dentro del cerramiento.

Fuente interna	
<input checked="" type="checkbox"/> Fuente interna	
Capa después de la cual se ubica la fuente interna	2
Dimensiones	2-2D
Espaciamiento de tubos (m)	0,200



## 10.- INSTALACIÓN TÉRMICA 2. SOLAR-TÉRMICA Y VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR:

### 10.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN



### 10.2.- COMO FUNCIONA LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA:

Desde hace varios años, oímos hablar sobre la energía solar térmica, vemos instalados paneles solares en las cubiertas de los edificios, viviendas unifamiliares, hoteles, etc. considerándola una energía limpia y eficiente. En este artículo explicaremos cómo funciona, qué elementos se necesita y qué debemos tener en cuenta para sacarle el mayor rendimiento. Así mismo, indicaremos las ventajas de este tipo de energía en cuanto a su rentabilidad y eficiencia energética. (Instalacionesyeficienciaenergética)

#### ¿En qué consiste la Energía Solar Térmica?

Para hacerse una idea, indicamos que el porcentaje de consumo energético de agua caliente sanitaria de una vivienda o un hospital, corresponde a un 20%. En hoteles, dependiendo del tipo de establecimiento, rondaría el 23%. Por lo tanto, es uno de los sistemas donde podemos actuar para reducir costes, con el consiguiente ahorro energético y disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>. Indicar también, que la energía solar térmica, no sólo se usa para el aprovechamiento en grifos y duchas, sino que se puede utilizar como apoyo para calentamiento de piscinas, calefacción, precalentamientos etc. (Instalacionesyeficienciaenergética)



Pero, ¿en qué consiste la Energía Solar Térmica?. Pues la respuesta es sencilla. Si disponemos de una fuente inagotable de energía, como es la radiación solar, y con ella podemos calentar un fluido sin la utilización de ningún combustible y aprovecharla para diferentes usos, la idea parece genial ¿no?. Por ello, una de las palabras clave en la energía solar térmica es el aprovechamiento de la energía del sol. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Una vez que sabemos que nos podemos aprovechar de esa energía, necesitamos elementos que permitan captarla, transportarla, cederla y acumularla.

¿Cuáles son los Componentes de una Instalación de Energía Solar Térmica?

**Los elementos básicos que intervienen en una instalación de este tipo son los siguientes:**

### **Captadores o Paneles Solares**



### **Paneles Solares Térmicos**

Nos permiten captar la radiación solar y calentar el fluido caloportador que circula por ellos. Los hay de diferentes tipos y con diferentes rendimientos.



## Circuito Hidráulico



### Tubería Cobre Circuito Hidráulico

Lógicamente, necesitaremos un circuito por donde transportar el agua calentada en los captadores. Este circuito será cerrado (instalaciones más habituales). Por lo tanto, hablaremos de circuitos de ida (salida de paneles) y retorno (entrada a paneles). Podemos hacer un símil, en el que los captadores corresponderían a una caldera que caliente el agua, y el circuito cerrado, a la ida y retorno de una instalación de calefacción. (Instalacionesyeficienciaenergética)

### Intercambiador de Calor



### Intercambiadores de Placas

En la instalación solar térmica, debemos ceder el calor transportado mediante un intercambiador de calor. Continuando con el símil de una instalación de calefacción, en ella cedemos el calor al ambiente mediante radiadores, mientras que en una instalación solar, lo cedemos al agua de consumo mediante un intercambiador. El circuito cerrado que une los captadores se denomina Circuito Primario; el Circuito Secundario corresponde a aquél que parte del intercambiador al depósito de acumulación solar. Los intercambiadores pueden ser externos al depósito (intercambiadores de placas), o interiores (serpentín), en cuyo caso hablaremos de interacumuladores. (Instalacionesyeficienciaenergética)

## Acumulación



### Depósito de Acumulación

La energía solar térmica, no se consume en su totalidad instantáneamente, ya que depende de la demanda existente en cada momento, por lo que, para no desaprovecharla, es necesario acumularla. Por ello, necesitamos un sistema de acumulación del agua caliente de consumo, para que se pueda suministrar a medida que se va demandando. Esto se consigue con los Acumuladores o Interacumuladores, que no son más que depósitos con capacidad y aislamiento suficiente para evitar, en lo posible, las pérdidas de energía. (Instalacionesyeficienciaenergética)

### Bombas de Circulación



### Kit de bombeo solar

Para mover los caudales de fluido necesarios además de vencer las pérdidas de carga de los circuitos, es necesaria la existencia de un circulador o bomba.

## Energía Auxiliar Convencional



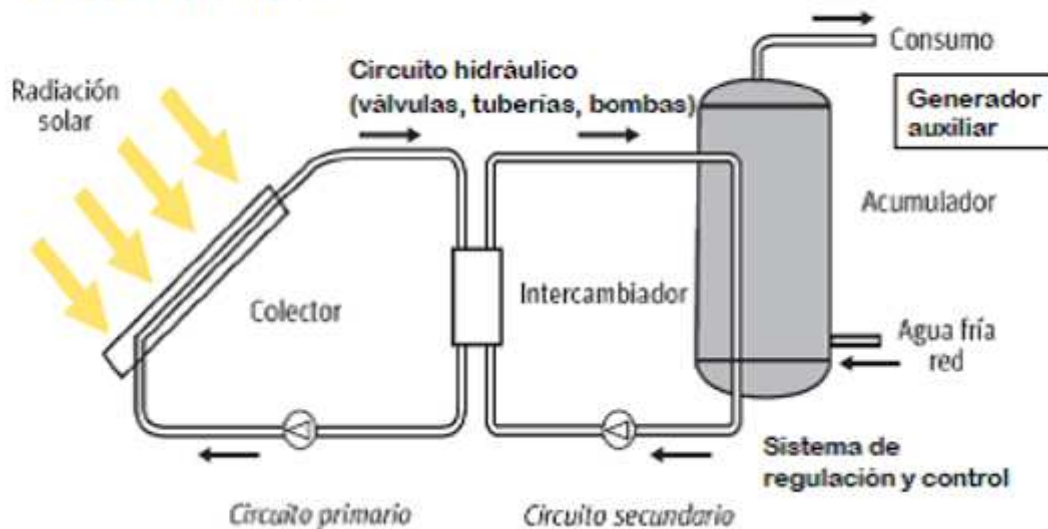
### Caldera como equipo auxiliar

En períodos de baja radiación térmica o con altas demandas de consumos, necesitaremos un sistema de apoyo que caliente el agua, independientemente del sistema solar, denominado generador auxiliar. Por lo general, se utilizan calderas, que comenzaran a funcionar en esas condiciones, para calentar el agua a la temperatura prefijada (temperatura de consigna).

**A continuación, se muestra un esquema de una instalación de energía solar térmica, para visualizar y entender todos estos conceptos.**

# Instalación Solar Térmica de Baja Temperatura

## ESQUEMA BÁSICO



En las pequeñas instalaciones para agua caliente sanitaria (por ejemplo viviendas unifamiliares), todos estos elementos se unen en uno solo, formando lo que se denominan equipos compactos o kit's. (Instalacionesyeficienciaenergética)

## ¿Cuáles son los Elementos Necesarios para la Seguridad?

En el circuito primario, se necesita disponer de elementos de seguridad, para garantizar que la instalación trabaje en óptimas condiciones y no se deteriore. A continuación, se enumeran los elementos de seguridad más importantes que componen una instalación solar térmica de baja temperatura:

### Vasos de Expansión



### Vasos de expansión de diferentes tamaños

A medida que aumenta la temperatura del agua, aumenta su volumen. Por lo tanto, necesitamos un elemento que absorba ese aumento que se produce al expandirse el fluido caloportador. Para ello, se utilizan recipientes denominados vasos o depósitos de expansión. Los hay de dos tipos: abiertos y cerrados. Los más habituales son los depósitos de expansión cerrados. Deben estar diseñados, para trabajar en el circuito solar. (Instalacionesyeficienciaenergética)

### Válvulas de Seguridad



### Válvula de seguridad para circuito solar

Se utiliza para controlar la presión en el circuito primario. Cuando se alcanza el valor de calibración, la válvula descarga líquido para impedir que la presión de la instalación alcance límites peligrosos para el funcionamiento de los colectores solares y de los dispositivos instalados. Deben estar diseñadas para trabajar en el circuito solar. (Instalacionesyeficienciaenergética)

### Glicol



### Envase de fluido caloportador

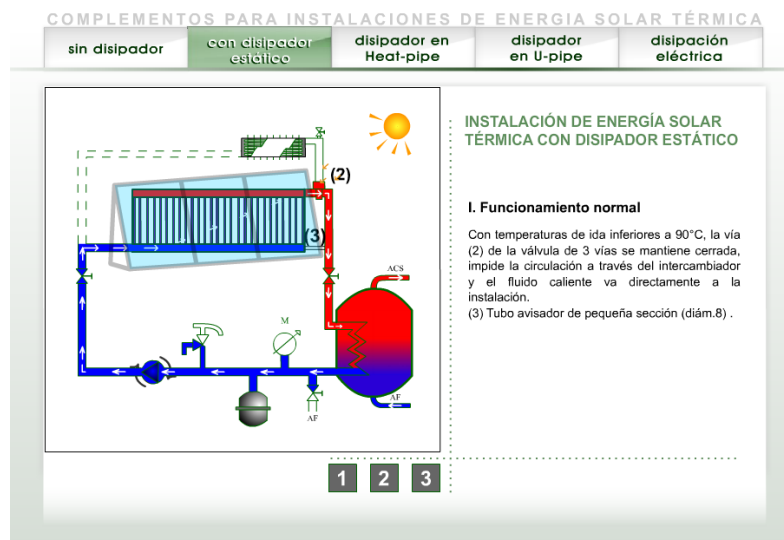
Un líquido ideal para transportar el calor en una instalación solar térmica debería ser anticongelante, no hervir, no corroer, ser atóxico, tener una alta capacidad calorífica y un gran coeficiente de transmisión de calor, no se debe gastar y debe ser económicamente accesible. Este líquido ideal “no existe”, lo más cerca que se ha llegado a los parámetros ideales es un porcentaje del 60% de agua y un 40% de glicol (Etilenglicol o Propilenglicol). (Instalacionesyeficienciaenergética)

## Disipadores de Calor

Para evitar aumentos de temperatura peligrosos en el circuito primario de la instalación de energía solar, es necesario disponer de elementos que disipen ese calor excedente (en el caso de no aprovecharlo). Para ello existen diferentes sistemas en el mercado, como disipadores estáticos, aerotermos (ventiladores) etc.

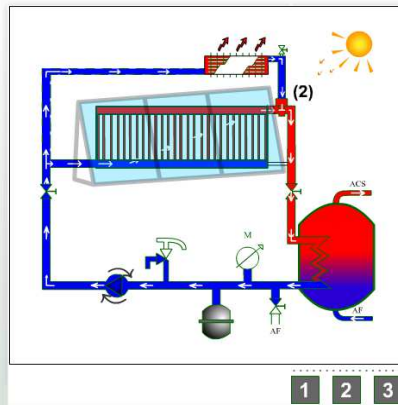
En la siguiente infografía, se muestran diferentes sistemas de disipación de calor. Se puede observar cómo funciona una instalación de energía solar térmica y cómo se puede disipar el calor. (Instalaciones y eficiencia energética)

## DISIPADORES ESTÁTICOS:



COMPLEMENTOS PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

sin disipador	con disipador estático	disipador en Heat-pipe	disipador en U-pipe	disipación eléctrica
---------------	------------------------	------------------------	---------------------	----------------------



INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA CON DISIPADOR ESTÁTICO

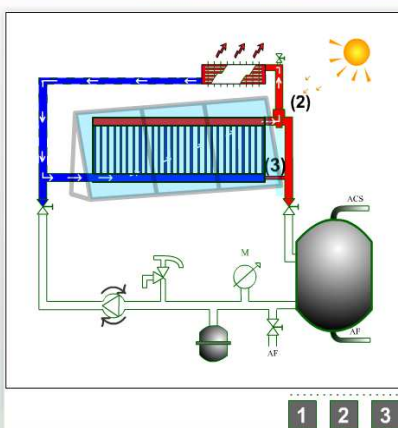
II. Enfriamiento parcial (baja demanda energética)

En épocas de gran aportación de energía solar y baja demanda de calor, situación típica en verano, y cuando la temperatura de salida de los colectores alcanza 90°C, abre la vía (2) de la válvula K6-11. En estas condiciones, el 50% del agua de retorno irá hacia el disipador de calor y el otro 50% entrará en los colectores. La válvula K6-11 mezclará ambas corrientes antes de ir a la instalación

- 1
- 2
- 3

COMPLEMENTOS PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

sin disipador	con disipador estático	disipador en Heat-pipe	disipador en U-pipe	disipación eléctrica
---------------	------------------------	------------------------	---------------------	----------------------



INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA CON DISIPADOR ESTÁTICO

III. Enfriamiento de seguridad total por paro de la bomba

Sin circulación forzada, se establece otra por gravedad a través del tubo by-pass (3) de pequeño diámetro y así se lleva la temperatura más alta de los colectores al elemento termostático de la válvula K6-11 (2). Ahora se dará lugar a la circulación termosifónica en sentido contrario al caso anterior II, y el intercambiador disipará todo el calor generado por encima del nivel de temperatura de 90°C.

- 1
- 2
- 3

Purgadores



Purgador Solar

Para extraer el aire que se acumula en el interior del circuito primario y provoca graves problemas de funcionamiento de la instalación, se deben instalar purgadores en las partes altas. Estos elementos deben estar diseñados para trabajar en un circuito solar. (Instalacionesyeficienciaenergética)



## Control Automático



### Central control automático

Para que todo el sistema funcione correctamente, se debe disponer de un control automático, más o menos complejo, dependiendo del tamaño de la instalación, con sondas de medición de temperaturas en paneles, depósitos, programación, activación de disipador eléctrico (en caso de existir este sistema), programador, control de bombas, etc. (Instalaciones y eficiencia energética)

### ¿Qué debemos tener en cuenta para Obtener la Máxima Eficiencia?

Desde luego, la instalación de energía solar térmica es un gran sistema para aprovechar la radiación del sol y transformarla en calor. Estamos ante una energía limpia, y que nos reportará grandes ahorros desde el punto de vista energético, y consecuentemente económico. Pero para ello, el sistema debe ser eficiente. De poco vale, disponer de una instalación de este tipo, si está mal diseñada, mal ejecutada, funciona mal, o está parada.

Una instalación en óptimas condiciones, es capaz de eliminar un gran porcentaje de la energía convencional que se usaría si no existiera dicha instalación. Para nuestras condiciones climáticas, los porcentajes ahorrados varían entre un 70-80% en Agua Caliente Sanitaria, 40% en Suelo Radiante y un 15% en Calefacción Convencional.

Las instalaciones de energía solar térmica, se amortizan en un corto espacio de tiempo, dependiendo de la magnitud de la instalación (entre 5 y 10 años), y se adaptan fácilmente a las instalaciones convencionales ya existentes.

La amortización del sistema solar, es inversamente proporcional al consumo, es decir, cuanta más agua caliente se consuma, más rápidamente se amortiza la inversión.

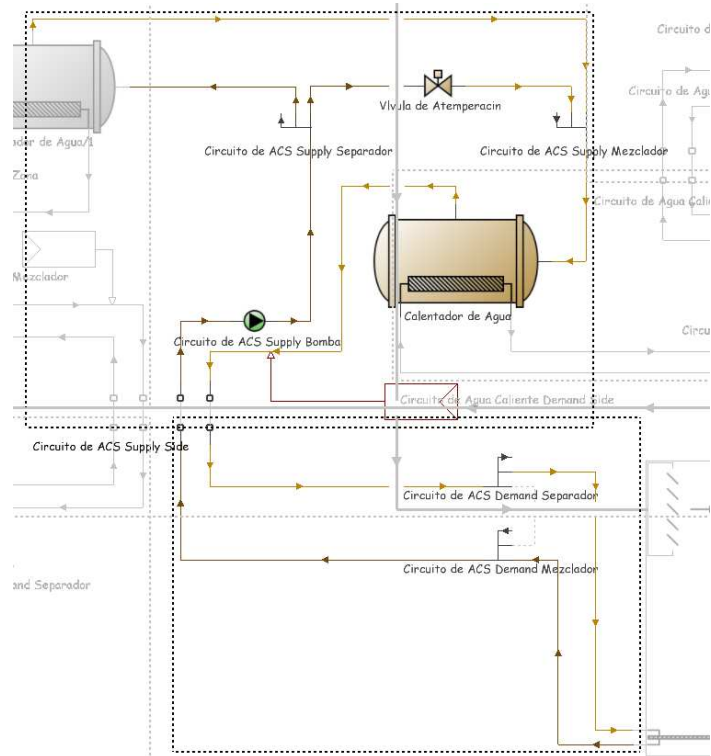
Por último, indicar que la vida útil de los sistemas de captación térmica es de 20 años, por lo que con los períodos de amortización indicados anteriormente, se



dispondrá de agua caliente prácticamente gratis, durante un largo intervalo de tiempo. (Instalacionesyeficienciaenergética)

## CIRCUITO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

### ESQUEMA:



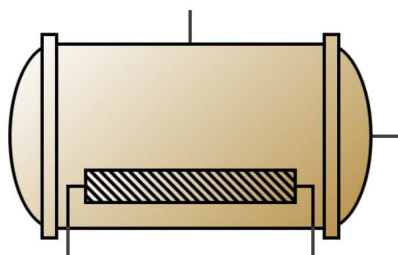
## CARACTERÍSTICAS:

Círculo de planta Datos	
General	Operación del Equipamiento de la Planta
<b>General</b>	
Nombre	Círculo de ACS
Tipo de fluido	2-Etilenglicol
Concentración de glicol	0,400
Volumen del círculo de planta (m3)	Autocalculate
<b>Tipo de Flujo</b>	
Tipo de flujo del círculo de planta	2-Flujo variable
<b>Temperatura</b>	
Temperatura máxima del círculo (°C)	80,00
Temperatura mínima del círculo (°C)	0,00
<b>Caudal</b>	
Caudal máximo del círculo (m3/s)	Autosize
Caudal mínimo del círculo (m3/s)	0,000000
Esquema de distribución de carga	1-Sequential
Esquema de cálculo de la demanda del círculo de planta	1-SingleSetPoint
<b>Dimensionado</b>	
Temperatura de diseño a la salida del círculo (°C)	35,00
Salto de temperatura en el círculo (deltaC)	10,00
<b>Funcionamiento</b>	
Programación de disponibilidad	On

Círculo de planta Datos	
General	Operación del Equipamiento de la Planta
<b>General</b>	
Número de esquemas	1
<b>Esquema 1</b>	
Tipo de operación	3-Heating load
Programación de funcionamiento	On
Número de rangos	1
<b>Rango 1</b>	
Límite inferior (W)	0,00
Límite superior (W)	1000000000000000,00
<b>Equipos</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Válvula de Atemperación	
Priority	1
<input checked="" type="checkbox"/> Calentador de Agua	
Priority	2
<input checked="" type="checkbox"/> Calentador de Agua/1	
Priority	3

La concentración de Etilenglicol es del 40%, ya que como ha quedado dicho en el apartado **11.7.5**; es lo más cerca que se ha llegado a los parámetros ideales de un porcentaje del 60% de agua y un 40% de glicol (Etilenglicol o Propilenglicol).

## CALENTADOR DE AGUA:



El componente Calentador de agua proporciona calor a la parte de suministro de los sub-circuitos de ACS. Puede emplear un dispositivo eléctrico propio, o extraer calor de una batería de agua caliente conectado a la parte de la demanda de un circuito de agua caliente.

Para estimar pérdidas de calor al ambiente, la temperatura ambiental se puede tomar de una programación, una zona o el ambiente exterior. Cuando se emplea una zona, se puede añadir una fracción de pérdida de la piel al balance térmico de dicha zona, como una ganancia de calor interna.

Las opciones de control permiten ciclar o modular el calentador para cubrir la carga. Cuando se cicla el calentador o quemador se enciende o se apaga. El calentador permanece completamente activo mientras calienta el tanque hasta alcanzar la consigna de temperatura. Cuando sucede esto último, el calentador se apaga y permanece así hasta que la temperatura del tanque cae por debajo de la temperatura de interrupción (por ejemplo la consigna de temperatura menos la diferencia de temperaturas de la banda muerta). El calentador se enciende y se apaga para mantener la temperatura del tanque dentro de los límites de la banda muerta. La mayoría de los calentadores de agua con tanque de almacenamiento funcionan de esta manera.

Cuando se emplea modulación, la potencia del calentador varía entre sus potencias máxima y mínima. El calentador permanece encendido mientras la demanda total requerida se encuentra por arriba de la capacidad máxima. Debajo de la capacidad mínima, el calentador comienza a encenderse y apagarse con base en la diferencia de temperaturas de la banda muerta. El equipo generalmente se diseña para evitar esta condición. Por lo general los calentadores de agua instantáneos/sin tanque funcionan de esta manera.

## ADMINISTRADOR DE CONSIGNA:



El administrador de consignas del circuito de planta controla la temperatura de salida del agua de dicho circuito, ya sea con base en una programación o empleando ajuste con aire exterior (la temperatura de control se escala con base en la temperatura del aire exterior)

**Administrador de Consignas Datos**

Administrador de Consignas

General

Nombre: Circuito de ACS Administrador de Consigna

Tipo: 1-Programación

Programación

Variable de control: 1-Temperatura

Programación de consigna variable: Underfloor heating setpoint temperature: Always ...

---

**Programaciones Datos**

General

General

Nombre: Underfloor heating setpoint temperature: Always 40.00.1

Descripción:

Fuente: DesignBuilder

Categoría: <General>

Región: SPAIN

Tipo de programación: 2-Programación Compacta

Perfiles

Schedule: Compact  
On,  
Any Number,  
Through: 12/31,  
For: AllDays,  
Until: 24:00, 40;

Una programación compacta hasta alcanzar 40°C el agua de impulsión como límite máximo.

### BOMBA:



**Bomba Datos**

General

General

Nombre: Circuito de ACS Supply Bomba

Tipo: 1-Velocidad constante

Parámetros de Bomba

Consumo nominal de energía (W): Autosize

Altura de bombeo nominal (Pa): 20000,00

Eficiencia del motor: 0,90

Fracción de ineficiencias del motor a la corriente del fluido: 0,00

Tipo de control de la bomba: 2-Intermitente

Esta bomba se ha establecido como de Velocidad constante debido a que el Circuito de planta se ha definido como de Velocidad constante.

### Tipo de control de Bomba

Cuando se selecciona el tipo Continuo, la bomba funcionará independientemente de si hay una carga o no la hay. Esto puede provocar que se añada calor al circuito si ningún equipamiento está activo. Si se selecciona la opción

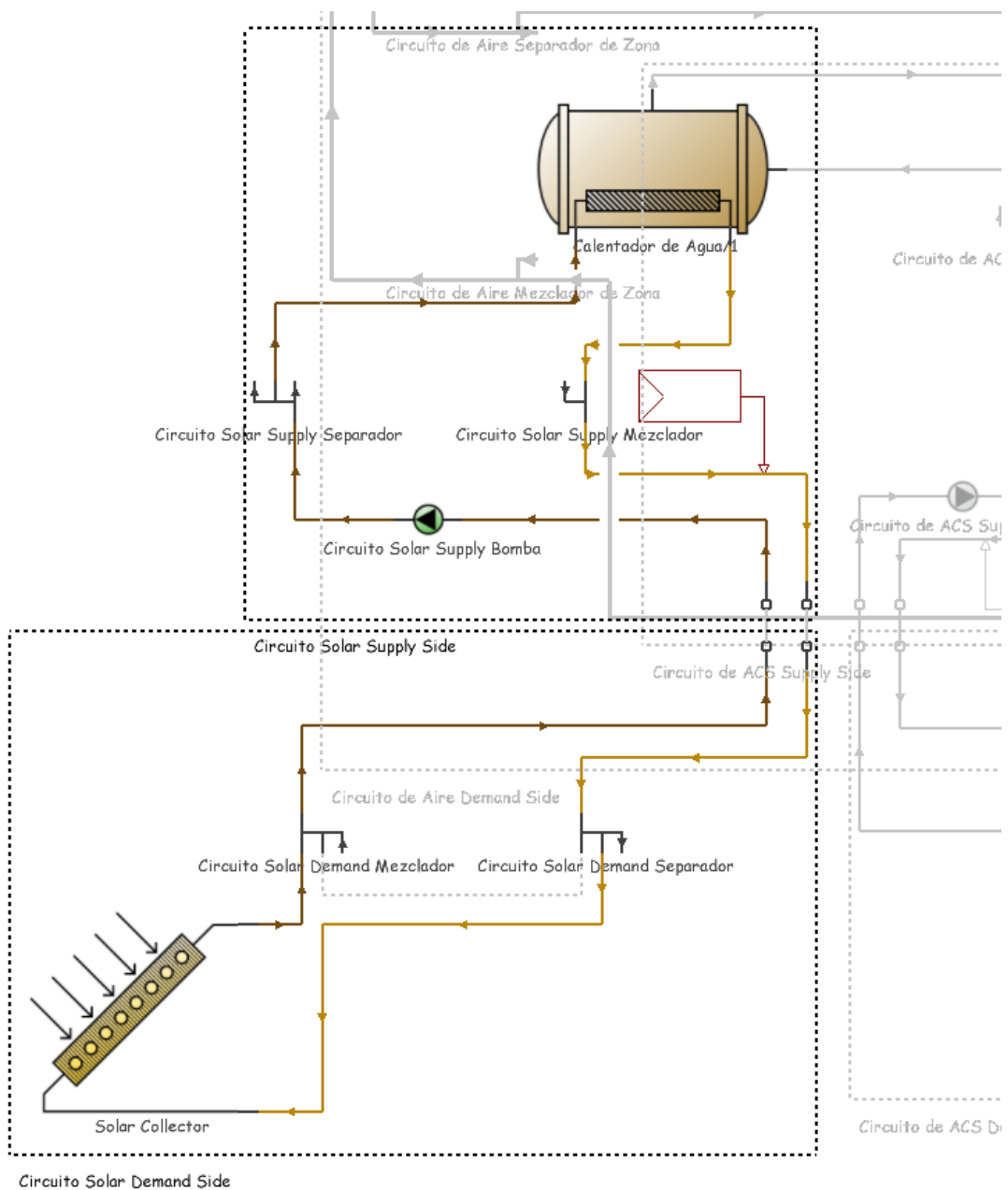
intermitente, la bomba funcionará a su capacidad cuando se detecte una carga, y en caso contrario dejará de funcionar.

Es por ello, por lo que se ha seleccionado la opción intermitente, para no añadir calor al circuito sin ningún equipamiento está activo, con el consecuente sobrecalentamiento que se puede producir en la instalación.

### CIRCUITO DE AIRE:

Se trata del mismo circuito de aire que he utilizado en la primera instalación térmica, y que voy a utilizar en el resto de instalaciones, con ventilación mecánica, pero sin recuperación de calor.

### CIRCUITO SOLAR:



**Circuito de planta Datos**

General | Operación del Equipamiento de la Planta

General

Nombre: Circuito Solar

Tipo de fluido: 2-Etilenglicol

Concentración de glicol: 0,400

Volumen del circuito de planta (m3): Autocalculate

Tipo de Flujo

Tipo de flujo del circuito de planta: 2-Flujo variable

Temperatura

Temperatura máxima del circuito (°C): 100,00

Temperatura mínima del circuito (°C): 0,00

Caudal

Caudal máximo del circuito (m3/s): Autosize

Caudal mínimo del circuito (m3/s): 0,000000

Esquema de distribución de carga: 1-Sequential

Esquema de cálculo de la demanda del circuito de planta: 1-SingleSetPoint

Protección de Temperatura

Protección de baja temperatura

Temperatura debajo de la cual el sistema se activa (°C): 5

Protección de temperatura alta

Temperatura arriba de la cual el sistema se desactiva (°C): 90,00

Termostato Diferencial

Termostato diferencial

Diferencia de temperatura para activar el sistema (deltaC): 10,00

Diferencia de temperatura para desactivar el sistema (deltaC): 2,00

Dimensionado

Temperatura de diseño a la salida del circuito (°C): 80,00

Salto de temperatura en el circuito (deltaC): 10,00

Funcionamiento

Programación de disponibilidad: On

**Circuito de planta Datos**

General | Operación del Equipamiento de la Planta

General

Número de esquemas: 1

Esquema 1

Tipo de operación: 3-Heating load

Programación de funcionamiento: On

Número de rangos: 1

Rango 1

Límite inferior (W): 0,00

Límite superior (W): 1000000000000000,00

Equipos

Calentador de Agua/1

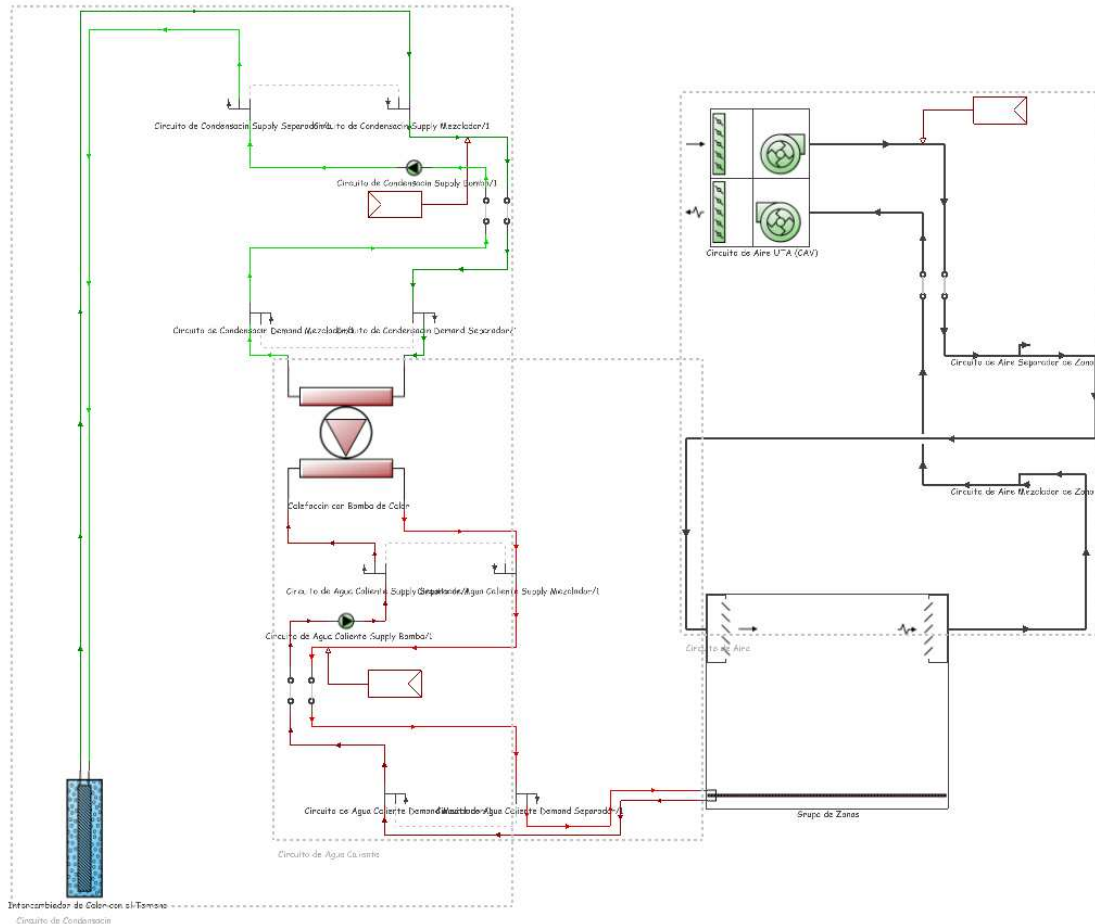
Priority: 1

## CIRCUITO DE PLANTA DE AGUA CALIENTE:

Se trata de un circuito que posee una caldera de gas natural

## 11.- INSTALACIÓN TÉRMICA 3. GEOTERMIA Y VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR:

### 11.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN:



### 11.2.- COMO FUNCIONA LA GEOTERMIA:

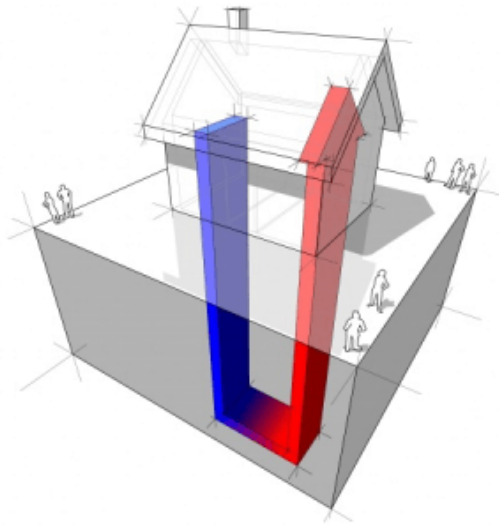
Una de las energías renovables con más auge en estos últimos años, ha sido la geotermia (calor de la tierra). A pesar de que la energía geotérmica ha sido utilizada desde hace siglos, es una gran desconocida, pero no por ello está carente de un gran potencial. A continuación explicaré en qué consiste la energía geotérmica, cómo funciona, cuáles son sus aplicaciones y qué ahorros energéticos podemos conseguir, utilizando ésta tecnología. (Instalaciones y eficiencia energética)

#### ¿Qué es la Energía Geotérmica?

A diferencia de la mayoría de las energías renovables, la energía geotérmica no tiene su origen principal en la radiación del sol, sino en la diferencia de temperaturas que existe entre el interior de la tierra y su superficie.

Por lo tanto, podemos definir la energía geotérmica como aquella energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie de la tierra. Engloba el calor almacenado en suelos, rocas, aguas subterráneas cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia. (Instalacionesyeficienciaenergética)

De esta forma, sabemos, que en mayor o menor medida, se encuentra almacenada bajo nuestros pies una energía que podemos y debemos aprovechar.



En función de la entalpía y la temperatura existente en el subsuelo, se puede realizar la siguiente clasificación:

		Rango de Temperaturas en Terreno	Utilización
<b>MUY BAJA ENTALPIA</b>	Subsuelo (con y sin agua)	5°C < T < 25°C	Calefacción, ACS, Climatización
	Aguas Subterráneas	10°C < T < 22°C	
<b>BAJA ENTALPIA</b>	Aguas Termales	22°C < T < 50°C	Balnearios, Acuicultura
	Zonas Volcánicas	T < 100°C	District Heating
	Almacenes Sedimentarios Profundos		
<b>MEDIA ENTALPIA</b>		100°C < T < 150°C	Generación Eléctrica Ciclos Binarios
<b>ALTA ENTALPIA</b>		T > 150°C	Generación Eléctrica

Como vemos, la energía geotérmica, la podemos aprovechar, según su entalpía y temperaturas, para dos aplicaciones principales: Calor (Climatización, Agua Caliente Sanitaria, Calefacción) y Generación de Energía Eléctrica.

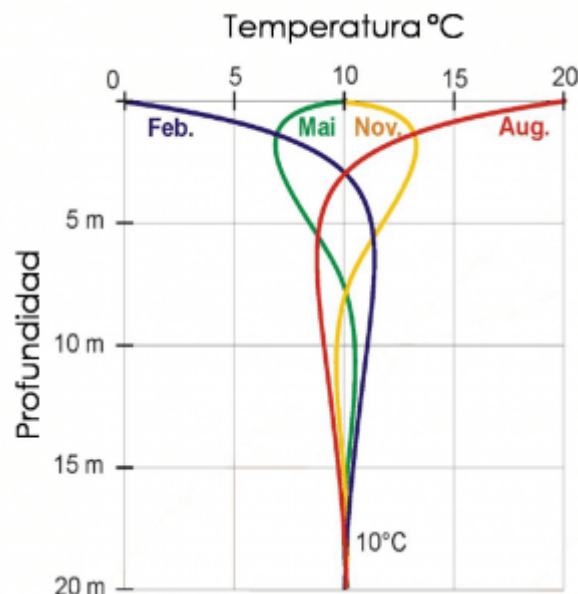


En la siguiente gráfica, se indican las diferentes tecnologías aplicables para cada uso. Me centro en la Bomba de Calor. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Recursos Geotérmicos		Rango de Temperaturas en Terreno	Tecnología
Muy Baja Entalpía		5°C < T < 25°C	Bomba de Calor
CONVENCIONALES	Baja Entalpía	25°C < T < 50°C	Puede Precisar Bomba de Calor
		50°C < T < 100°C	District Heating. Usos Directos
	Media Entalpía	100°C < T < 150°C	Generación Eléctrica Ciclos Binarios
	Alta Entalpía	T > 150°C	Electricidad
NO CONVENCIONALES	EGS - HDR	T > 150°C	Generación Eléctrica Ciclos Binarios
	Supercríticos	T > 300°C	Electricidad Hidrógeno

La aplicación de energía geotérmica de muy baja entalpía para producción de calor con destino a calefacción y/o climatización para viviendas unifamiliares, edificios residenciales, edificios de oficinas, colegios, es el sistema más comúnmente utilizado en edificación. (Instalacionesyeficienciaenergética)

### ¿Cómo Aprovechamos la Energía Geotérmica de Muy Baja Entalpía?



Si nos fijamos en el gráfico, para diferentes épocas del año, la temperatura del terreno tiende a ser constante (10°C) a 10 metros de profundidad.

El color Azul corresponde al invierno ( $0^{\circ}\text{C}$  exteriores), y a medida que profundizamos la temperatura va aumentando, hasta alcanzar un valor de  $10^{\circ}\text{C}$ .

El color Rojo corresponde a la época de verano ( $20^{\circ}\text{C}$  exteriores), donde ocurre lo contrario. A medida que profundizamos, la temperatura desciende hasta alcanzar un valor de  $10^{\circ}\text{C}$ . (Instalaciones y eficiencia energética)

Por lo tanto, a una profundidad de 15 a 20 metros, se considera que el terreno comienza a estar a una temperatura constante todo el año, independientemente de la temperatura exterior, con un valor ligeramente superior a la media anual de la superficie (Por ejemplo, en España se consideran  $15^{\circ}\text{C}$ ).

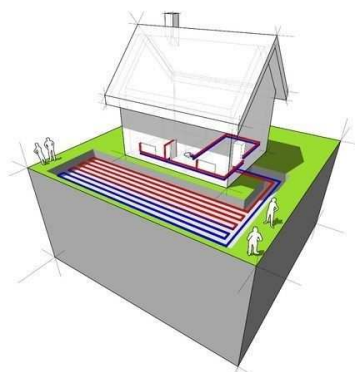
Por debajo de 20 metros, la temperatura aumenta a razón de unos  $3^{\circ}\text{C}$  por cada 100 metros de profundidad, debido al gradiente geotérmico. Es decir, que a medida que se profundiza, mayor importancia adquiere la energía procedente del interior de la tierra y menos la procedente del sol. No obstante, en las primeras decenas de metros, el sol es una auténtica fuente de energía, que no solo calienta la corteza terrestre, sino que calienta toda la atmósfera, y por consiguiente el agua de lluvia que se convierte en un aporte extra de energía al terreno. (Instalaciones y eficiencia energética)

Esta energía disponible, la podemos aprovechar intercambiándola con un fluido caloportador.

### ¿Cómo Captamos la Energía Geotérmica?

Hemos visto hasta ahora, que disponemos de una fuente inagotable de energía durante todas las épocas del año. Para aprovechar esa energía, necesitamos sistemas que nos permitan captarla o cederla como consecuencia del salto térmico entre el terreno y el fluido caloportador. También, es posible extraer las aguas subterráneas y aprovechar su temperatura. Veamos los sistemas de captación de la energía geotérmica: (Instalaciones y eficiencia energética)

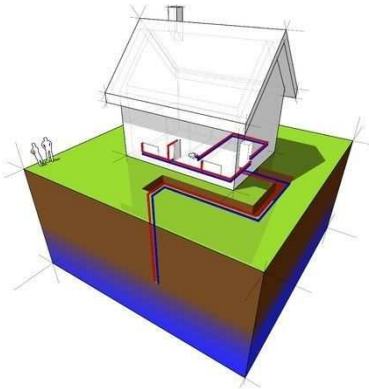
### Captación Horizontal Enterrada



Consiste en la instalación de una serie de tuberías de polietileno, denominadas colectores horizontales, por las que circula agua con glicol (anticongelante). Se necesita que la parcela disponga de una superficie amplia para poder realizar el tendido del circuito a poca profundidad.

En este sistema, debido a la escasa profundidad a la que se entierran las tuberías (0,6 a 1,5 m), el clima tiene especial influencia. El terreno sirve de

acumulador de la energía del sol, aportando la energía geotérmica un papel secundario. (Instalacionesyeficienciaenergética)



### **Captación Vertical con Sondas Geotérmicas**

En el caso de que la superficie disponible no sea suficiente para ejecutar el sistema anterior, si existen canalizaciones en el subsuelo, o si la demanda energética es alta, se utiliza el sistema de sondas geotérmicas (colectores de calor) en posición vertical en el interior de una o varias perforaciones, con profundidades que pueden oscilar entre los 25 a 150 metros, y diámetros de perforación de tan solo 10 o 15 cm.

Tiene la ventaja de que ocupa poco espacio y proporciona una gran estabilidad de las temperaturas(Instalacionesyeficienciaenergética)

### **Captación Vertical con Sondas Geotérmicas en Pilotes**



Cuando por razones de cimentación y de poca resistencia del terreno, se necesita disponer de pilotes, se aprovechan dichos elementos para la captación de la energía geotérmica integrando las sondas en las armaduras. Se denominan pilotes energéticos.

Tiene la ventaja de que aprovechamos unos elementos necesarios en la construcción de la edificación, con lo cuál, no es necesario realizar sondeos exclusivos para su instalación. (Instalacionesyeficienciaenergética)

### **Captación de Lagos o Ríos**



Es el sistema más económico, ya que no se necesitan realizar pozos ni excavaciones. Consiste en aprovechar ríos o lagos que dispongan de aguas termales a una temperatura adecuada, introduciendo directamente los captadores, realizando el intercambio térmico con el agua y no con el terreno.

Los sistemas anteriores corresponden a circuitos cerrados, en los que el fluido caloportador que circula por las tuberías no está en contacto con el terreno, ni con el agua, realizándose un intercambio térmico entre los mismos. Debe existir una bomba hidráulica en superficie que ha de vencer la pérdida de carga del circuito. (Instalacionesyeficienciaenergética)



Existe un sistema abierto, que consiste en la captación de aguas subterráneas. Para ello se extrae agua hasta la bomba de calor y se devuelve a otro punto del subsuelo en otra perforación diferente. La bomba hidráulica deberá disponer de una potencia elevada, al tener que asegurar un caudal suficiente para el correcto funcionamiento de la instalación, con lo que la eficiencia del sistema puede ser inferior a los sistemas descritos anteriormente, debido al elevado consumo eléctrico de la bomba.

Y como una imagen vale más que mil palabras, a continuación presentamos un vídeo explicativo de los diferentes sistemas que se han detallado. (Instalacionesyeficienciaenergética)

## ¿Cómo Aprovechamos la Energía Geotérmica?

En los apartados anteriores, hemos explicado en qué consiste la energía geotérmica y cómo la captamos. Pero falta por desarrollar la parte que más nos interesa a la hora del funcionamiento de una instalación geotérmica de baja temperatura y sus aplicaciones. ¿Cómo aprovechamos esa energía?

Para ello, necesitamos un equipo que nos permita absorber la energía captada del foco caliente y cederla al foco frío para su aprovechamiento en calefacción, agua caliente sanitaria y/o climatización. Ese equipo se denomina bomba de calor geotérmica. (Instalacionesyeficienciaenergética)



Centrandonos en bomba de calor inverter, explicaré extensamente cómo funciona una bomba de calor. Recordando brevemente, que es un equipo térmico que utiliza el ciclo frigorífico de un refrigerante para, mediante un circuito cerrado, absorber calor de un foco caliente (sea aire o agua) y cederlo a un foco frío.

En una bomba de calor aire-aire se absorbe energía del aire exterior, cediéndolo al ambiente interior. Es el caso de funcionamiento de los sistemas de VRV o bombas de calor inverter en funcionamiento de invierno. Estos equipos disponen de rendimientos muy buenos, y son ampliamente utilizados, pero reducen su rendimiento (COP y EER) en función de las condiciones ambientales exteriores.

De igual forma sucede con las bombas de calor aerotérmicas (aire-agua), que aunque también disponen de rendimientos altos, dependen de las condiciones climatológicas exteriores para ser más o menos eficientes.

Entonces, ¿Qué Ventaja Tienen las Bombas de Calor Geotérmicas Respecto de las Anteriores? Al disponer de una temperatura constante durante todo el año (la del terreno), el rendimiento de la bomba de calor geotérmica no depende de las condiciones exteriores, ya que está absorbiendo o cediendo energía siempre a la misma temperatura. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Eficiencia en calor (COP)

<b>A</b>	$3,60 < COP$
<b>B</b>	$3,60 \geq COP > 3,40$
<b>C</b>	$3,40 \geq COP > 3,20$
<b>D</b>	$3,20 \geq COP > 2,80$
<b>E</b>	$2,80 \geq COP > 2,60$
<b>F</b>	$2,60 \geq COP > 2,40$
<b>G</b>	$2,40 \geq COP$

Por lo tanto, la conclusión es que la bomba de calor geotérmica agua-agua es uno de los equipos de transferencia térmica más eficientes del mercado. Únicamente, tendremos el consumo de la bomba de circular del fluido caloportador (agua con anticongelante) y el compresor. Estos equipos han experimentado, en los últimos años, una gran evolución, obteniéndose COP de hasta 5 y EER de 3,5, por lo que su rendimiento estacional puede variar entre 300% – 500%(Instalacionesyeficienciaenergética)

Estaríamos hablando, por lo tanto, de equipos de clase de eficiencia A

## BOMBA DE CALOR INVERTER

Existen diferentes alternativas para climatizar los edificios. Una de ellas es la bomba de calor, capaz de proporcionar aire frío o aire caliente. Voy a explicar qué es y cómo funciona un sistema de bomba de calor aire-aire, y posteriormente el sistema inverter y vrv. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Importante también, es comprender qué es el COP y el EER, para interpretar cuál es el equipo más eficiente, desde el punto de vista del ahorro energético.

### ¿Qué es eso del Refrigerante?

Estos sistemas, se basan en el funcionamiento de un equipo tradicional de aire acondicionado. Seguramente habremos escuchado la palabra refrigerante, y lo habremos relacionado con el aire acondicionado de un coche, una nevera, etc. Pero la pregunta es: **¿cómo se puede producir frío con un refrigerante?**



Para comprenderlo, el refrigerante es un fluido que tiene la facilidad de absorber calor a una baja presión y baja temperatura, y cederlo a alta presión y alta temperatura. Para ello, necesitamos que ese fluido tenga unas características especiales. Una de ellas (entre otras muchas), es que disponga de una temperatura de ebullición (cambio de líquido a gas) muy baja. A continuación, y para hacerse una idea, se indican temperaturas de ebullición (a presión atmosférica) de diferentes elementos: (Instalacionesyeficienciaenergética)

Elemento	Temperatura de Ebullición
Agua	99,98 °C
Etanol	78,37 °C
Amoniaco	-33,34 °C
<b>Refrigerante R410A</b>	<b>-51,58 °C</b>

Debemos imaginarnos, que ese fluido se encierra en un circuito de tubería (cobre), y se pone en contacto con el ambiente que se quiere enfriar; el

refrigerante comenzará a absorber el calor y se evaporará fácilmente (baja temperatura de ebullición), con lo cual, lo que esté en contacto con esa parte del circuito estará fría. Por lo tanto, el refrigerante está absorbiendo calor a baja temperatura y baja presión, cambiando de estado de líquido a gas. Esta parte del circuito se denomina **EVAPORADOR**. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Es necesario ceder el calor absorbido por el refrigerante. Para ello, del evaporador sale el gas a baja presión. Se necesita que la presión y temperatura del gas sean altas para el cambio de estado a líquido, empleándose el **COMPRESOR**. Una vez que se consigue elevar la presión y temperatura, el refrigerante debe transformarse en líquido, es decir, condensar. Este cambio de estado, se realiza en el **CONDENSADOR**, cediendo el calor absorbido al ambiente. Para poder reiniciar el ciclo, es necesario que el refrigerante en estado líquido a alta presión, la disminuya. Para ello, previo al **EVAPORADOR**, se intercala una **VÁLVULA DE EXPANSIÓN**.

Para facilitar el proceso de evaporación y condensación, se utilizan corrientes de aire mediante ventiladores, que son los que realmente aceleran la evaporación aportando el caudal de aire necesario. De igual forma, se incluye un ventilador en el condensador para liberar el calor. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Como resumen, por las tuberías en circuito cerrado discurre un **REFRIGERANTE**, que absorbe calor en el **EVAPORADOR** (zona fría) y cede calor en el **CONDENSADOR** (zona caliente).

### ¿Cuáles son los Sistemas de Bomba de Calor?

Según lo visto anteriormente, podemos proporcionar aire frío a una dependencia de un edificio, donde se sitúe la unidad evaporadora. La bomba de calor, puede revertir el ciclo refrigerante, con lo que en invierno se aporta calor (el equipo interior actuaría de unidad condensadora y el exterior de unidad evaporadora) y en verano aportaría frío (el equipo interior actuaría de unidad evaporadora y el exterior de unidad condensadora). La/s unidad/es exterior/es incorporan el compresor. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Por lo tanto, “jugando” con el concepto de unidad evaporadora y condensadora, se pueden configurar diferentes sistemas de bombas de calor:

- Equipo Compacto: los antiguos modelos que se instalaban en las ventanas
- Equipo Split: una unidad exterior y una interior (denominado partido)
- Equipos MultiSplit: una o varias unidades exteriores y varias unidades interiores.

A la totalidad de estos sistemas se les denomina habitualmente sistemas de expansión directa **unizona** o **multizona**. (Instalacionesyeficienciaenergética)



Existen multitud de modelos de unidades interiores y exteriores, para sistemas domésticos, residenciales, o edificios terciarios. Podemos hablar de unidades tipo “casette”, unidades de conductos, unidades decorativas, etc; por lo tanto, existe una gran variedad de productos, para poder climatizar desde una vivienda, hasta un hospital. Se recomienda visitar las web de los fabricantes, y revisar los catálogos; en ellos se descubren multitud de características técnicas y usos de los equipos. (Instalaciones y eficiencia energética)

## ¿Qué es el Sistema Inverter en una Bomba de Calor?

Como hemos visto, para aumentar la temperatura y presión del gas refrigerante, es necesaria la existencia de un compresor. Este elemento tan importante, es el principal consumidor de energía eléctrica de un sistema de bomba de calor aire-aire. **¿Y qué pensaron los fabricantes para reducir el consumo energético de estos equipos?** Pues actuar sobre el funcionamiento del compresor.

En los sistemas de aire acondicionado convencionales, el control de la temperatura ambiente se realiza con un termostato que actúa parando y arrancando los equipos, y consecuentemente el compresor, con lo que los picos de consumo eléctrico son muy elevados. Se denominan sistemas todo-nada.

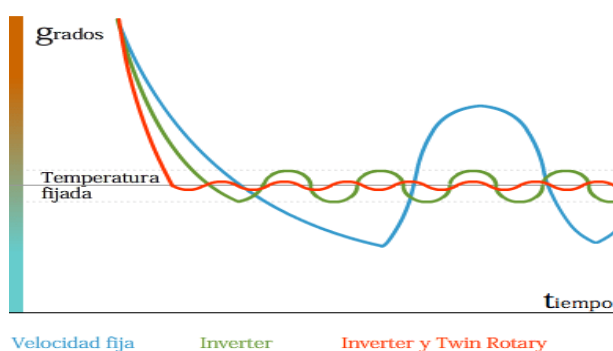
El sistema **inverter**, actúa sobre el compresor variando su velocidad, adecuándose a las necesidades térmicas demandadas, por lo que, mediante un variador de frecuencia, evitamos los continuos arranques y paradas. Se denominan sistemas proporcionales. (Instalaciones y eficiencia energética)

Las dos ventajas principales de un sistema inverter son:

### 1. Confort

- Se alcanza mucho más rápido la temperatura de consigna que en un sistema convencional.
- Mantiene la temperatura deseada con menor gasto y mínimos excesos de frío o calor.
- Menores niveles de ruido. (Instalaciones y eficiencia energética)

En la gráfica que mostramos a continuación, se muestran las grandes oscilaciones de temperatura que se originan en un sistema convencional (velocidad fija), mientras que en los sistemas inverter se observa que las oscilaciones son muy pequeñas (+1/-1°C aproximadamente).





## 2. Ahorro Energético

- Evitamos las arrancadas constantes del compresor y optimizamos la producción de energía.
- Menor mantenimiento debido a la reducción del desgaste mecánico del compresor.

### ¿Qué es un Sistema VRV en una Bomba de Calor?

Las iniciales VRV significan “Volumen de Refrigerante Variable”, aunque el término preciso sería “caudal de refrigerante variable”. A diferencia de la bomba de calor convencional, este sistema tiene la capacidad de variar el caudal de refrigerante aportado a las baterías de evaporación-condensación, controlando más eficazmente las condiciones de temperatura de los locales a climatizar. Esto ya se ha comentado antes. Todos los sistemas denominados INVERTER son sistemas VRV, aunque publicitariamente, para el mercado doméstico y residencial se utilice el primer término. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Por lo tanto, cuando nos hablen de un sistema VRV, pensaremos en un edificio terciario con numerosas unidades exteriores e interiores. Cada unidad interior, trabajará de forma independiente de las demás, solicitando la cantidad de refrigerante que necesite. Una válvula de expansión electrónica, dejará pasar la cantidad necesaria de fluido refrigerante. (Instalacionesyeficienciaenergética)



De cada unidad exterior, “colgarán” un número determinado de unidades interiores, teniendo en cuenta las limitaciones del fabricante en cuanto a las potencias térmicas y distancias de tuberías, entre otras variables.

### ¿Qué es un Sistema VRV con Recuperación de Calor?

Como ya se ha visto anteriormente, la evaporación del fluido refrigerante para enfriar un local implica la condensación del mismo y la cesión de calor al ambiente exterior. Este calor de condensación, se suele desperdiciar hacia el

exterior en sistemas aire-aire. Los sistemas con recuperación de calor permiten aprovechar ese calor hacia otro local donde se precise calefacción.

Imaginemos un edificio con fachada acristalada orientada al sur y otra orientada al norte. Supongamos un día en que la temperatura exterior es baja, pero que a partir del mediodía sobre la fachada sur incide el sol de manera directa. Quizás, las dependencias de la fachada norte demanden calor, y las dependencias de la fachada sur (por la incidencia del sol y una ocupación elevada) demanden frío. Hasta hace pocos años, con un sistema VRV convencional, sólo tendríamos la posibilidad de aportar calor o frío. (Instalacionesyeficienciaenergética)

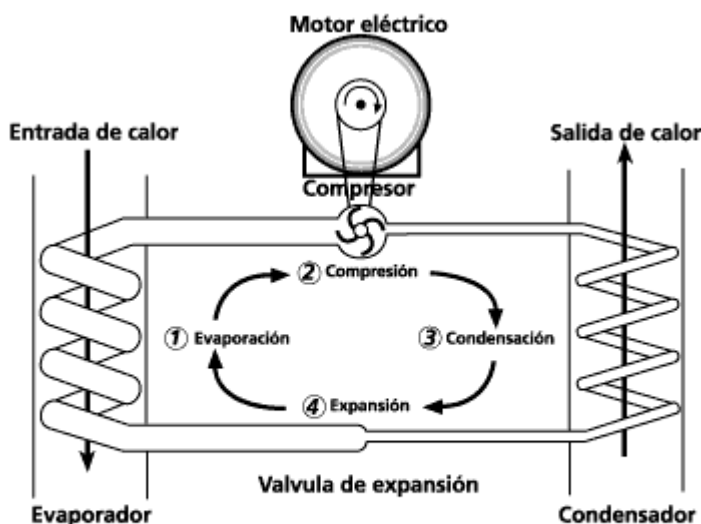
Los sistemas VRV con recuperación de calor, nos permiten aportar calor y frío simultáneamente, “transportando” el refrigerante en estado gaseoso proveniente de las unidades evaporadoras hacia las unidades de calefacción, produciéndose allí la condensación del gas. Seguidamente el líquido condensado retornará a las unidades evaporadoras. (Instalacionesyeficienciaenergética)

Esta distribución inteligente del fluido refrigerante se realiza a través de un sofisticado sistema de control electrónico.

Por lo tanto, un sistema VRV con recuperación de calor tiene las ventajas de un sistema VRV con el añadido de que el calor se puede transportar de una sala a otra sin desperdiciarlo. (Instalacionesyeficienciaenergética)

### ¿Qué es un Sistema COP y el EER?

El COP y el EER de una bomba de calor, nos van a indicar las eficacias de los equipos trabajando en calor o en frío respectivamente.



bomba de calor de compresión mecánica accionada por motor eléctrico.

Las energías puestas en juego son la potencia eléctrica que consume el compresor ( $W$ ), la potencia calorífica que cede el condensador ( $Q_c$ ) y la potencia

calorífica que absorbe el evaporador ( $Q_f$ ). El principio de conservación de la energía exige que: (Instalacionesyeficienciaenergética)

$$Q_C = Q_F + W$$

Si consideramos que el objetivo es proporcionar calor, la energía útil de la bomba de calor es  $Q_c$ . La energía que emplearemos para producir  $Q_c$  es  $W$ . Así la eficacia en calor de esta máquina sería:

$$COP = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_F + W}{W}$$

Hemos llamado COP a la eficacia de la bomba de calor. Las siglas COP, son las iniciales en inglés “Coefficient of Performance”, que puede traducirse por coeficiente de funcionamiento(Instalacionesyeficienciaenergética)

Imaginemos que el COP de una bomba de calor sea de 3,5. Esto quiere decir, que cada kWh eléctrico se transforma en 3,5 kWh de calor. Una estufa eléctrica, por ejemplo, transforma 1 kWh eléctrico en 1 kWh de calor. Por lo tanto la eficacia de las bombas de calor es muy elevada.

De igual forma, si consideramos que el objetivo es proporcionar frío, el efecto útil es el calor extraído del foco frío

$$COP = \frac{Q_F}{W}$$

Aunque en la expresión, aparece como COP, en realidad se denomina EER (Energy Efficiency Ratio), y siempre es menor al COP en calor.

Por lo tanto, estos dos valores indican la eficiencia de la bomba de calor que estamos estudiando. A continuación, se muestran las gráficas del etiquetado de los equipos de aire acondicionado según el COP y EER



#### Eficiencia en frío (EER)

<b>A</b>	$3,20 < \text{EER}$
<b>B</b>	$3,20 \geq \text{EER} > 3,00$
<b>C</b>	$3,00 \geq \text{EER} > 2,80$
<b>D</b>	$2,80 \geq \text{EER} > 2,60$
<b>E</b>	$2,60 \geq \text{EER} > 2,40$
<b>F</b>	$2,40 \geq \text{EER} > 2,20$
<b>G</b>	$2,20 \geq \text{EER}$

### ¿Cuál sería la Conclusión?

Actualmente, como se ha visto, disponemos de unos sistemas de climatización Inverter y VRV muy avanzados, en los que la electrónica ha hecho de estos equipos unos sistemas muy eficientes y con enormes ventajas, incluso con la posibilidad de la recuperación de calor, lo que los hace muy competitivos desde el punto de vista del ahorro y la eficiencia energética. Por ello, son sistemas a tener muy en cuenta a la hora de climatizar cualquier tipo de edificio.

(Instalaciones y eficiencia energética)

### ¿Qué Aplicaciones tiene la Energía Geotérmica?



Las aplicaciones de la energía geotérmica son las siguientes:

- Calefacción de pequeña y mediana potencia
- Agua Caliente Sanitaria
- Piscinas
- Suelo refrescante: en verano, se puede invertir el ciclo, absorbiendo calor del interior del edificio y cediéndolo al subsuelo o a una piscina. Con ello, el sistema de suelo radiante actuará como sistema de refrescamiento de la vivienda o dependencias.

La mejor opción en cualquier sistema de bomba de calor con sistemas de calefacción por agua, es la instalación de calefacción por baja temperatura (suelo radiante), para obtener la máxima eficiencia. Incluso, en combinación con instalaciones de energía solar térmica obtendremos importantes ahorros

energéticos y significativas reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> con lo que obtendríamos una buena calificación energética.

(Instalaciones y eficiencia energética)

### ¿Qué Ventajas tiene la Energía Geotérmica?

- Energía limpia
- Energía renovable
- Energía Eficiente
- Energía para todo el mundo, bajo nuestros pies
- Energía continua, a diferencia de la solar y la eólica
- Bombas de calor actuales con grado de eficiencia elevado
- Emisiones de CO<sub>2</sub> muy inferiores al resto de combustibles
- Costes de explotación reducidos

### ¿Qué se debe tener en Cuenta?

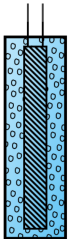
- Es necesario realizar un estudio de viabilidad económica del proyecto
- Dependiendo de la magnitud de la instalación, se podría necesitar un estudio geotécnico
- Coste inicial elevado, sobre todo en el caso de captación vertical
- Periodos de amortización medios (entre 5 y 7 años).

**La geotermia es una de las energías renovables con mayor potencial de rentabilidad y fiabilidad. Sus ventajas son, principalmente medioambientales y económicas.**

- Un sistema de climatización a través de una bomba de calor geotérmica permite obtener unos ahorros de hasta el 75% y unas importantes reducciones en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Cada kW geotérmico instalado equivale a plantar 109 árboles. Y a pesar de que la inversión inicial puede ser elevada, el periodo de amortización es corto, varía de 3 a 7 años.
- El mantenimiento de una instalación geotérmica es muy bajo. Además, las instalaciones son respetuosas con el medio en el que se encuentren, estéticamente no son apreciables y se pueden aplicar tanto en rehabilitación como en nueva edificación.
- Se puede utilizar nuestra nueva instalación de geotermia junto con la instalación de agua caliente ya existente (radiadores, fan-coils, ACS...). La geotermia es 100% independiente y no necesita apoyo de otros sistemas

convencionales, aunque puede ser combinada con otras energías renovables, como la solar térmica o fotovoltaica, para aumentar la eficiencia energética. (Instalacionesyeficienciaenergética)

## **INTERCAMBIADOR DE CALOR CON EL TERRENO:**



Hay tres de intercambiadores de calor geotérmicos: vertical, estanque y superficial.

### **Intercambiador de calor geotérmico – Vertical:**

El circuito intercambiador de calor geotérmico es un componente de la parte de suministro del condensador, adicional a las torres de enfriamiento y otros componentes del condensador. Generalmente se compone de pozos verticales (con profundidades entre 50m y 100m) que albergan tubos hidrónicos cuya agua intercambia calor con el terreno.

### **Intercambiador de calor geotérmico – Estanque:**

El modelo del intercambiador de calor geotérmico tipo estanque se compone de un estanque poco profundo, dentro del cual se instala un circuito de tubos hidrónicos a través de los cuales circula el fluido intercambiador. Este intercambiador se conecta a la parte de suministro de un circuito de condensación, y se puede emplear con cualquier tipo de circuito de planta. El circuito de estanque se puede conectar en paralelo con otros intercambiadores de calor, como torres de enfriamiento o intercambiadores geotérmicos superficiales.

### **Intercambiador de calor geotérmico – Horizontal:**

El modelo de intercambiador de calor geotérmico horizontal representa un circuito dispuesto de forma horizontal en el terreno, generalmente enterrado a una profundidad entre 50cm 100cm. Este intercambiador se conecta a la parte de suministro de un circuito de condensación, y se puede emplear con cualquier

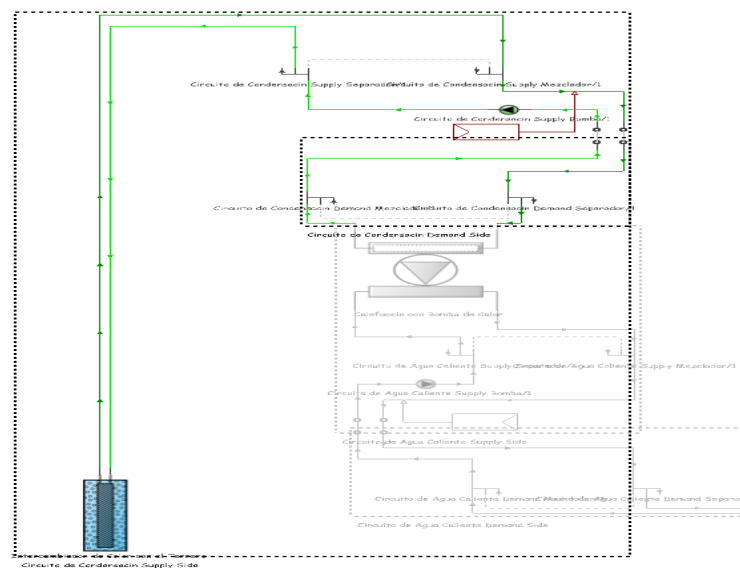
tipo de circuito de planta. El circuito superficial se puede conectar en paralelo con otros intercambiadores de calor, como torres de enfriamiento o intercambiadores geotérmicos de estanque.

### Plantilla intercambiador diseñado para la instalación geotérmica:

Intercambiador de calor geotérmico Datos	
General	
Nombre	Intercambiador de Calor con el Terreno
Plantilla	Surface HE example
Tipo	3-Superficie
Intercambiador de Calor Geotérmico - Horizontal	
Cerramiento	Copia de Brickwork single leaf constructio
Superficie ambiental inferior	1-Terreno
Longitud de superficie (m)	200
Ancho de superficie (m)	200
Número de circuitos de tubos	10
Espaciamiento de tubos hidrónicos (m)	0,30
Diámetro interior de tubo hidrónico (m)	0,02

Los intercambiadores horizontales incluyen superficies de pavimento con tubos embebidos para derretir nieve, o para disipación de calor de sistemas de bomba de calor con fuentes híbridas. El intercambiador de calor puede ser acoplado al terreno o no serlo. Cuando no se encuentra acoplado la superficie inferior se consiera expuesta al viento pero no a las ganancias solares.

### CIRCUITO DE CONDENSACIÓN:



El circuito de condensación consiste en:

- Sub-circuito de suministro, que contiene una o más torres de enfriamiento, una bomba y un administrador de consignas.
- Sub-circuito de demanda, que distribuye el agua al condensador de una enfriadora refrigerada por aire.

### Esquema de distribución

El esquema de distribución de cargas indica el algoritmo empleado para secuenciar el funcionamiento de los equipos para satisfacer la demanda del circuito de planta. Hay tres opciones:

- Secuencial – Emplea cada pieza de equipamiento a su máxima fracción de carga parcial, y opera la última pieza de equipamiento entre sus fracciones mínima y máxima de carga parcial para satisfacer la demanda del circuito.
- Óptima - Emplea cada pieza de equipamiento a su fracción óptima de carga parcial, y opera la última pieza de equipamiento entre sus fracciones mínima y máxima de carga parcial para satisfacer la demanda del circuito.
- Uniforme – Distribuye la demanda del circuito en todos los componentes disponibles en la lista de equipamiento para un rango de carga dado.

### DATOS DEL CIRCUITO DE PLANTA:

Circuito de planta Datos	
General	Operación del Equipamiento de la Planta
General	
Nombre	Circuito de Condensación
Tipo de fluido	1-Agua
Volumen del circuito de planta (m3)	Autocalculate
Tipo de Flujo	
Tipo de flujo del circuito de planta	1-Flujo constante
Temperatura	
Temperatura máxima del circuito (°C)	50,00
Temperatura mínima del circuito (°C)	5,00
Caudal	
Caudal máximo del circuito (m3/s)	0,002210
Caudal mínimo del circuito (m3/s)	0,000000
Esquema de distribución de carga	1-Secuencial
Esquema de cálculo de la demanda del circuito de planta	1-SingleSetPoint
Dimensionado	
Temperatura de diseño a la salida del circuito (°C)	29,00
Salto de temperatura en el circuito (deltaC)	5,00
Funcionamiento	
Programación de disponibilidad	On

### OPERACIÓN DEL EQUIPO DE PLANTA:



**Círculo de planta Datos**

General Operación del Equipamiento de la Planta

General

Número de esquemas 1

Esquema 1

Tipo de operación 1-Sin control

Programación de funcionamiento On

Equipos

Intercambiador de Calor con el Terreno

Cada esquema de operación puede tener un tipo de esquema definido por el usuario, así como la programación que define su disponibilidad.

El orden en el que aparece el esquema de operación define su prioridad relativa respecto a los otros con la misma programación de disponibilidad. El primer esquema que aparece en la lista tiene la máxima prioridad, el siguiente la segunda máxima prioridad y así sucesivamente.

Si de acuerdo con su programación el primer esquema de operación está disponible, entonces es usado por el programa para definir como opera el circuito de planta o condensación. Si no está disponible, se revisa el segundo esquema de operación para determinar si éste si lo está, y así sucesivamente.

Hay que tener en cuenta, que cada esquema debe cubrir toda la carga y/o rangos de condiciones para la simulación.

## 12.- CONSUMOS DES GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD INSTALACIONES TÉRMICAS.

A continuación, se representa una tabla resumen, donde se indican los consumos de gas natural y electricidad para las diferentes instalaciones térmicas de calefacción utilizadas en el presente proyecto fin de carrera.

Para determinar la rentabilidad y la eficiencia de las instalaciones solares térmicas, indico las tarifas utilizadas para el cálculo de los costes energéticos, tanto para el gas natural como para la electricidad.

### 12.1.- COSTES GAS NATURAL:

Fijo €/día	Variable €/kWh
0,291791	0,054198

### 12.2.- PROGRAMACIÓN DE LA CALEFACCIÓN:

Se ha programado la calefacción según unos perfiles de uso para viviendas CTE, que son objeto de análisis del presente proyecto.

**Programaciones Datos**

General

**Nombre** RESIDENCIAL CTE CALEFACCIÓN

Descripción Building: OFFICE Area: OPEN PLAN OFFICE Heating setpoint schedule

Fuente www.ecoeficiente.es

Categoría Espacios Residenciales

Región SPAIN

Tipo de programación 1-Programación 7/12

Días de diseño

Método de definición del día de diseño 2-Perfiles

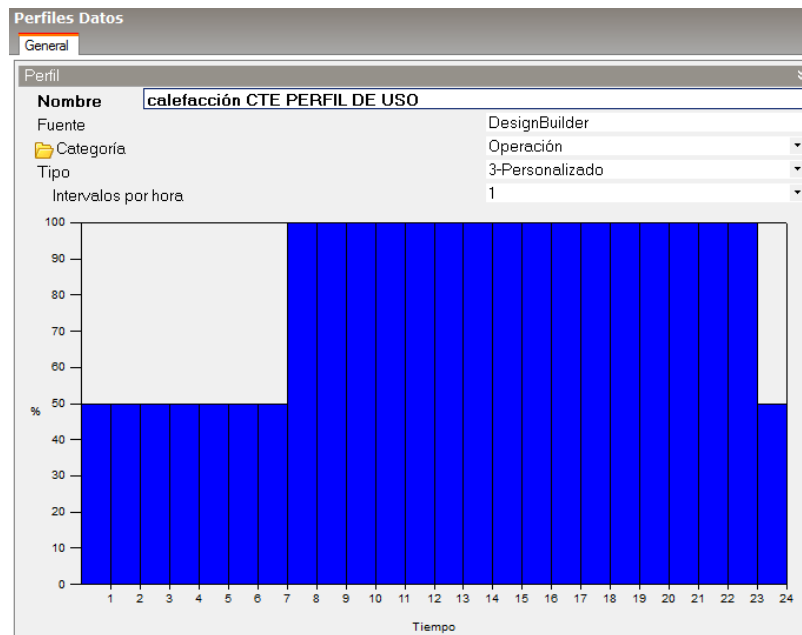
Perfil del día de diseño de calefacción calefacción CTE PERFIL DE USO

Perfil del día de diseño de refrigeración Off

Perfiles

Mes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Ene	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...
Feb	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...
Mar	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...
Abr	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...
May	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...
Jun	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Jul	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Ago	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Sep	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Oct	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...
Nov	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...
Dic	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...	calefacción CTE ...

### 12.2.1.- PERFIL DE USO CALEFACCIÓN:



Como se puede observar, se ha programado la calefacción para que trabaje al 50% de carga para las horas nocturnas y a partir de las 11 de la noche, por confort climático, mientras, que trabaja a su máximo rendimiento el resto del día, en el período comprendido entre enero y mayo, y de octubre a diciembre, dejando la vivienda sin calefatar los meses de verano, de junio a septiembre.

### 12.3.- COSTES ELECTRICIDAD:

Variable €/kWh
0,157897

## 12.4.- CONSUMOS ENERGÉTICOS VIVIENDA MÍNIMA CTE:

SEVILLA MÍNIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	3015,37	234,92	348,38	55,01	289,93
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE	2218,52	191,71	383,34	60,53	252,24
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			967,33	152,74	152,74
ZARAGOZA MÍNIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	8502,31	532,3	349,67	55,22	587,52
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE	4554,73	318,35	507,75	80,18	398,53
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			2419,96	382,1	382,1
FORMIGAL MÍNIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	15213,59	896,04	391,61	61,84	957,88
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE	7834,89	496,15	605,85	95,66	591,81
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			4267,99	673,91	673,91

## 13.- INSTALACIONES TÉRMICAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES ÓPTIMAS

Se procede al cálculo de consumos de gas natural y electricidad en las viviendas óptimas, utilizando las mismas instalaciones térmicas para calefacción, pero además, incorporando ventilación mecánica con recuperador de calor.

### 13.1.- DEMANDAS ENERGÉTICAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES ÓPTIMO Y PASSIVHAUS:

DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGÉTICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICIE
VIVIENDA ÓPTIMO SEVILLA	202,28	2,2	VIVIENDA MÍNIMO SEVILLA	4841,55	52,75	91,79
DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGÉTICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICIE

VIVIENDA OPTIMO ZARAGOZA	2300,71	25,06	VIVIENDA MÍNIMO ZARAGOZA	1818,92	19,82	91,79
DEMANDA ENERGETICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGETICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICE
VIVIENDA OPTIMO FORMIGAL	5233,77	57,02	VIVIENDA MÍNIMO FORMIGAL	20,46	0,23	91,79
DEMANDA ENERGETICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGETICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICE
VIVIENDA OPTIMO GIRADA 45º OESTE FORMIGAL	5411,01	58,95	VIVIENDA OPTIMO GIRADA 45º FORMIGAL	32,59	0,36	91,79
DEMANDA ENERGETICA DE CALEFACCIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	DEMANDA ENERGETICA DE REFRIGERACIÓN	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup> año	SUPERFICE
VIVIENDA PASSIV HAUS ZARAGOZA	1376,85	15	VIVIENDA MÍNIMO ZARAGOZA	1900	20,7	91,79

## 13.2.- AHORRO ENERGÉTICO CON RECUPERADORES DE CALOR



En este apartado, veremos qué son los recuperadores de calor y cómo funcionan, dónde se utilizan, y qué implicaciones tienen en la eficiencia y ahorro energético de las instalaciones de ventilación y climatización. También, haremos mención a la normativa que recoge la obligatoriedad de la instalación de estos equipos, y los requerimientos necesarios.

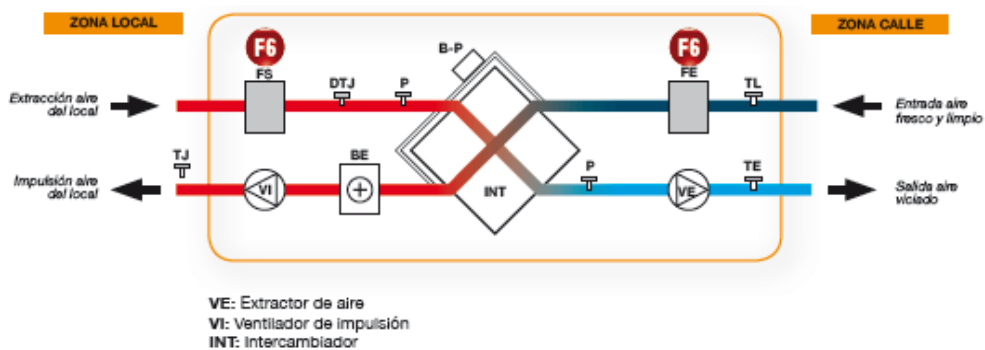
En el interior de los edificios, necesitamos renovar el aire mediante la inyección de aire limpio del exterior y la extracción de parte del aire viciado del interior. Con ello, conseguimos que la calidad del aire en los locales habitados y en los que se realiza alguna actividad humana, sea el adecuado, de acuerdo a los requerimientos de la normativa de aplicación.

En general, recordamos que, para ello, es necesario disponer de ventilación mecánica, con ventiladores de impulsión de aire exterior, y ventiladores de extracción de aire. Cuando no había conciencia de obtener la máxima eficiencia energética, y los requerimientos normativos no eran tan estrictos, el aire caliente (invierno) o frío (verano) del interior, se desaprovechaba, expulsándolo directamente al exterior. (Instalacionesyeficienciaenergética.com)

Pensemos en un edificio climatizado. El aire en el interior, estará caliente en invierno, y frío en verano. Pero, como ya hemos dicho, es necesario aportar aire del exterior y extraer aire del interior, para mantener las condiciones de salubridad, confort y una correcta renovación. Lógicamente, el aire que se extrae, estará caliente en invierno, y frío en verano. **¿Por qué no vamos a aprovechar esa energía residual y desprendernos de ella cediéndola al exterior?**



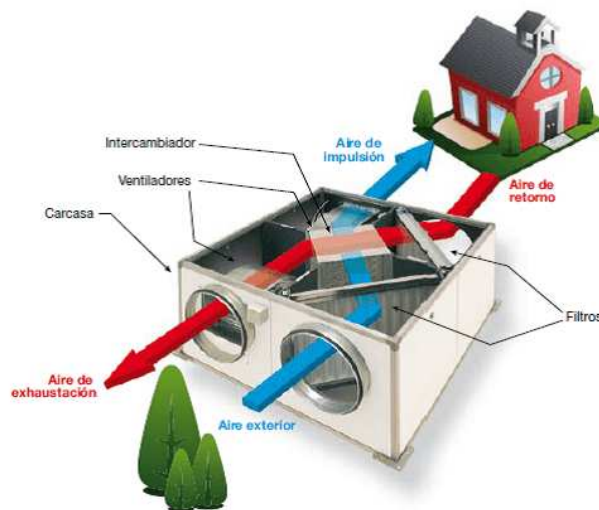
Los recuperadores de calor, son equipos cuya función es aprovechar las propiedades psicrométricas (temperatura y humedad) del aire que extraemos del edificio o local, e intercambiarlas con el aire de ventilación que impulsamos del exterior. En este proceso de intercambio, no se mezclan el aire del exterior y el aire del interior. (Instalacionesyeficienciarenergética.com)



Con ello, conseguimos pretratar (precalentar o preenfriar) el aire exterior, y por lo tanto, reducir el consumo energético de la instalación de climatización, ya que la carga térmica a combatir por aire de ventilación, será mucho menor que si no existiera ese pretratamiento. (Instalacionesyeficienciarenergética.com)

### ¿Cómo Recuperamos el Calor de Extracción?

Para recuperar el calor de la extracción, necesitamos un elemento que nos facilite esa tarea, denominado intercambiador o core. El intercambiador, está compuesto por un entramado de láminas con aperturas opuestas, por donde circulan el aire de extracción y el de impulsión. Cada una de las corrientes de aire, está en contacto con sendas superficies sólidas, en las cuales, se produce una cesión de calor del aire más caliente (el del interior del edificio o aire de extracción) con el aire más frío (aire del exterior). (Instalacionesyeficienciarenergética.com)



## ¿Cuáles Son los tipos de Intercambiadores de Calor?

Como hemos visto, el intercambiador de calor es el elemento que nos permite ceder calor al aire de impulsión procedente de la entalpía contenida en el aire de extracción, sin mezclar las corrientes de aire. Disponemos de tres tipos principales de intercambiadores: (Instalacionesyeficienciaenergética.com)

### Intercambiador de Flujos Cruzados

Los caudales de aire de impulsión y extracción se cruzan en el interior del intercambiador en sentido perpendicular uno del otro.



La eficiencia media, estará comprendida entre un 50% a 85%, dependiendo de las condiciones de trabajo y fabricante.

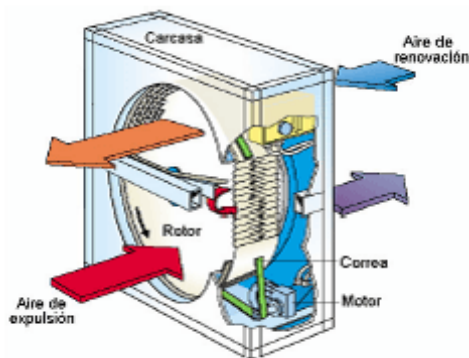
### Intercambiador de Flujos Paralelos

Los caudales de aire de impulsión y extracción circulan paralelos y a contracorriente en el interior del intercambiador, con lo que el tiempo y la superficie de intercambio es mayor, y por lo tanto, se incrementa la capacidad de recuperación. (Instalacionesyeficienciaenergética.com)



## Intercambiador Rotativo

Los intercambiadores rotativos, se componen de un rotor, que es la masa acumuladora de calor, un motor eléctrico y una carcasa.



La eficiencia de este tipo de intercambiador, está entre el 65%-70%.

## ¿Cuál es la Eficiencia de un Recuperador de Calor?



La eficiencia de un recuperador de calor además del tipo de intercambiador de calor utilizado, depende de las condiciones psicométricas (temperatura y humedad) del aire exterior, y del aire del local, así como del caudal que circula por él. (Instalacionesyeficienciaenergética.com)

Debemos fijar dos conceptos fundamentales:

1. A mayor caudal, menor es la eficiencia de un recuperador de calor
2. A mayor diferencia de temperatura entre el aire exterior y el aire interior, más eficiencia del recuperador de calor

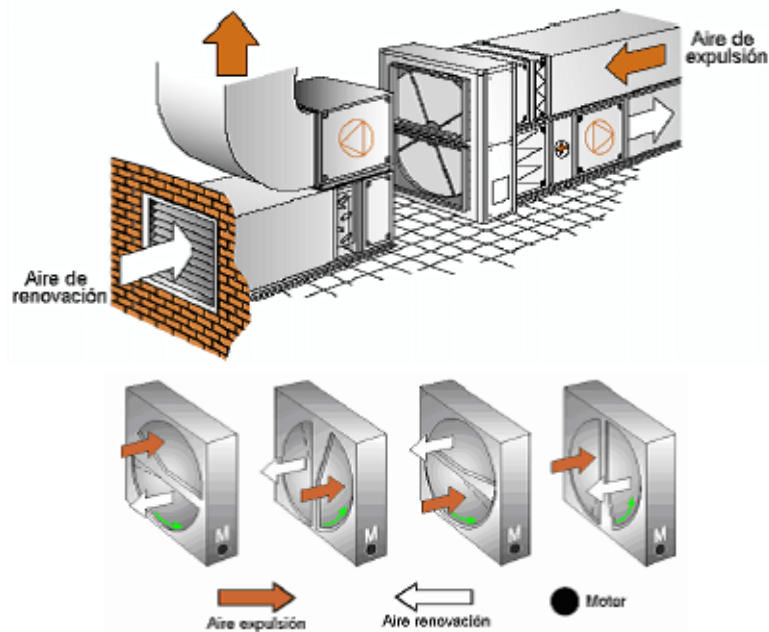
## ¿Dónde se pueden Incorporar los Recuperadores de Calor?



Como hemos comentado hasta ahora, los recuperadores de calor se deben instalar en unidades de ventilación que incorporen ventiladores de impulsión y retorno de aire. Para ello, existen equipos específicos denominados propiamente “recuperadores de calor” que ya incorporan todos estos elementos, además de filtros para el aire, y accesorios opcionales. Estos equipos, están diseñados para mover pequeños y medianos caudales de aire, y pueden instalarse en falsos techos.

(Instalacionesyeficienciaenergética.com)

Otra forma de incorporar los recuperadores de calor, es en las unidades de tratamiento de aire o climatizadores. En la siguiente imagen, podéis observar la configuración de una UTA, que incorpora un recuperador con intercambiador rotativo. (Instalacionesyeficienciaenergética.com)



En la siguiente imagen, se observa un recuperador de calor con intercambiador de flujos cruzados, incorporado en una unidad de tratamiento de aire.

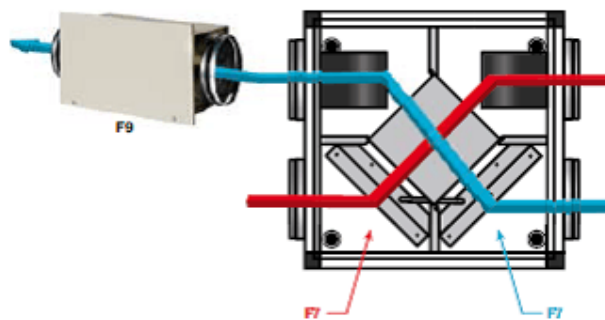




## ¿Qué Elementos Opcionales podemos Incorporar en los Intercambiadores? (Instalacionesyeficienciaenergética.com)

En los recuperadores tipo compacto, en los que se incorporan los ventiladores de impulsión y retorno, se pueden incluir elementos opcionales para cumplir la normativa, o para mejorar las condiciones de funcionamiento y control del equipo. Veamos algunos de los más importantes:

- **Unidades de filtración:** Son unidades que incorporan los filtros de aire, adecuados para cumplir los requisitos de Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE)



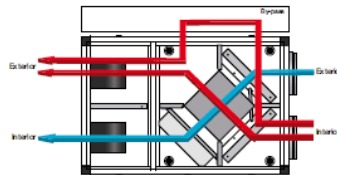
- **Baterías de agua:** Aunque la función del recuperador, como hemos visto, es ceder calor (o frío en verano) al aire de impulsión, hay situaciones, en que además, es necesario emplear baterías de agua para elevar (o enfriar) mucho más la temperatura de impulsión. Sería el caso de instalaciones situadas en zonas geográficas, cuya temperatura en invierno sea muy baja (o en verano muy alta), con lo que, además de ceder calor (o frío) en el recuperador, haremos pasar agua caliente (o

agua fría) por la batería, consiguiendo condiciones más favorables y evitando sensaciones desagradables en el interior.

(Instalacionesyeficienciarenergética.com)

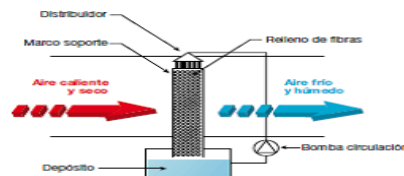
- **By-Pass:** Es un dispositivo que desvía el caudal de aire, evitando que pase a través del recuperador, y por lo tanto no se realice el intercambio térmico. Con ello, se aprovechan al máximo las condiciones ambientales para mejorar el ahorro energético. Imaginemos, una temperatura interior en verano de 25°C y exterior de 19°C. Si nuestro objetivo es refrescar el ambiente, no sería lógico ceder calor al aire de impulsión. En esta situación, emplearíamos el by-pass, para que el aire de extracción no circulase por el intercambiador, y de esta manera el aire exterior entrase a 18°C. En el sentido contrario, podríamos utilizarlo en invierno, cuando la temperatura exterior fuese más alta que la temperatura interior.

(Instalacionesyeficienciarenergética.com)



- **Módulo Enfriamiento Adiabático:** El enfriamiento adiabático, es un proceso que consiste en enfriar el aire mediante la humectación del mismo. En este proceso, no hay aporte ni cesión de calor al ser adiabático. Se instala en el lado del aire de extracción antes del intercambiador, y funcionará en régimen de verano. De esta forma, cuando el aire proveniente del local entre en el intercambiador más frío y húmedo, aumentaremos el gradiente de temperatura, con lo que el aire que entre al local será más frío, **aumentando la eficiencia del recuperador.**

(Instalacionesyeficienciarenergética.com)

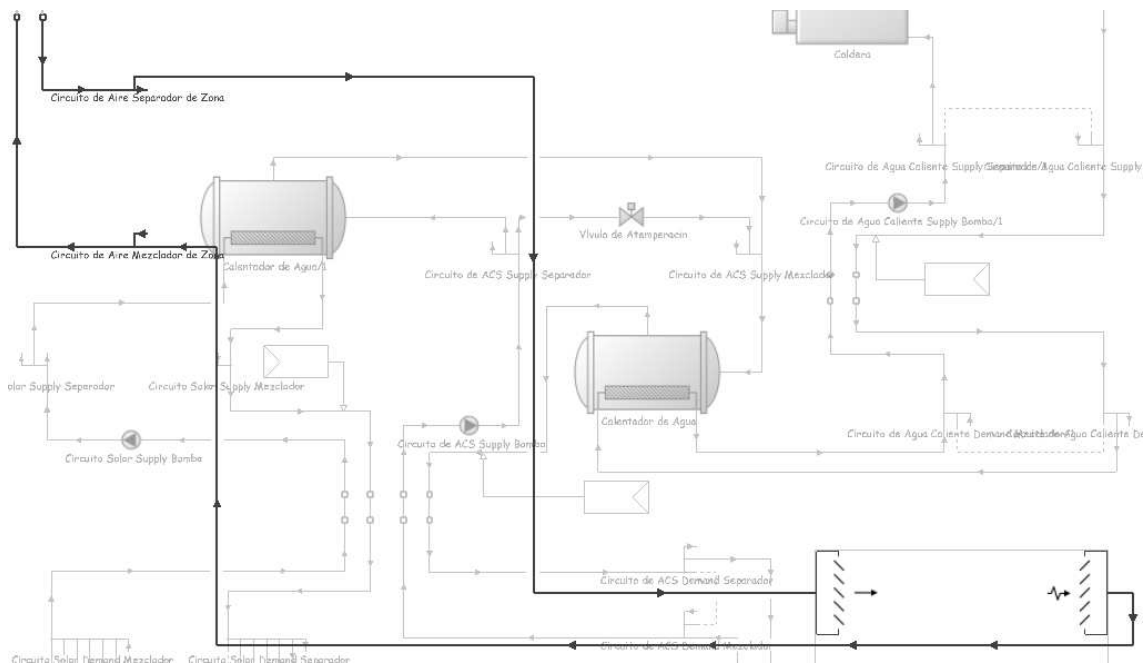


### 13.3.- CIRCUITO DE AIRE CON VENTILACIÓN MECÁNICA MEDIANTE RECUPERACIÓN DE CALOR.

#### 13.3.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN:

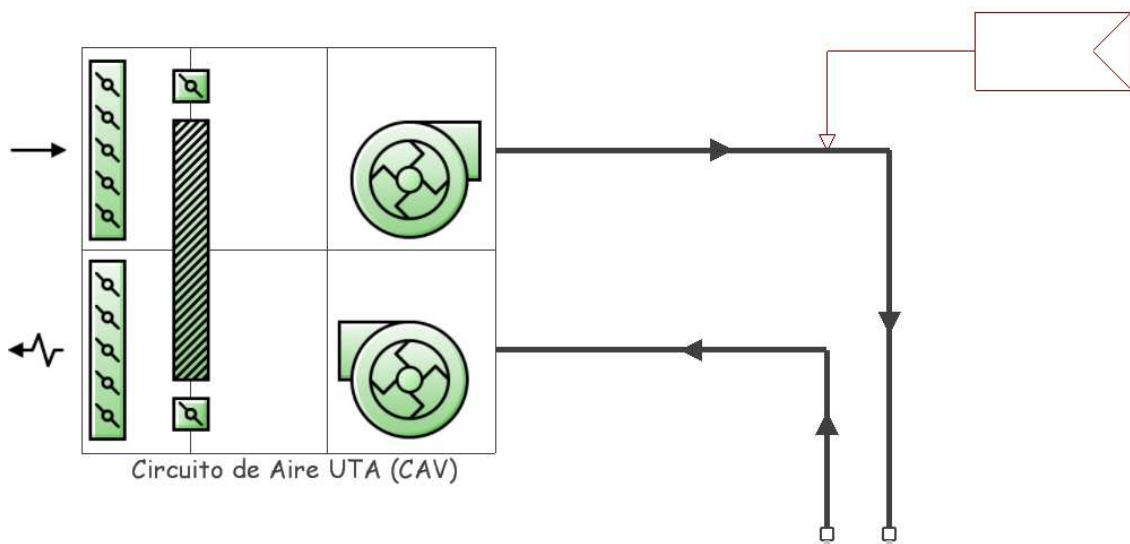


## SUB-CIRCUITO DE DEMANDA:



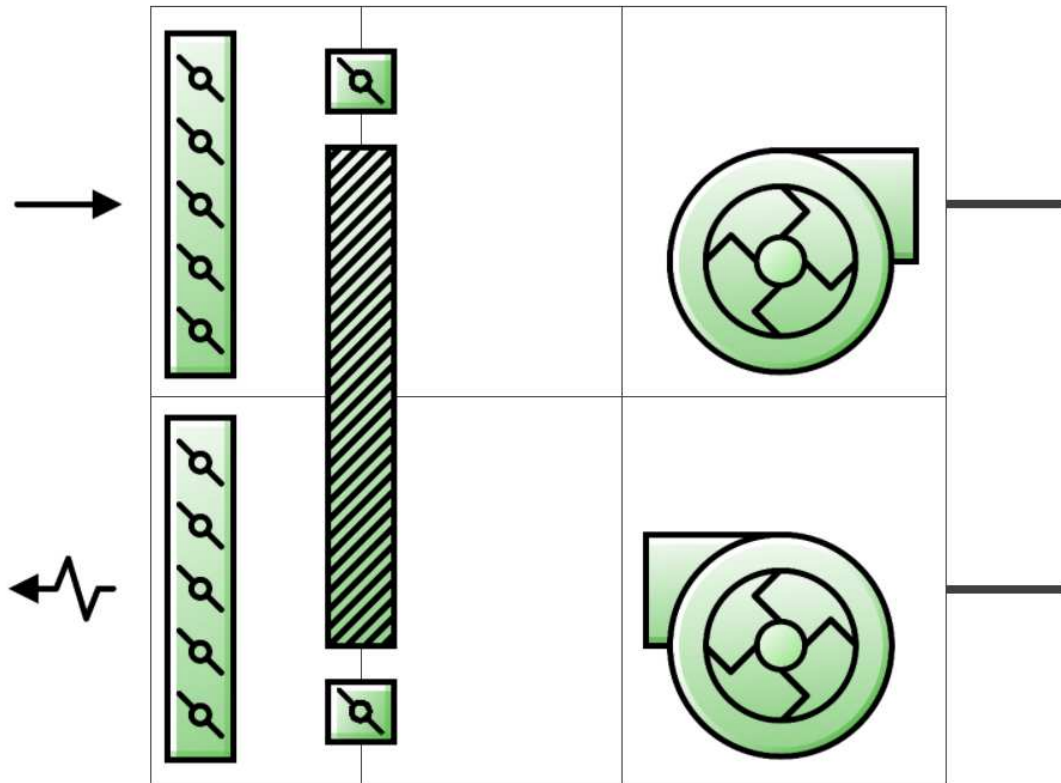
Donde aparecen las rejillas de admisión y de extracción en el grupo de zonas de la vivienda.

## SUB-CIRCUITO DE SUMINISTRO:



Donde aparece la UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE con recuperador de calor para la ventilación mecánica de la vivienda unifamiliar objeto de análisis del presente proyecto.

## UTA CON RECUPERADOR DE CALOR:



Aquí se representa la unidad de tratamiento de aire, que incorpora el recuperador de calor con intercambiador de calor de chapa, admisión de aire exterior atmosférico y extracción de aire interior viciado.

Además de los ventiladores de impulsión de aire exterior y extracción de aire interior viciado, de tal manera que el caudal de aire de admisión sea igual al caudal de aire de extracción.

La UTA contiene un componente ventilador (volumen constante o variable), con la opción de incluir una batería de frío mediante agua, una batería de calor (agua caliente o electricidad), un enfriador evaporativo y un humidificador. En este caso los ventiladores son ambos de volumen constante. (60l/s) para impulsión y (60l/s) para extracción, según el caudal de aire obtenido con el CTE-DB-HS3 de (60l/s).

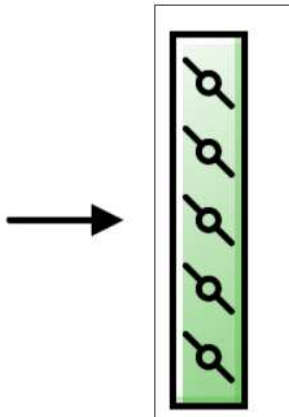
Un ventilador puede ubicarse “Antes de las baterías” o “Después de las baterías”.

Opcionalmente se puede incluir un ventilador de extracción, como es este caso.

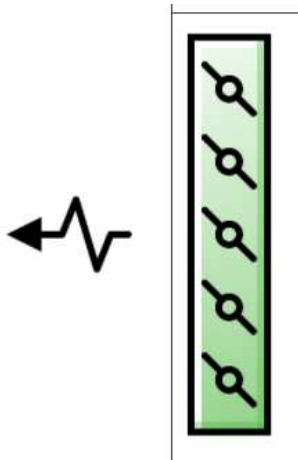
### **Sistema de Aire Exterior:**

El control de aire exterior provee aire para ventilación, con la opción de incluir enfriamiento gratuito (ya sea aumentando la cantidad de aire exterior o mediante un intercambiador de calor aire-aire) cuando este sea posible. Los controladores de aire exterior abarcan diferentes límites que pueden ser seleccionados por el usuario. Si cualquiera de los límites seleccionados es sobrepasado, el caudal de aire exterior se reduce al mínimo.

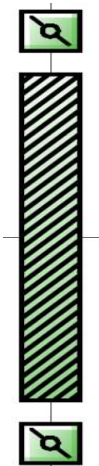
### **ADMISIÓN.**



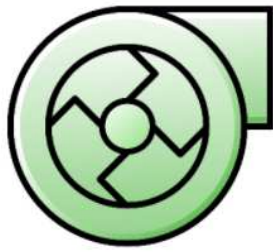
**EXTRACCIÓN.**



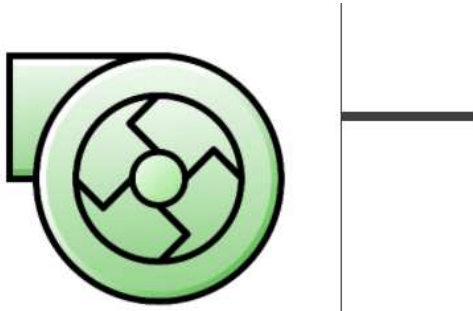
**INTERCAMBIADOR DE CALOR.**



**IMPULSIÓN.**



**EXTRACCIÓN.**



#### **14.- RECUPERADOR DE CALOR**

El recuperador de calor utilizado e instalado en la unidad de tratamiento de aire para la ventilación mecánica de las viviendas unifamiliares, es el siguiente:

**SERIE IDEO 325 ECOWATT, SOLER&PALAU.**

##### **CARACTERÍSTICAS:**

VMC de doble flujo, para viviendas unifamiliares, con intercambiador de calor de tipo contraflujo de alto rendimiento (hasta el 92%) y motor EC de corriente continua a caudal constante y muy bajo consumo (menos de 40W). Asegura la renovación permanente de aire de las viviendas unifamiliares, y garantiza los requisitos requeridos en el CTE.

Configuración constructiva:

- 2 ventiladores centrífugos a caudal constante.
- Intercambiador a contraflujo con rendimiento hasta 92%.
- Módulo de programación por radiofrecuencia.
- Boost de la cocina por radiofrecuencia (máxima velocidad).
- Filtro de impulsión F5 con prefiltro G4.
- Filtro de extracción G4.
- By-pass 100% automático.
- 4 embocaduras de  $\Phi$  150/160mm.

- Desagüe para montaje vertical.
- Antena con alcance de emisión/recepción de 150m en campo libre.
- Kit de soporte de red.

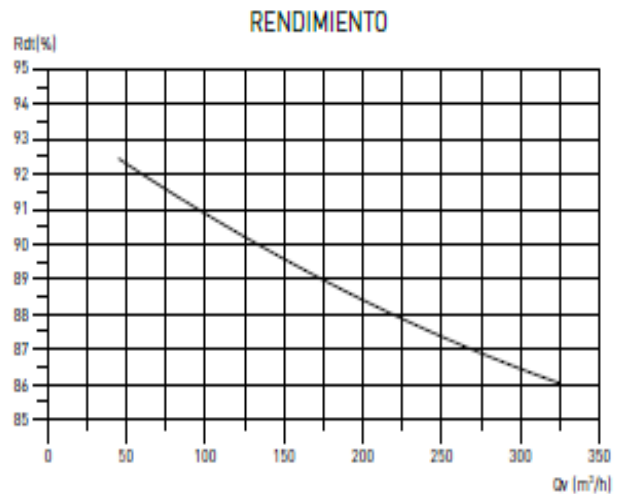
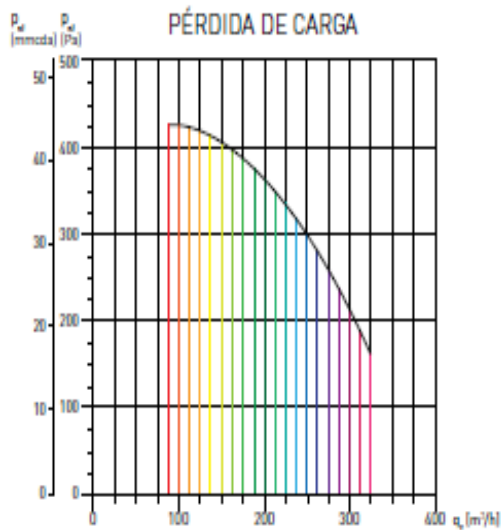


### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Modelo	Tensión (V)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)		Potencia (W)		Intensidad (A)		Nivel de presión sonora 3m (dB(A))		Eficiencia		Peso (kg)	
		min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.		
IDEO 325 ECOWATT	230	45	90	325	21	198	0,1	0,7	22,9	35,5	86	92	45

\* Ausencia de modo

### CURVAS CARACTERÍSTICAS:



### TABLA DE SELECCIÓN (referente al CTE):



Tabla de caudales						Ajuste mando	
m² cocina	Cocina	Baño 1	Baño 2	Baño 3	Baño 4	Caudal	Velocidad
4	30	54	-	-	-	84	90
4	30	54	54	-	-	138	140
4	30	54	54	54	-	192	195
6	45	54	-	-	-	99	100
6	45	54	54	-	-	153	155
6	45	54	54	54	-	207	210
8	60	54	-	-	-	114	115
8	60	54	54	-	-	168	170
8	60	54	54	54	-	222	225
8	60	54	54	54	54	276	275
10	72	54	-	-	-	126	130
10	72	54	54	-	-	180	180
10	72	54	54	54	-	234	235
10	72	54	54	54	54	288	290
12	87	54	-	-	-	141	140
12	87	54	54	-	-	195	195
12	87	54	54	54	-	249	250
12	87	54	54	54	54	303	305
14	100	54	-	-	-	154	155
14	100	54	54	-	-	208	210
14	100	54	54	54	-	262	265
14	100	54	54	54	54	316	315
16	115	54	-	-	-	169	170
16	115	54	54	54	-	277	280
16	115	54	54	54	54	331	330
20	144	54	-	-	-	198	200
20	144	54	54	-	-	252	255
20	144	54	54	54	-	306	305

Para una cocina de 14m<sup>2</sup>, que es la que poseo en las vivienda unifamiliares objeto de análisis del presente proyecto, y sabiendo que el cuadal de aire son 60l/s, es decir, 216m<sup>3</sup>/h, determinados por el CTE-DB-HS3, obtengo un rendimiento del recuperador del 88,3%. Que es el rendimiento que utilizo en las simulaciones con el DESIGNBUILDER.

**De tal manera que:**

**Unidad de Tratamiento de Aire Datos**

General **Sistema de Aire Exterior**

---

Recirculación «

Activar

Recuperación de Calor «

Activar

General «

Caudal nominal del aire de impulsión (m3/s) Autosize

Potencia eléctrica nominal (W) 21.000

Control de temperatura del aire en la salida de la impulsión 1-No

Tipo de intercambiador de calor 1-Chapa

Cierre del economizador 1-Si

Rendimiento «

Sensible «

al 75% de caudal de aire de calefacción 0.883

al 75% de caudal de aire de refrigeración 0.883

al 100% de caudal de aire de calefacción 0.883

al 100% de caudal de aire de refrigeración 0.883

Latente «

al 75% de caudal de aire de calefacción 0.883

al 75% de caudal de aire de refrigeración 0.883

al 100% de caudal de aire de calefacción 0.883

al 100% de caudal de aire de refrigeración 0.883

Control de Escarcha «

Tipo de control de escarchamiento 1-Ninguno

Funcionamiento de la Recuperación de Calor «

Programación de disponibilidad On

Pre-Tratamiento »

En esta ventana del programa activo la recuperación de calor, introduzco un valor de rendimiento del 88,3%, tanto para recuperar calor **latente** como **sensible**, la potencia mínima de este modelo de 21W, e intercambiador de calor de chapa, que es el referido al intercambiador de calor a contraflujo (que es el caso que estoy tratando).

**Además:**

**Unidad de Tratamiento de Aire Datos**

General | Sistema de Aire Exterior

General

Nombre: Circuito de Aire UTA

Tipo de ventilador: 1-Volumen constante

Caudal de diseño del aire de impulsión (m3/s): Autosize

Funcionamiento

Programación de disponibilidad: VENTILACIÓN MECÁNICA CTE

Ciclo Nocturno

Activar

Ventilador de Extracción

Incluir ventilador de extracción

Ventilación natural en modo mixto

Activar modo mixto

Posee una programación de disponibilidad del perfil de uso para la VENTILACIÓN MECÁNICA establecido en el CTE, y utilizado también en las viviendas mínimas por CTE.

#### 14.1.- Programación de disponibilidad:

**Programaciones Datos**

General

General

Nombre: VENTILACIÓN MECÁNICA CTE

Descripción:

Fuente: DesignBuilder

Categoría: <General>

Región: General

Tipo de programación: 1-Programación 7/12

Días de diseño

Método de definición del día de diseño: 2-Perfiles

Perfil del día de diseño de calefacción: On

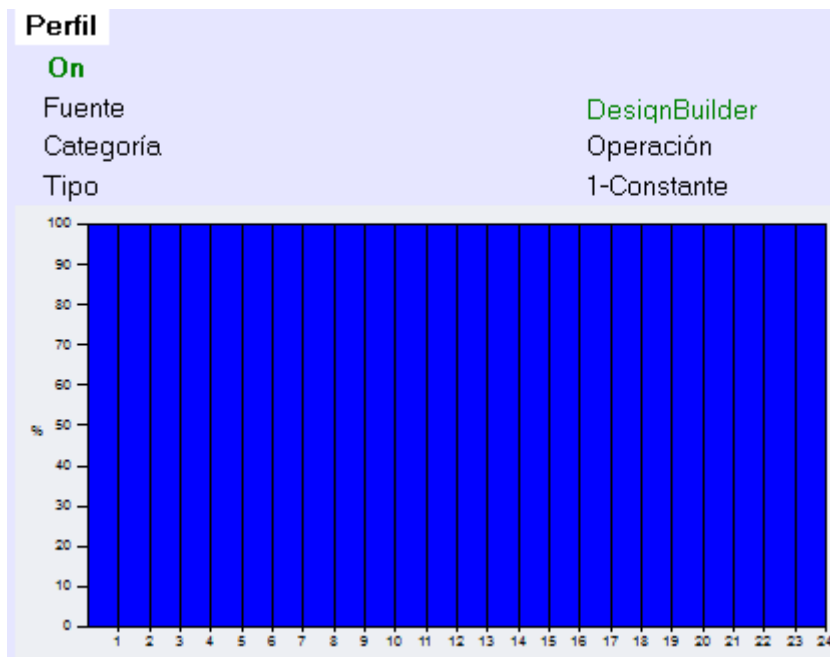
Perfil del día de diseño de refrigeración: On

Perfiles

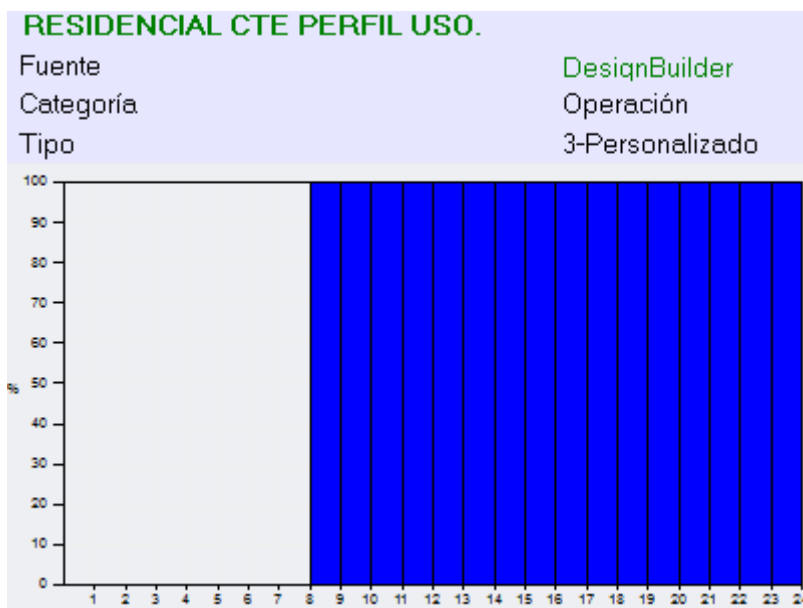
Mes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Ene	On	On	On	On	On	On	On
Feb	On	On	On	On	On	On	On
Mar	On	On	On	On	On	On	On
Abr	On	On	On	On	On	On	On
May	On	On	On	On	On	On	On
Jun	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...
Jul	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...
Ago	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...
Sep	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL C...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...	RESIDENCIAL CT...
Oct	On	On	On	On	On	On	On
Nov	On	On	On	On	On	On	On
Dic	On	On	On	On	On	On	On

## 14.2.- Perfil de uso:

### 14.2.1.- Enero-mayo y octubre-diciembre:



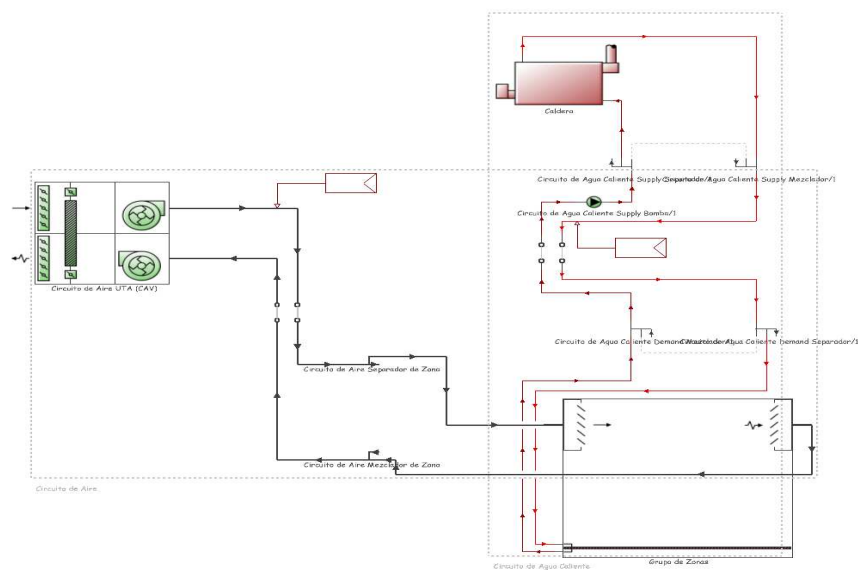
### 14.2.2.- Junio-septiembre:



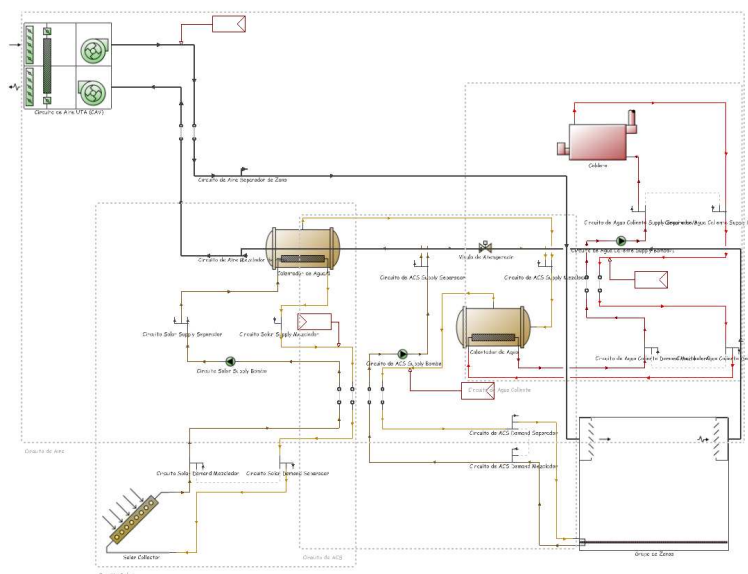
## 15.- CONSUMOS DES GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD INSTALACIONES TÉRMICAS.

A continuación, se representa una tabla resumen, donde se indican los consumos de gas natural y electricidad para las diferentes instalaciones térmicas de calefacción utilizadas en el presente proyecto fin de carrera, para ello indico el coste en €/kWh tanto del gas natural como de la electricidad, que ya han sido utilizados en los cálculos económicos de los consumos energéticos, producidos por las instalaciones térmicas de calefacción, para las viviendas unifamiliares mínimas por el CTE. **Las instalaciones diseñadas y simuladas son las mismas que para la vivienda óptima pero incluyen la recuperación de calor.**

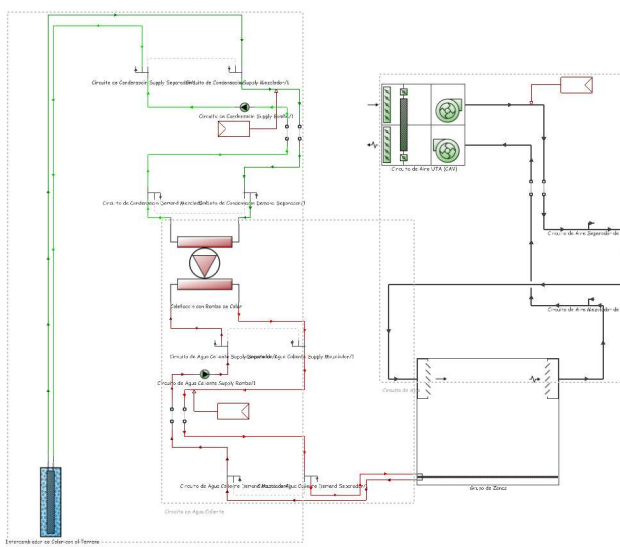
### 15.1.- INSTALACIÓN TÉRMICA DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE, VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.



### 15.2.- INSTALACIÓN TÉRMICA DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE CON ENERGÍA SOLAR-TÉRMICA, VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.



### 15.3.- INSTALACIÓN TÉRMICA DE CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE CON BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA, VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.



#### COSTES GAS NATURAL:

Fijo €/día	Variable €/kWh
0,291791	0,054198

#### COSTES ELECTRICIDAD:

Variable €/kWh
0,157897

### 15.4.- TABLA RESUMEN CONSUMOS GAS NATURAL, ELECTRICIDAD Y COSTES TOTALES VIVIENDAS ÓPTIMAS:

SEVILLA OPTIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	42,68	73,8	329,68	218,65	218,65
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE	21,67	72,66	329,68	185,27	185,27
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			746,63	117,89	117,89
ZARAGOZA OPTIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	2899,2	196,9	362,27	285,82	285,82
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE. 1 COLECTOR	1649,21	160,88	397,11	233,02	233,02
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			1110,3	175,31	175,31
FORMIGAL ÓPTIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	6903,53	445,65	376	59,37	505,02
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE. 5 COLECTOR	5018,19	343,47	409,26	64,63	408,1
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			2288,87	361,41	361,41

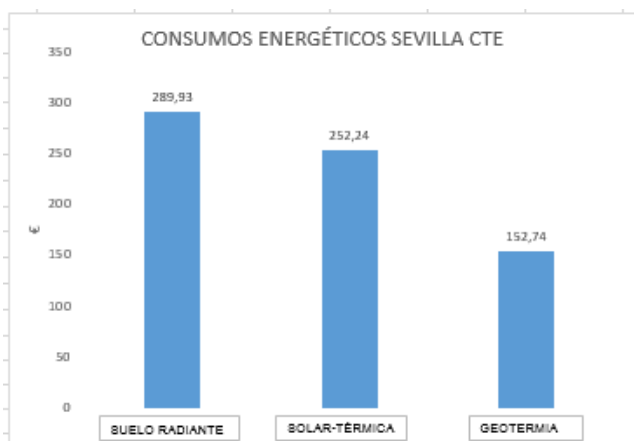
## 15.5.- TABLA RESUMEN CONSUMOS GAS NATURAL, ELECTRICIDAD Y COSTES TOTALES VIVIENDAS PASSIVHAUS:

SEVILLA PASSIV HAUS INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	0,01	71,49	325,87	51,45	123
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE	0	71,49 (fijo)	325,86	51,45	123
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			325,89	51,48	51,48
ZARAGOZA PASSIV HAUS INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	1963,68	177,92	358,92	56,68	234,67
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE. 1 COLECTOR	1226,82	137,98	384,82	60,77	198,75
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			865,9	136,73	136,73
FORMIGAL PASSIV HAUS INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-CALEFACCIÓN MEDIANTE SUELO RADIANTE	5806,63	386,2	371,85	58,72	444,92
2.-SOLAR TÉRMICA. SUELO RADIANTE. 5 COLECTORES	4164,74	297,21	395,48	62,45	359,66
3.-GEOTERMIA. SUELO RADIANTE			1984,95	313,42	313,42

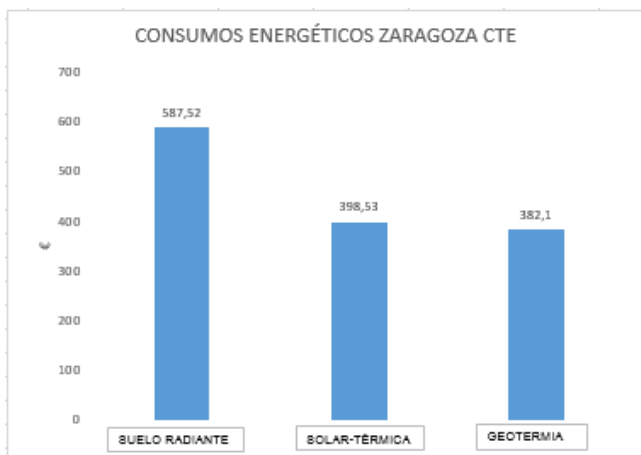
## 16.- COSTES INSTALACIONES.

A continuación se representa el coste total (suma de gas natural y electricidad) de las instalaciones térmicas diseñadas y calculadas en el presente proyecto.

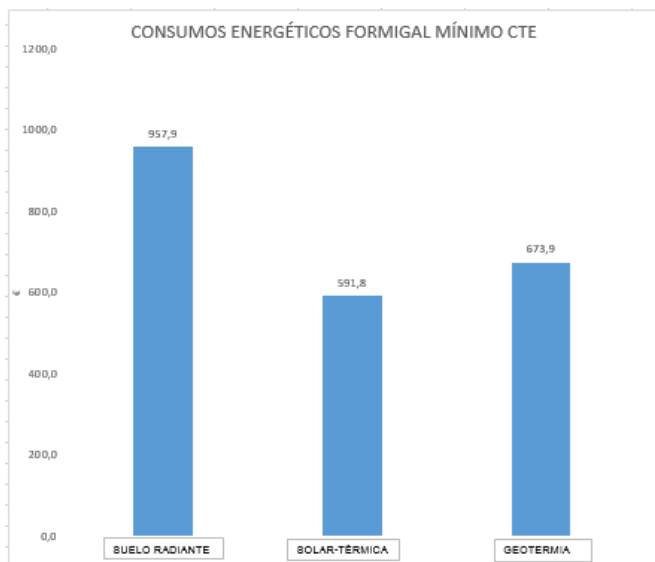
### 16.1.- CONSUMOS ENERGÉTICOS SEVILLA CTE



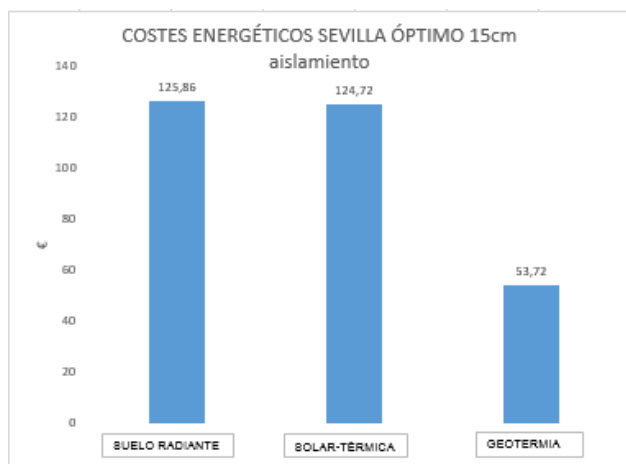
### 16.2.- CONSUMOS ENERGÉTICOS ZARAGOZA CTE:



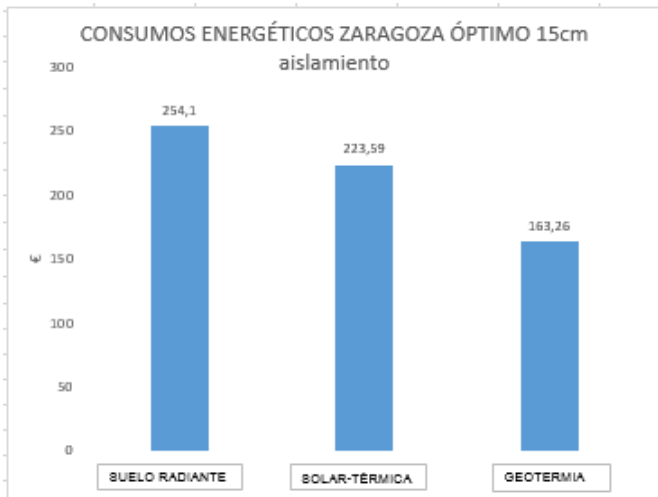
### 16.3.- CONSUMOS ENERGÉTICOS FORMIGAL CTE:



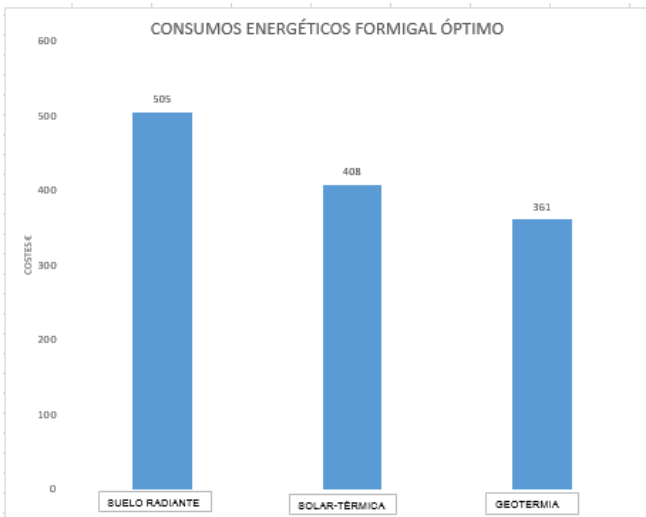
### 16.4.- CONSUMOS ENERGÉTICOS SEVILLA ÓPTIMO:



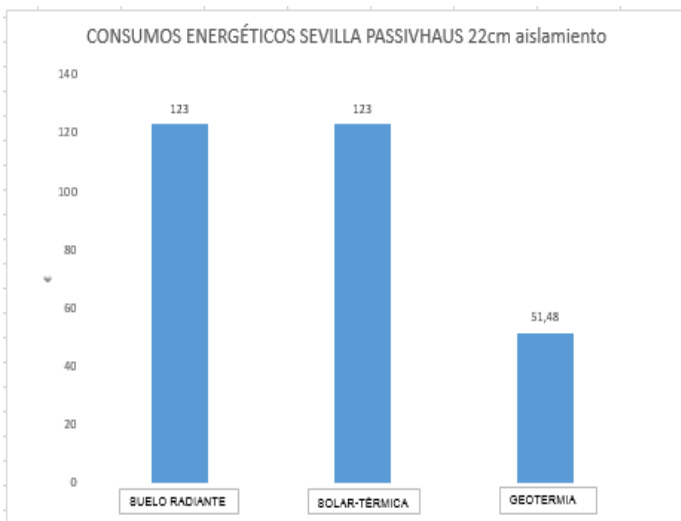
### 16.5.- CONSUMOS ENERGÉTICOS ZARAGOZA ÓPTIMO:



### 16.6.- CONSUMOS ENERGÉTICOS FORMIGAL ÓPTIMO:

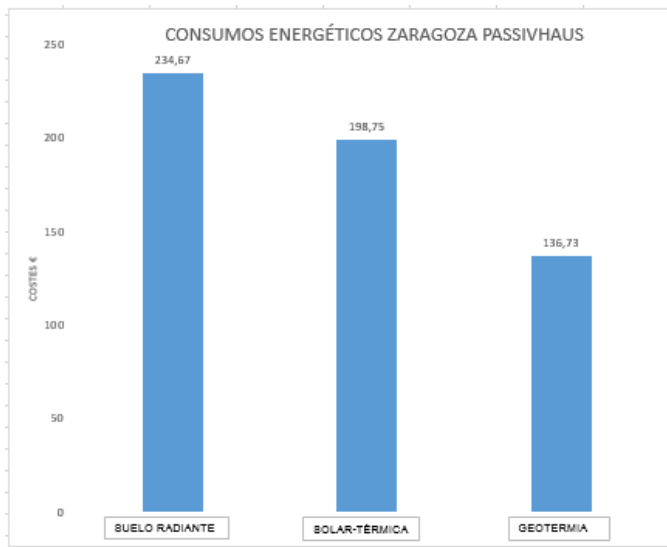


### 16.7.- CONSUMOS ENERGÉTICOS SEVILLA PASSIVHAUS:

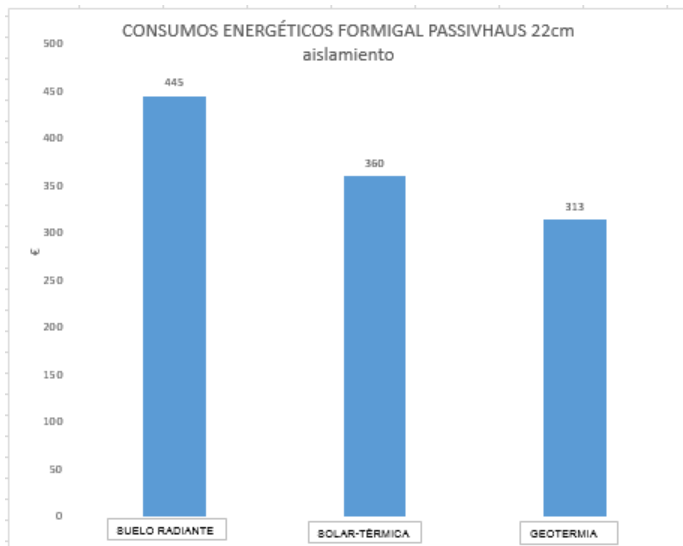




## 16.8.- CONSUMOS ENERGÉTICOS ZARAGOZA PASSIVHAUS:

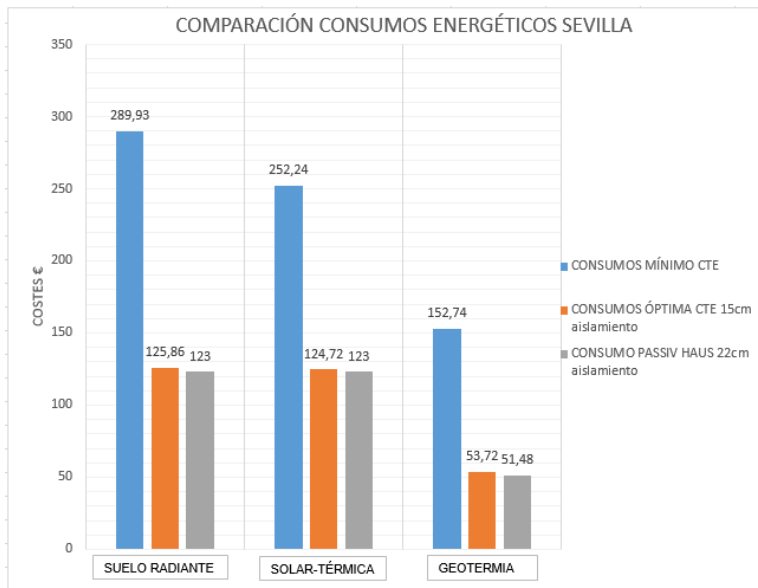


## 16.9.- CONSUMOS ENERGÉTICOS FORMIGAL PASSIVHAUS:

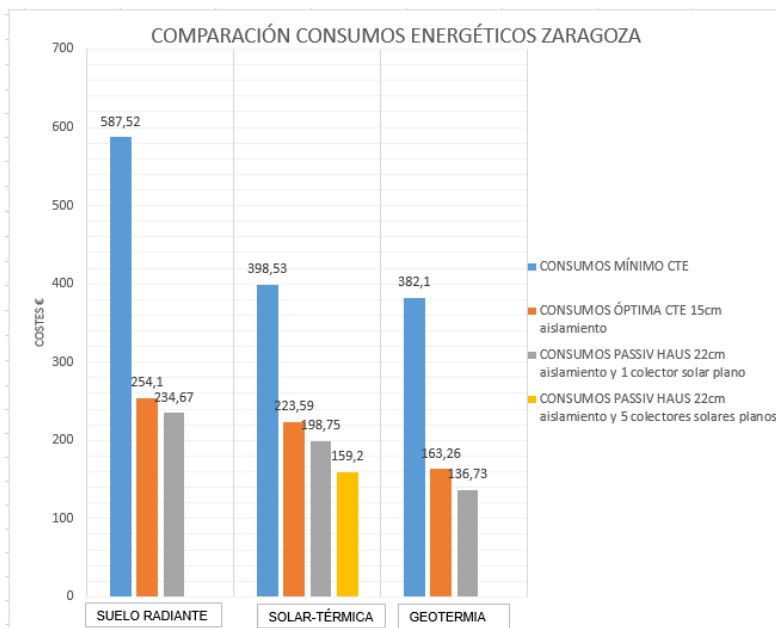


## 17.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES (GAS NATURAL + ELECTRICIDAD) VIVIENDA UNIFAMILIAR CTE CON VIVIENDA ÓPTIMA Y PASSIVHAUS:

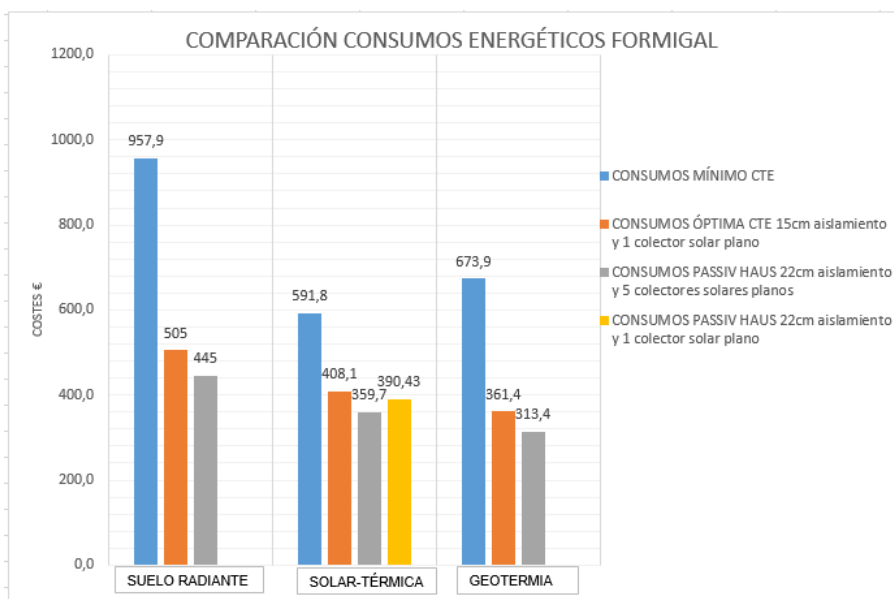
### 17.1.- COMPARACIÓN SEVILLA.



### 17.2.- COMPARACIÓN ZARAGOZA.

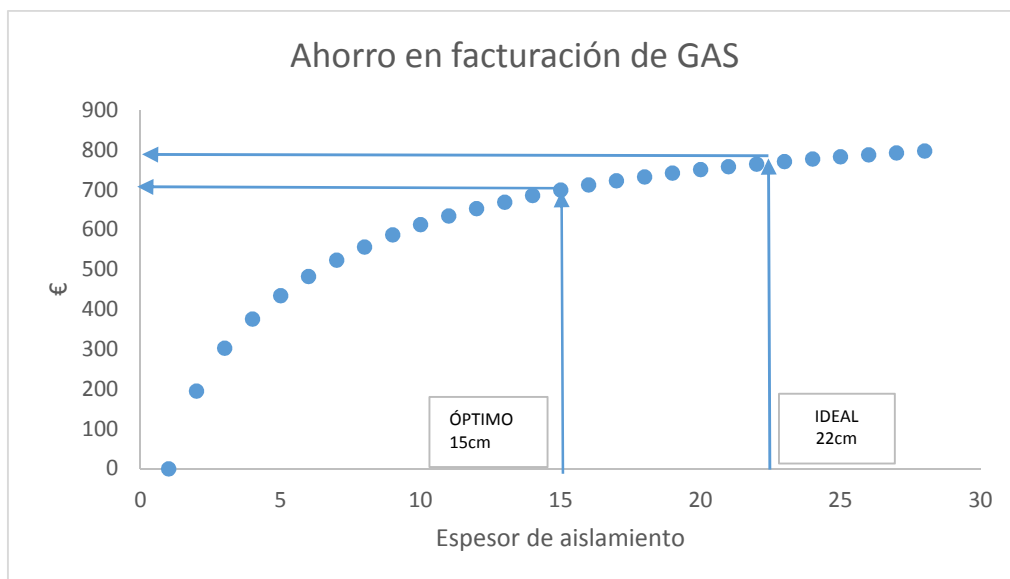


### 17.3.- COMPARACIÓN FORMIGAL.



### 18.- GRÁFICA AHORRO ECONÓMICO EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO.

#### 18.1.- AHORRO EN FACTURACIÓN DE GAS NATURAL.



Se puede observar en la gráfica superior, como aumenta el ahorro en la facturación de gas a medida que aumentamos el espesor de aislamiento, así, para el espesor de aislamiento óptimo, encontramos un ahorro en la factura del gas natural de alrededor de 700 €, respecto a que contásemos con un 1cm de espesor de aislamiento, donde apenas encontraríamos ahorro significativo.

Al hilo de lo anterior, observamos que para un espesor ideal de aislamiento de 28cm, encontramos un ahorro entorno a los 800 €, sin embargo, este espesor de aislamiento encarece sustancialmente el coste de la envolvente térmica, debido al sustancial espesor de aislamiento a utilizar, por lo que, no saldría rentable desde el punto de vista económico tal espesor de aislante térmico.

A parte, se puede observar que a partir de 15cm de espesor de aislante el ahorro anual en la facturación de gas no es muy significativo, es por ello, que he escogido este espesor para los cerramientos, y para calcular, las demandas energéticas, consumos, ahorros en facturación y reducción de pérdidas energéticas.

## 18.2.- TABLA RESUMEN CONSUMOS ENERGÉTICOS Y DATOS ECONÓMICOS:

Espesor (cm)	consumo GAS (Kwh)	consumo Electricidad (Kwh)	€ GAS. Con fijo	€ Electricidad	Ahorro en GAS (€) con fijo	Ahorro en electricidad (€)
1	20306,31	515,73	1207,07	81,43	0,00	0,00
2	16695,83	480,86	1011,38	75,93	195,68	5,51
3	14720,98	460,69	904,35	72,74	302,71	8,69
4	13372,09	446,8	831,24	70,55	375,82	10,88
5	12291,55	436,06	772,68	68,85	434,38	12,58
6	11392,82	427,22	723,97	67,46	483,09	13,98
7	10643,25	419,9	683,35	66,30	523,72	15,13
8	10032,76	413,82	650,26	65,34	556,81	16,09
9	9468,76	408,53	619,69	64,51	587,37	16,93
10	9005,46	404,12	594,58	63,81	612,48	17,62
11	8606,29	400,33	572,95	63,21	634,12	18,22
12	8258,83	397,26	554,12	62,73	652,95	18,71
13	7955,96	394,44	537,70	62,28	669,36	19,15
14	7650,39	391,79	521,14	61,86	685,93	19,57
15	7393,26	389,5	507,20	61,50	699,86	19,93
16	7169,06	387,46	495,05	61,18	712,01	20,25
17	6965,54	385,58	484,02	60,88	723,04	20,55
18	6787,8	383,9	474,39	60,62	732,68	20,82
19	6614,25	382,31	464,98	60,37	742,08	21,07
20	6456,46	380,86	456,43	60,14	750,63	21,30
21	6313,76	379,5	448,70	59,92	758,37	21,51
22	6193,51	378,29	442,18	59,73	764,89	21,70
23	6074,73	377,29	435,74	59,57	771,32	21,86
24	5959,37	376,2	429,49	59,40	777,58	22,03
25	5859,21	375,21	424,06	59,24	783,00	22,19
26	5767,57	374,27	419,09	59,10	787,97	22,34
27	5683,64	373,41	414,55	58,96	792,52	22,47
28	5597,12	372,52	409,86	58,82	797,21	22,61

## 19.- INSTALACIONES TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN.

### 19.1.- INSTALACIÓN TÉRMICA 1. REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR. VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.

#### 19.1.1.- DESCRIPCIÓN.

La bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor a una fuente de alta temperatura absorbiéndolo de una fuente de baja temperatura. Por tanto, si es reversible, es posible satisfacer tanto las necesidades de frío como de calor produciendo, además, un ahorro energético importante.

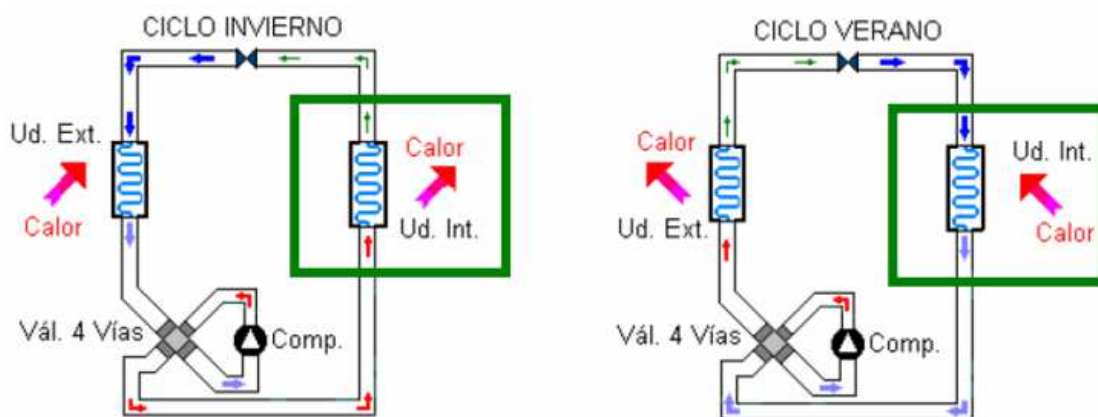
En este apartado, se expone el empleo de la bomba de calor para la generación de frío, aplicándola en un sistema de refrigeración.

#### 19.1.2.- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS.

La configuración del sistema de una bomba de calor es muy similar a los sistemas de refrigeración convencionales por compresión mecánica (ambos disponen de un condensador, compresor, evaporador, válvula de expansión), aunque las bombas de calor permiten invertir el ciclo, cubriendo las necesidades de calefacción y refrigeración.

Las bombas de calor reversibles proporcionan tanto calefacción como refrigeración, incorporando una válvula de 4 vías que permite la inversión de circulación del fluido frigorífico.

La inversión de la circulación se puede observar en la siguiente figura:



CICLOS DE UNA BOMBA DE CALOR EN INVIERNO Y EN VERANO.

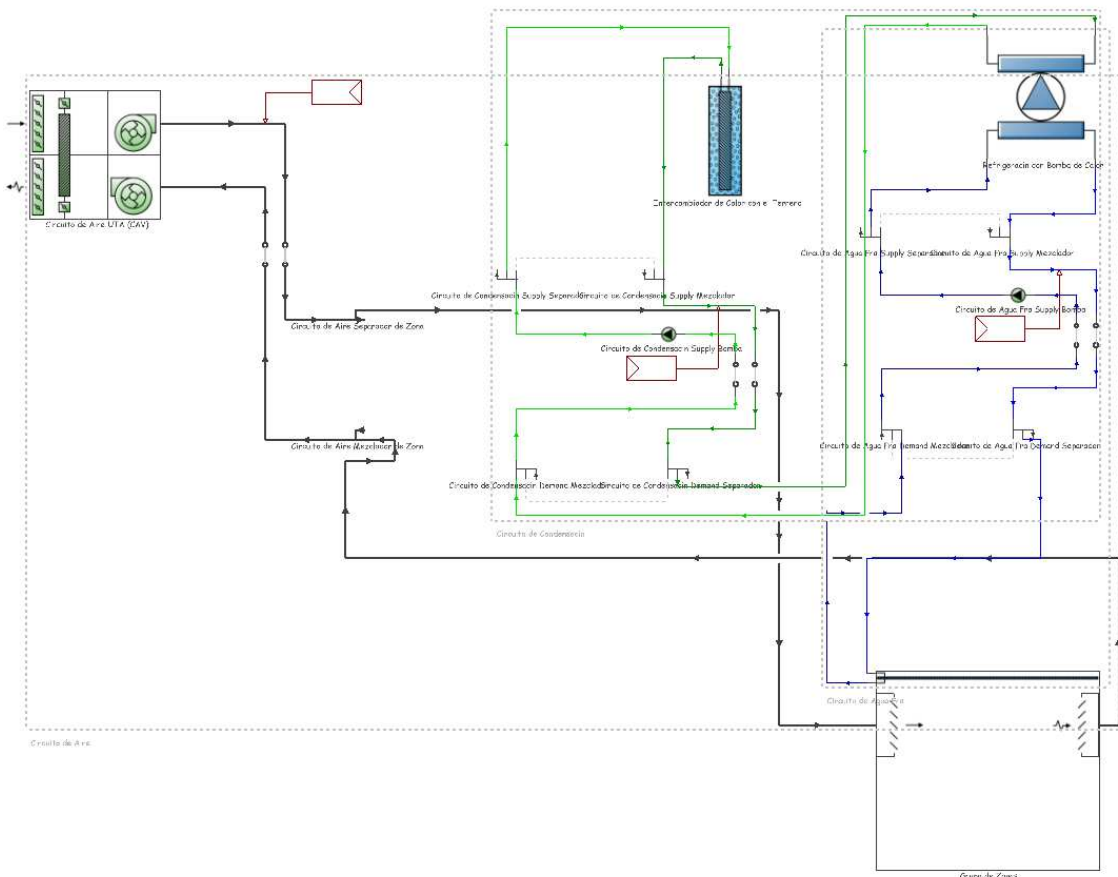
Durante el verano se produce el ciclo de refrigeración, donde el compresor eleva la presión y la temperatura del fluido frigorífico, pasando a la válvula de 4 vías. En el intercambiador situado en el exterior, el fluido se condensa cediendo el calor al medio exterior. El fluido en estado líquido y alta presión se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y evaporándose en parte. En el intercambiador situado en el recinto a refrigerar, el fluido frigorífico completa su evaporación absorbiendo calor del medio interior.

En el ciclo de calefacción, durante el invierno, el compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico. En el intercambiador, situado en el interior del recinto a calefactar, el fluido cede al aire del recinto el calor de su condensación. El fluido en estado líquido y a una alta presión y temperatura se expande en la válvula de expansión, reduciendo su presión y temperatura, evaporándose en parte. En el intercambiador situado en el exterior completa la evaporación absorbiendo el calor del aire exterior, retornando al compresor por medio de la válvula de 4 vías.

Las bombas de calor permiten el funcionamiento del compresor a través de energía eléctrica, o térmica (generalmente con gas natural). En lo referente a la eficiencia, estos sistemas permiten reducir casi en un 70% el consumo de energía primaria comparado con un funcionamiento con electricidad.

**Mejora la eficiencia energética. Los rendimientos de las bombas de calor, medido como factor de eficiencia energética (EER), es mayor en los sistemas refrigerados por agua que en aquellos refrigerados por aire. Siendo mayor la eficiencia en modo calefacción que en modo refrigeración.**

### 19.1.3.- ESQUEMA INSTALACIÓN.



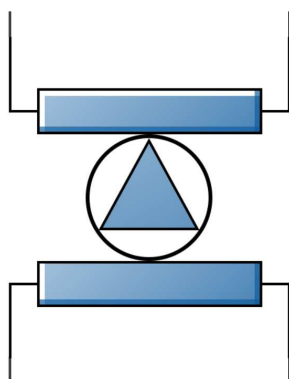
**El circuito de condensación, intercambiador de calor geotérmico, y el circuito de aire, son de las mismas características que las utilizadas en el mismo circuito pero para calefacción.**

## TECHO FRÍO



El techo frío es un componente de zona que representa un techo o cubierta en cuyo interior se hace circular agua fría. Los componentes de cerramiento empleados para ello deben tener definida una fuente (pestaña Cerramientos). Esto permite a EnergyPlus identificar la posición de la tubería de agua fría dentro del cerramiento.

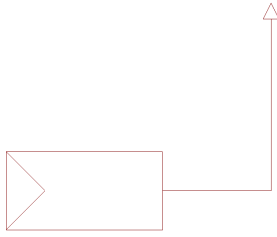
## BOMBA DE CALOR



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

General	
Nombre	Refrigeración con Bomba de Calor
Plantilla	Carrier 50PSW036 - cooling
Tipo	1-Ajuste de Ecuación
Caudal nominal y capacidad	
Caudal nominal en la parte de la carga (m3/s)	0,000570
Caudal nominal en la parte de la fuente (m3/s)	0,000570
Capacidad nominal de refrigeración (W)	10800,0
Consumo nominal de energía de refrigeración (W)	2900,0
Coeficientes de Capacidad de Refrigeración	
Coeficiente de capacidad de refrigeración 1	-1,35716540
Coeficiente de capacidad de refrigeración 2	4,78943542
Coeficiente de capacidad de refrigeración 3	-2,81706599
Coeficiente de capacidad de refrigeración 4	0,08284629
Coeficiente de capacidad de refrigeración 5	0,07670773
Coeficientes de Potencia del Compresor de Refrigeración	
Coeficiente de potencia del compresor de refrigeración 1	-3,70149074
Coeficiente de potencia del compresor de refrigeración 2	0,18179504
Coeficiente de potencia del compresor de refrigeración 3	4,00763549
Coeficiente de potencia del compresor de refrigeración 4	0,00839901
Coeficiente de potencia del compresor de refrigeración 5	-0,13874054
Avanzado	
Tiempo de ciclado (hr)	0,01610

## CONSIGNA DE TEMPERATURA



## PROGRAMACION

**Administrador de Consignas**

**General**

Nombre: Circuito de Agua Fría Administrador de Consigna  
 Tipo: 1-Programación

**Programación**

Variable de control: 1-Temperatura  
 Programación de consigna variable: Chilled water flow set point temperature: Always 6

**Programaciones Datos**

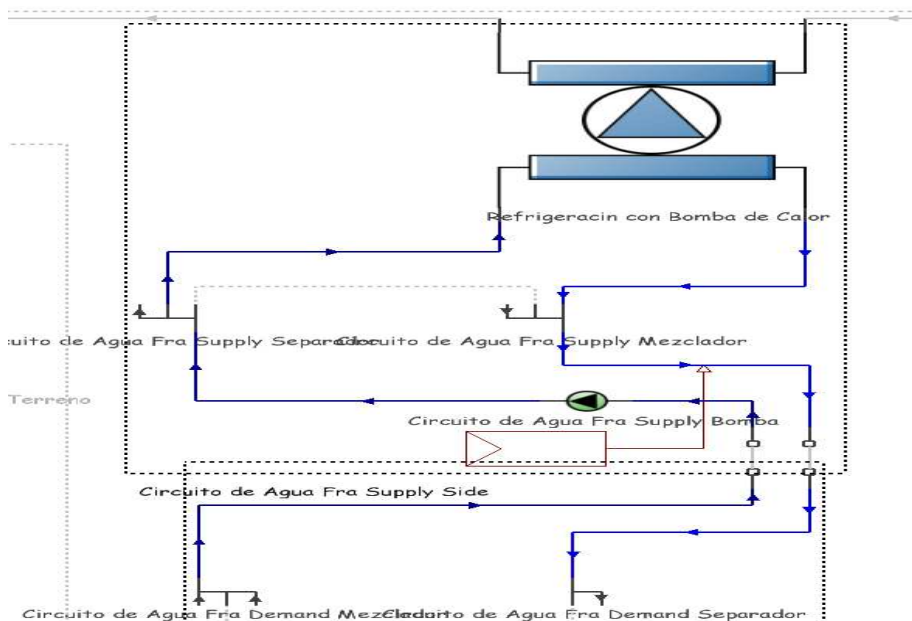
**General**

Nombre: Chilled water flow set point temperature: Always 6 C  
 Descripción:  
 Fuente: DesignBuilder  
 Categoría: <General>  
 Región: General  
 Tipo de programación: 2-Programación Compacta

**Perfiles**

Schedule: Compact  
 On.  
 Any Number,  
 Through: 12/31,  
 For: AllDays,  
 Until: 24:00, 6;

## CIRCUITO DE AGUA FRÍA





## CARACTERÍSTICAS

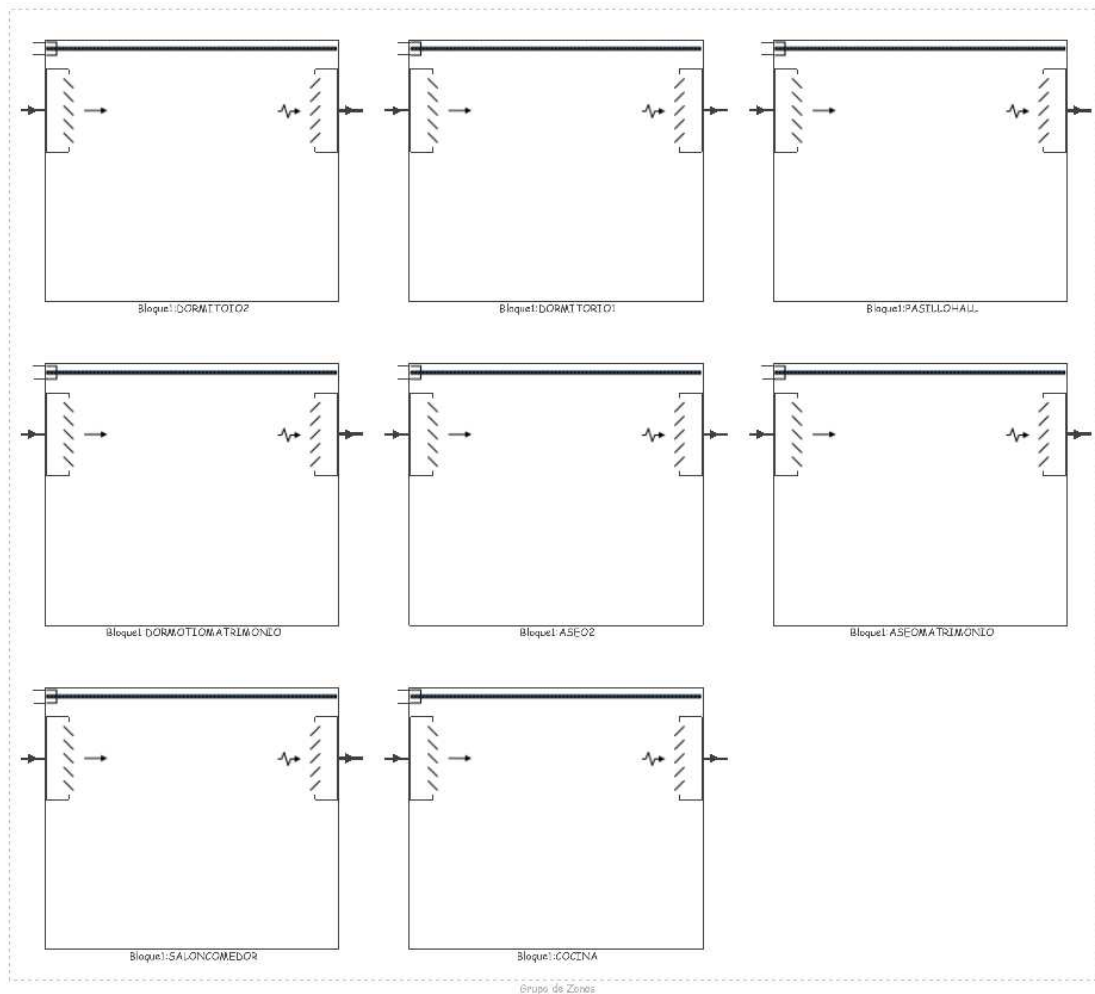
**Circuito de planta Datos**

General | Operación del Equipamiento de la Planta

General	
Nombre	Circuito de Agua Fría
Tipo de fluido	1-Agua
Volumen del circuito de planta (m3)	Autocalculate
Tipo de Flujo	
Tipo de flujo del circuito de planta	2-Flujo variable
Temperatura	
Temperatura máxima del circuito (°C)	80,00
Temperatura mínima del circuito (°C)	0,00
Caudal	
Caudal máximo del circuito (m3/s)	Autosize
Caudal mínimo del circuito (m3/s)	0,000000
Esquema de distribución de carga	1-Sequential
Esquema de cálculo de la demanda del circuito de planta	1-SingleSetPoint
Dimensionado	
Temperatura de diseño a la salida del circuito (°C)	6,00
Salto de temperatura en el circuito (deltaC)	4,00
Funcionamiento	
Programación de disponibilidad	On
Operación con Temperatura Exterior	
<input type="checkbox"/> Operación con temperatura exterior	

General	
Número de esquemas	1
Esquema 1	
Tipo de operación	2-Cooling load
Programación de funcionamiento	On
Número de rangos	1
Rango 1	
Límite inferior (W)	0,00
Límite superior (W)	1000000000000000,00
Equipos	
<input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración con Bomba de Calor	
Priority	1

#### 19.1.4.- GRUPO DE ZONAS.



En el grupo de zonas se puede observar, que se ha dispuesto de rejillas de admisión y extracción para la ventilación mecánica de la vivienda, así como, techo frío (elemento para la refrigeración de la vivienda unifamiliar objeto de estudio del presente proyecto).

#### 19.2.- INSTALACIÓN TÉRMICA 2. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA. VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.

##### 19.2.1.- ENFRIADORA.



Una enfriadora es una unidad destinada a conseguir agua fría, el evaporador es un intercambiador (mejor de tubos) en contracorriente.

Se han de evitar las congelaciones por lo que la temperatura de salida del agua esta comprendida entre 4 y 6°C. Si el agua lleva algún anticongelante esta temperatura puede ser hasta -5°C.

La instalación se diseña con una enfriadora condensada por aire.

En los procesos de enfriamiento por aire, la extracción de calor se efectúa prácticamente en su totalidad bajo la forma de calor sensible que es función del peso específico del aire, de su calor específico y de la variación de temperaturas que experimente, cambiando la temperatura del aire sin afectar a su humedad específica o contenido en vapor de agua.

Realizan el intercambio de energía calorífica en forma de calor sensible, determinado por el calor específico del aire, su caudal y peso específico y el cambio de temperatura que experimenta durante el proceso.

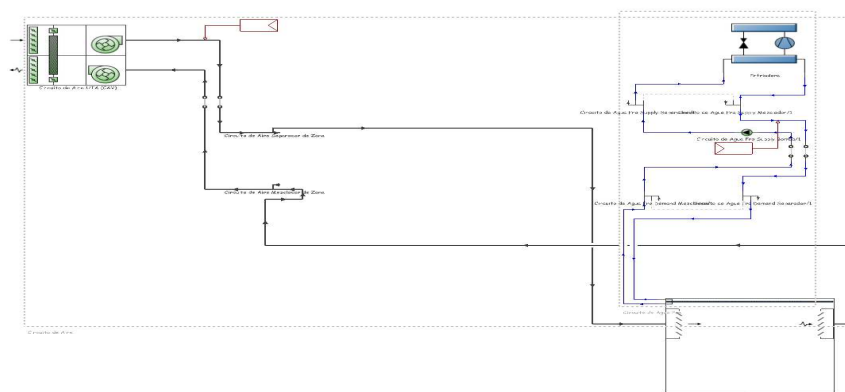
El límite inferior de enfriamiento queda fijado por la temperatura seca del ambiente y una aproximación a ella de 15°C como media para los condensadores y 6 a 12°C para aerorrefrigeradores.

Esto puede significar temperaturas mínimas de enfriamiento de agua o líquidos de 38 a 50°C en las horas centrales diurnas de verano ( para temperaturas de ambiente de 32 a 38°C).

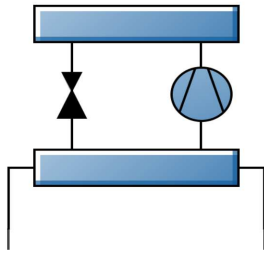
En el caso de condensadores por aire de sistemas frigoríficos para climatización, según sea el refrigerante empleado, resultarán las presiones correspondientes a temperaturas de condensación de 45 a 55°C.

Desde el punto de vista económico, debido a las temperaturas de condensación alcanzadas de 45 a 55°C, hacen que la capacidad del compresor sea bastante inferior a en el caso de que fuera un condensador evaporativo, lo que produce un aumento en la potencia para su accionamiento frente al condensador evaporativo, que repercute en incremento en el consumo energético de entre un 20 a un 30% frente al procedimiento de enfriamiento de condensación evaporativos.

### 19.2.2.- ESQUEMA INSTALACIÓN.



## ENFRIADORA



Las enfriadoras se ubican en los Sub-circuitos de agua fría, y proveen agua fría a baterías de frío y a vigas o techos fríos, como es este caso.

### TIPO DE CONDENSADOR.

Puede determinar el tipo de condensador que será incluido con esta enfriadora.

Las opciones válidas son:

- 1.- Enfriamiento con aire
- 2.- Enfriamiento con agua
- 3.- Enfriamiento evaporativo

Las enfriadoras condensadas por agua deben conectarse a un circuito de condensación. Otros tipos de enfriadoras no requieren un Circuito de condensación.

En este caso se utiliza un enfriadora, con un condensador de aire.

#### Enfriadora

Las enfriadoras se ubican en los Sub-circuitos de agua fría, y proveen agua fría a baterías de frío y a vigas y techos fríos.

#### **Tipo de condensador**

Puede determinar el tipo de condensador que será incluido con esta enfriadora. Las opciones válidas son:

- 1-Enfriamiento con aire
- 2-Enfriamiento con agua
- 3-Enfriamiento evaporativo

Las enfriadoras condensadas por agua deben conectarse a un Circuito de condensación. Otros tipos de enfriadoras no requieren un Circuito de condensación.

#### **Para cambiar el tipo de condensador**

DesignBuilder no permite cambiar el tipo de condensador directamente en el diálogo de la Enfriadora, con el objeto de reducir el riesgo de establecer curvas inadecuadas. Para cambiar el tipo de condensador seleccione una plantilla de enfriadora existente, genere una nueva.

Los parámetros auto-dimensionables se muestran en azul. Pueden tener la palabra "Autosize" (autodimensionado) o bien datos numéricos. Cuando se indica "Autosize" EnergyPlus calcula el valor adecuado de acuerdo con los datos de dimensionado indicados.

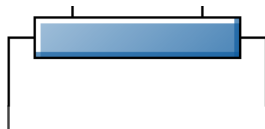
## VÁLVULA DE EXPANSIÓN



## COMPRESOR



## EVAPORADOR



## CONDENSADOR ENFRIAMIENTO AIRE.



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Enfriadora Datos	
Enfriadora	
<b>General</b>	
Nombre	Enfriadora
Plantilla de enfriadora	ElectricEIRChiller Screw Carrier 30XA110 359.9kW/3 ...
Tipo de enfriadora	2-EIR, Eléctrico
Capacidad de referencia (W)	359900,000
CoP de referencia	3,000
Eficiencia del motor del compresor	1,000
Modo de flujo de la enfriadora	3-No modulado
Factor de dimensionado	1,00
<b>Condensador</b>	
Tipo de condensador	1-Enfriamiento con aire
Fración de potencia del ventilador del condensador	0,000
<b>Temperaturas</b>	
Temperatura de referencia del agua fría saliente (°C)	6,670
Temperatura de referencia del fluido entrante al condensador (°C)	35,000
<b>Caudales</b>	
Caudal de referencia del agua fría (m3/s)	0,015500
<b>Curvas de Rendimiento</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Curva de capacidad de refrigeración en función de la temperatura	ElectricEIRChiller Carrier 30XA110 359.9kW/3COP CAP
<input checked="" type="checkbox"/> Curva de relación entre energía entrante y refrigeración producida en funci...	ElectricEIRChiller Carrier 30XA110 359.9kW/3COP EIRF
<input checked="" type="checkbox"/> Curva de relación entre energía entrante y refrigeración producida en funci...	ElectricEIRChiller Carrier 30XA110 359.9kW/3COP EIRF
<b>Configuración de Carga Parcial</b>	
Fración mínima de carga parcial	0,100
Fración máxima de carga parcial	1,150
Fración óptima de carga parcial	1,000
Fración mínima de descarga	0,100

Enfriadoras Datos	
Enfriadora	
General	
<b>Nombre</b>	ElectricEIRChiller Screw Carrier 30XA110 359.9kW/3COP
Fuente	EnergyPlus
Categoría	Enfriamiento con Aire
Tipo de enfriadora	2-EIR Eléctrico
Capacidad de referencia (W)	359900
CoP de referencia	3,000
Eficiencia del motor del compresor	1,000
Modo de flujo de la enfriadora	3-Not modulated
Factor de dimensionado	1,000
Condensador	
Tipo de condensador	1-Enfriamiento con aire
Fracción de potencia del ventilador del condensador	0,000
Temperaturas	
Temperatura de referencia del agua fría saliente (°C)	6,670
Temperatura de referencia del fluido entrante al condensador (°C)	35,000
Caudales	
Caudal de referencia del agua fría (m3/s)	0,015500
Curvas de Rendimiento	
<input checked="" type="checkbox"/> Curva de capacidad de refrigeración en función de la temperatura	ElectricEIRChiller Carrier 30XA110 359.9kW/3COP CAP
<input checked="" type="checkbox"/> Curva de relación entre energía entrante y refrigeración producida en funci...	ElectricEIRChiller Carrier 30XA110 359.9kW/3COP EIRF
<input checked="" type="checkbox"/> Curva de relación entre energía entrante y refrigeración producida en funci...	ElectricEIRChiller Carrier 30XA110 359.9kW/3COP EIRF
Configuración de Carga Parcial	
Fracción mínima de carga parcial	0,100
Fracción máxima de carga parcial	1,150
Fracción óptima de carga parcial	1,000
Fracción mínima de descarga	0,100

## CURVAS DE RENDIMIENTO

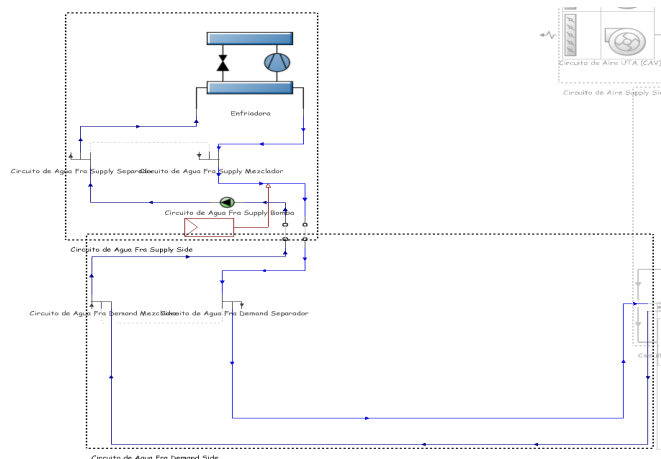
**CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO: 0,981725688**

**RATIO DE INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA: 1,0139175123**


**FRACCIÓN DE CARGA PARCIAL: 1**

Los parámetros auto-dimensionables se muestran en azul. Pueden tener la palabra "Autosize" (autodimensionado) o bien datos numéricos. Cuando se indica "Autosize" EnergyPlus calcula el valor adecuado de acuerdo con los datos de dimensionado indicados.

## CIRCUITO DE AGUA FRÍA



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Circuito de planta Datos	
General Operación del Equipamiento de la Planta	
General	
Nombre	Circuito de Agua Fría
Tipo de fluido	1-Agua
Volumen del circuito de planta (m3)	Autocalculate
Tipo de Flujo	
Tipo de flujo del circuito de planta	2-Flujo variable
Temperatura	
Temperatura máxima del circuito (°C)	80,00
Temperatura mínima del circuito (°C)	0,00
Caudal	
Caudal máximo del circuito (m3/s)	Autosize
Caudal mínimo del circuito (m3/s)	0,000000
Esquema de distribución de carga	1-Sequencial
Esquema de cálculo de la demanda del circuito de planta	1-SingleSetPoint
Dimensionado	
Temperatura de diseño a la salida del circuito (°C)	6,00
Salto de temperatura en el circuito (deltaC)	4,00
Funcionamiento	
 Programación de disponibilidad	On
Operación con Temperatura Exterior	
<input type="checkbox"/> Operación con temperatura exterior	

El circuito de agua fría consiste en:

- Sub-circuito de suministro, que contiene una o más enfriadoras, una bomba y un administrador de consignas.
- Sub-circuito de demanda, que distribuye el agua fría a baterías de enfriamiento, techos y vigas fríos, etc.

Esquema de distribución de cargas:

El esquema de distribución de cargas indica el algoritmo empleado para secuenciar el funcionamiento de los equipos para satisfacer la demanda del circuito de planta. Hay tres opciones.

- Secuencial- Emplea cada pieza de equipamiento a su máxima fracción de carga parcial, y opera la última pieza de equipamiento entre sus fracciones mínima y máxima de carga parcial para satisfacer la demanda del circuito.
- Óptimo- Emplea cada pieza de equipamiento a su fracción óptima de carga parcial, y opera la última pieza de equipamiento entre sus fracciones mínima y máxima de carga parcial para satisfacer la demanda del circuito.
- Uniforme- Distribuye la demanda del circuito en todos los componentes disponibles en la lista de equipamiento para un rango de carga dado.

Utilizo el esquema de distribución secuencial.

**Circuito de planta Datos**

General **Operación del Equipamiento de la Planta**

General

Número de esquemas 1

Esquema 1

Tipo de operación 2-Cooling load

Programación de funcionamiento On

Número de rangos 1

Rango 1

Límite inferior (W) 0,00

Límite superior (W) 1000000000000000,00

Equipos

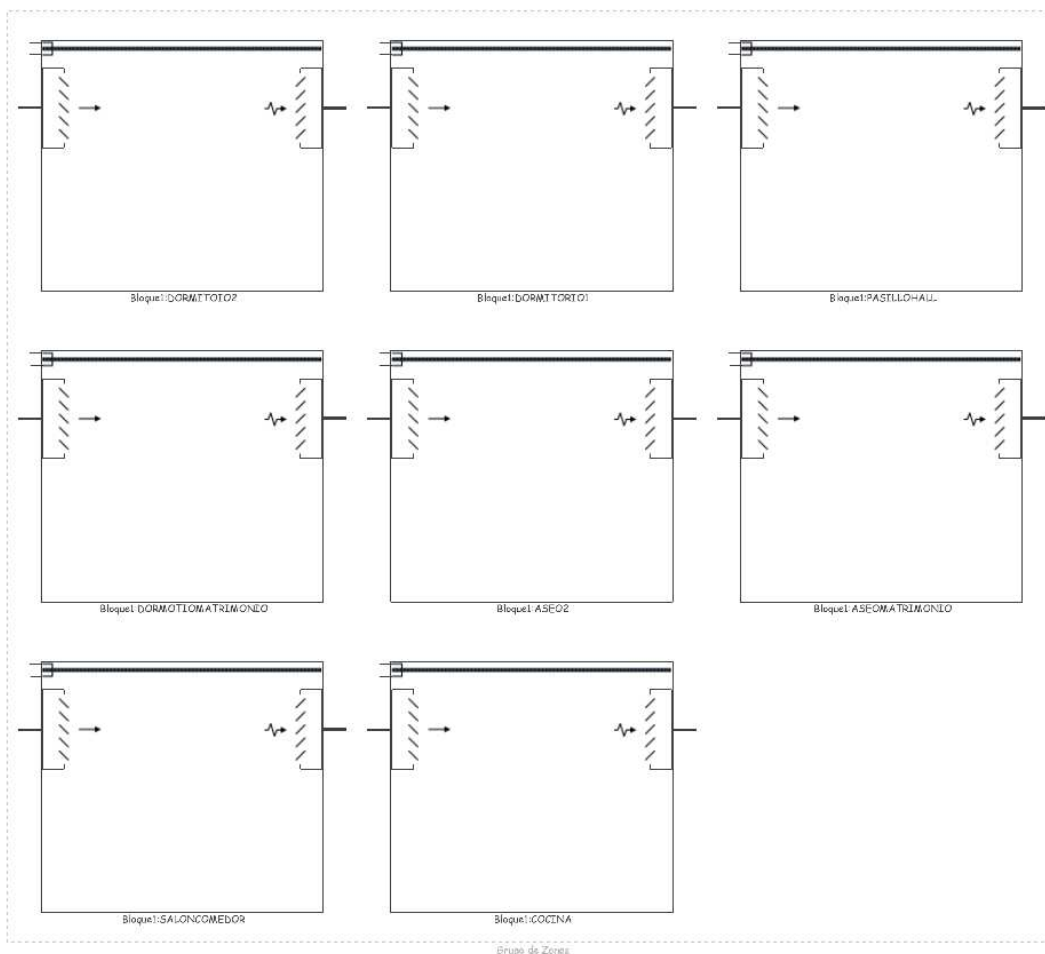
Enfridora

Priority 1

### 19.2.3.- GRUPO DE ZONAS

Compuesto por todas las estancias de la vivienda, a las cuales se aplica la instalación de refrigeración y ventilación comentada.

El circuito de aire con ventilación mecánica pero sin recuperador de calor es el mismo que se utiliza en todos los sistemas de climatización de las viviendas unifamiliares.

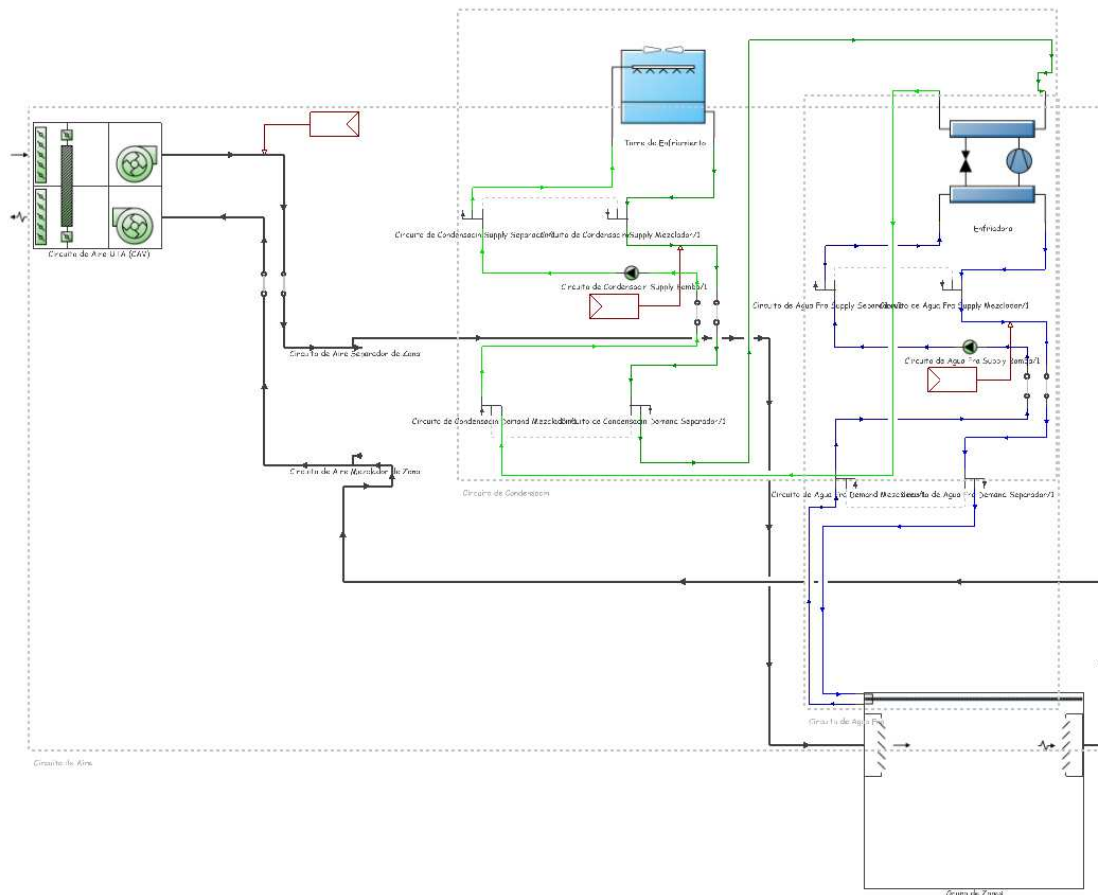




Cada grupo de zonas contiene un rejilla de admisión de aire exterior limpio atmosférico, un rejilla de extracción y un techo frío para la refrigeración de las viviendas unifamiliares objeto de estudio del presente proyecto.

### 19.3.- INSTALACIÓN TÉRMICA 3. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA CON AGUA Y TORRE DE ENFRIAMIENTO. VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR.

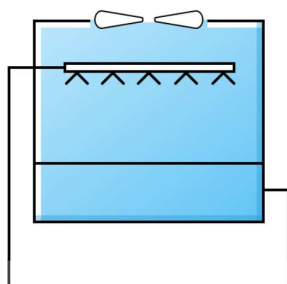
#### 19.3.1.- ESQUEMA INSTALACIÓN.



#### ENFRIADORA DESIGNBUILDER

Se utiliza la misma enfriadora para todas las instalaciones de refrigeración

#### TORRE DE ENFRIAMIENTO

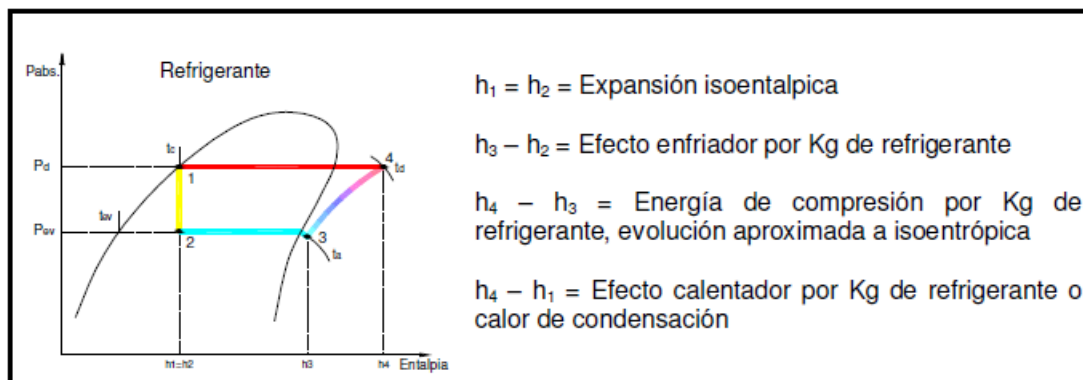


Las torres de enfriamiento se emplean para liberar calor en las enfriadoras con condensamiento húmedo (agua). Generalmente estas son más eficientes energéticamente que las enfriadoras con condensamiento en seco (aire), ya que el sumidero de calor se encuentra a una temperatura cercana a la de bulbo húmedo.

El ciclo de compresión se inicia en la válvula de expansión, inyectando el líquido refrigerante al evaporador punto (1), y evaporándolo hasta su condición de vapor saturado con un ligero recalentamiento. Evolución (2-3); la energía intercambiada con el fluido circulante es la diferencia de entalpías entre el punto 3 y el punto 2. El vapor ligeramente recalentado (3) será aspirado por el compresor y comprimido hasta el Punto (4), que le permita su posterior condensación y enfriamiento hasta el Punto (1).

La energía precisa para la compresión del vapor se valora por la diferencia de entalpías entre el punto 4 y el punto 3, y está a cargo del electromotor que mueve el compresor.

El vapor caliente y comprimido a la presión  $P_d$  se introduce en el Condensador, en las condiciones del punto 4, e intercambia calor con el agua circulante, calentándola, en cuanto que el vapor se enfría y condensa hasta su estado de líquido saturado punto 1. La cantidad de calor intercambiada en el condensador con el fluido circulante viene reflejada por la diferencia de entalpías del punto 4 y el punto 1.



**Figura 1: Ciclo de compresión del refrigerante en planta enfriadora**

Las máquinas frigoríficas, regulan su producción de energías modificando el caudal másico de refrigerante vehiculado por el circuito, modificando el desplazamiento volumétrico de los compresores, de muy diversas formas, adaptando siempre su producción a la demanda de su circuito, y en un constante equilibrio en su ciclo de compresión.

En base al funcionamiento equilibrado del ciclo de compresión de una planta enfriadora de condensación por agua, se indica que:

El circuito del fluido caloportador de refrigeración se conecta al evaporador, con un intercambiador compensador de frío, de tal modo, que toda la producción de

energía térmica generada en el evaporador, sea consumida entre la instalación de refrigeración y el intercambiador.

El intercambiador de compensación de frío solamente entregará energía externa al pozo, en la medida que disminuya las necesidades de refrigeración de la instalación y se precise generar frío en la planta, manteniendo el ciclo de compresión en equilibrio.

La principal ventaja, es que se trata de una instalación con la más alta eficiencia energética, de las que utilizan el ciclo de compresión de un refrigerante.

Como limitación del sistema encontramos que para la refrigeración las temperaturas de salida de agua de la planta están entre un mínimo de 3°C y un máximo de 12°C.

Cuando se utiliza agua como sistema externo, puede ser:

- Agua de pozo
- Agua de mar
- Efluentes locales (lagos, ríos, etc..).

Como conclusión, decir, que en las enfriadoras con condensador agua/agua, con aprovechamiento integral del calor del ciclo de compresión para producir frío son los tipos de enfriadoras de mayor eficiencia energética, frente a las condensadas con aire o con condensación evaporativa.

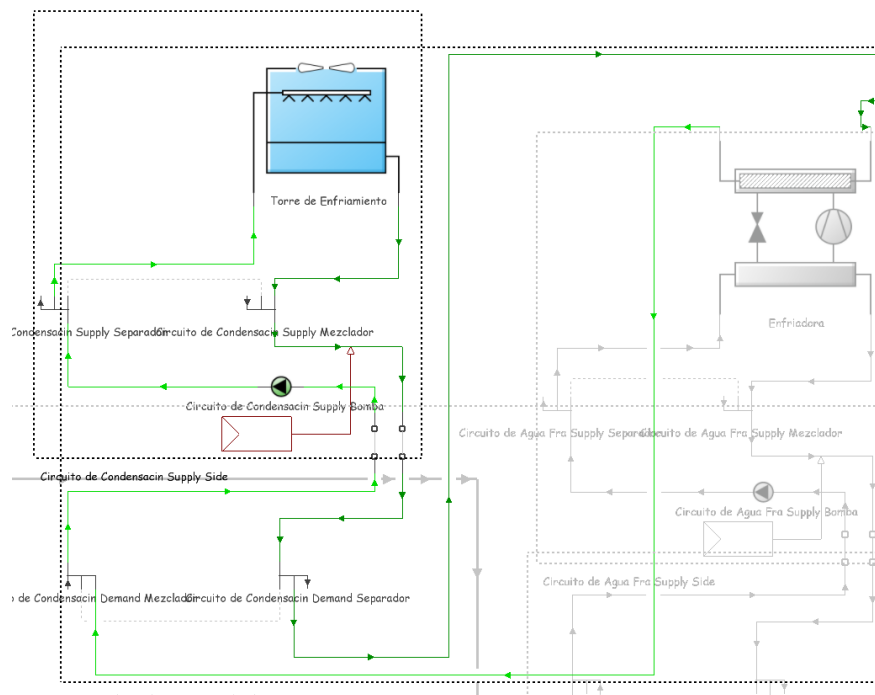
El rendimiento de la torre de enfriamiento se puede definir con dos métodos: relación de diseño entre el coeficiente de transferencia de calor y el área de producto (UA) y caudal de diseño de agua, o bien capacidad nominal de la torre dadas unas condiciones nominales. Independientemente del método seleccionado se debe indicar el caudal de diseño de aire y la potencia correspondiente del ventilador, aunque estos valores también pueden auto-dimensionarse.

El modelo también considera el rendimiento de la torre en régimen de “convección libre”, cuando el ventilador está inactivo pero la bomba de agua permanece encendida y aun se da transferencia de calor (si bien de manera escasa). Si se desea modelar la “convección libre” debe especificarse la relación de diseño entre el coeficiente de transferencia de calor y el área de producto (UA) y el caudal de diseño de agua, o bien la capacidad nominal de la torre durante ese modo de funcionamiento.

## DATOS GENERALES

Torre de enfriamiento Datos	
Torre de Enfriamiento	
<b>General</b>	
Nombre	Torre de Enfriamiento
Tipo de torre de enfriamiento	1-Una velocidad
Caudal de diseño de aire (m3/s)	Autosize
Potencia del ventilador con caudal de diseño del aire (W)	Autosize
Caudal de aire en régimen de convección libre (m3/s)	Autosize
Modo de pérdida de evaporación	1-Salida saturada
Porcentaje de pérdida de flujo	0,008
Factor de dimensionado de calefacción	1,00
<b>Método de Definición del Rendimiento</b>	
Método de definición del rendimiento	2-UA y Caudal de diseño de agua
Caudal de diseño de agua (m3/s)	Autosize
UA con caudal de aire de diseño (W/K)	Autosize
UA con caudal de aire de convección libre (W/K)	Autosize
Factor de dimensionado de caudal de aire con convecci...	0,100
<b>Parámetros de Calentador de Bandeja</b>	
Capacidad del calentador de la bandeja (W/K)	0,0
Consigna de temperatura del calentador de la bandeja (°C)	2,00
Programación de funcionamiento del calentador de la ...	On
<b>Purga</b>	
Modo de cálculo de purga	1-Proporción de concentración
Fracción de concentración de purga	3,000
<b>Control de Capacidad</b>	
Control de capacidad	1-Ciclado del ventilador
<b>Configuración de Torre Multi-Celdas</b>	
<input type="checkbox"/> Torre multi-celda	

## CIRCUITO DE CONDENSACIÓN



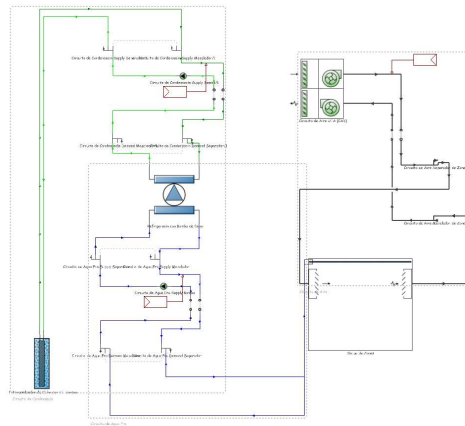
## DATOS GENERALES

Circuito de planta Datos	
General	Operación del Equipamiento de la Planta
General	
Nombre	Circuito de Condensación
Tipo de fluido	1-Agua
Volumen del circuito de planta (m3)	Autocalculate
Tipo de Flujo	
Tipo de flujo del circuito de planta	2-Flujo variable
Temperatura	
Temperatura máxima del circuito (°C)	50,00
Temperatura mínima del circuito (°C)	5,00
Caudal	
Caudal máximo del circuito (m3/s)	Autosize
Caudal mínimo del circuito (m3/s)	0,000000
Esquema de distribución de carga	1-Sequential
Esquema de cálculo de la demanda del circuito de planta	1-SingleSetPoint
Dimensionado	
Temperatura de diseño a la salida del circuito (°C)	29,00
Salto de temperatura en el circuito (deltaC)	5,00
Funcionamiento	
Programación de disponibilidad	On
Operación con Temperatura Exterior	
<input type="checkbox"/> Operación con temperatura exterior	

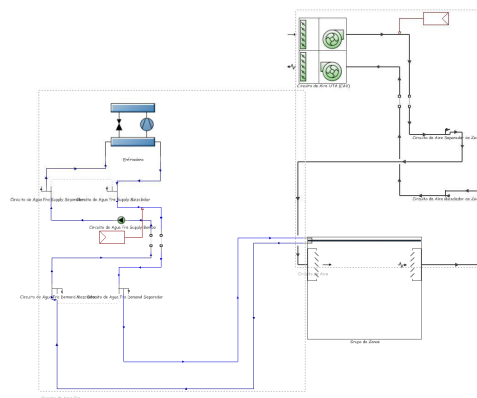
Circuito de planta Datos	
General	Operación del Equipamiento de la Planta
General	
Número de esquemas	1
Esquema 1	
Tipo de operación	2-Cooling load
Programación de funcionamiento	On
Número de rangos	1
Rango 1	
Límite inferior (W)	0,00
Límite superior (W)	1000000000000000,00
Equipos	
<input checked="" type="checkbox"/> Torre de Enfriamiento	
Priority	1

Los circuitos de aire, y agua fría, así como el grupo de zonas, son los mismos que se han utilizado para el resto de las instalaciones de refrigeración.

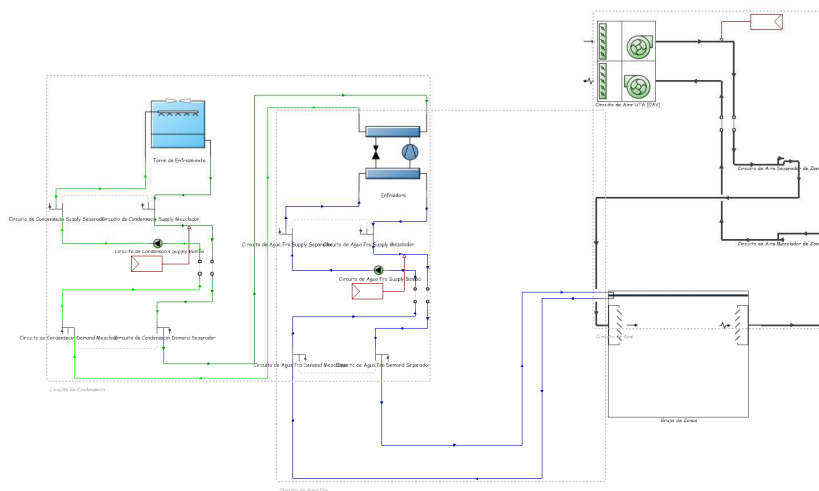
**19.4.- INSTALACIÓN TÉRMICA 1. REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR. VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR. MÍNIMO CTE.**



**19.5.- INSTALACIÓN TÉRMICA 2. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA. VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR. MÍNIMO CTE.**



**19.6.- INSTALACIÓN TÉRMICA 3. REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA CON AGUA Y TORRE DE ENFRIAMIENTO. VENTILACIÓN MECÁNICA SIN RECUPERACIÓN DE CALOR. MÍNIMO CTE.**



## 19.7.- CONSUMOS DES GAS NATURAL Y ELECTRICIDAD INSTALACIONES TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN.

A continuación, se representa una tabla resumen, donde se indican los consumos de gas natural y electricidad para las diferentes instalaciones térmicas de refrigeración utilizadas en el presente proyecto fin de carrera, para ello indico el coste en €/kWh tanto del gas natural como de la electricidad, que ya han sido utilizados en los cálculos económicos de los consumos energéticos, producidos por las instalaciones térmicas de refrigeración, para las viviendas unifamiliares mínimas por el CTE.

### COSTES ELECTRICIDAD:

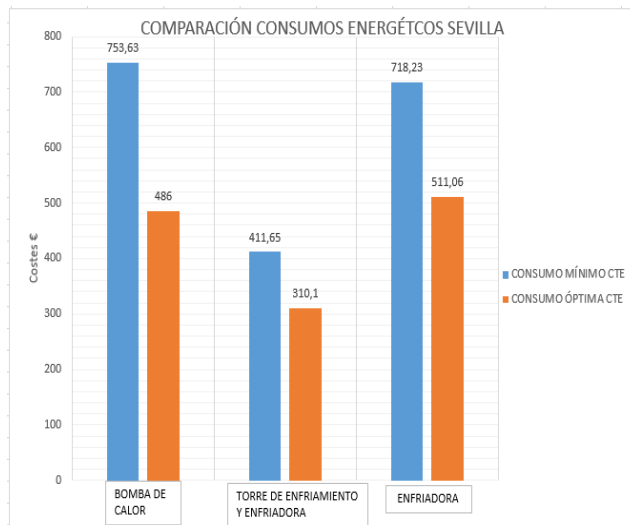
Variable €/kWh
0,157897

### TABLA RESUMEN CONSUMOS GAS NATURAL, ELECTRICIDAD Y COSTES:

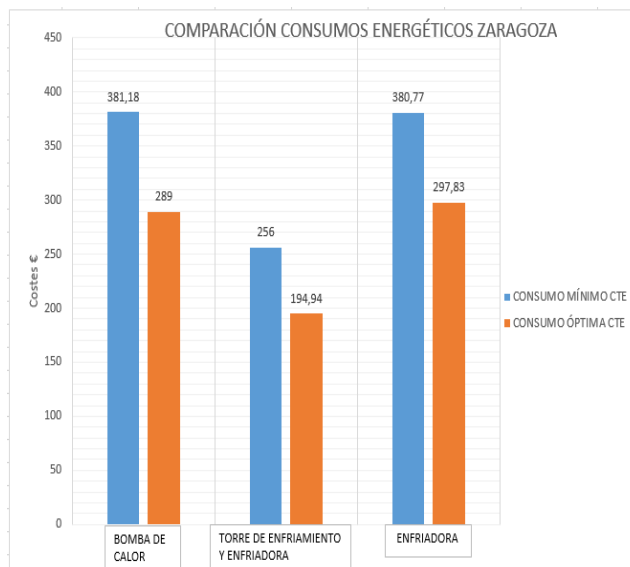
SEVILLA MÍNIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.			4773	753,63	753,63
2.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE TORRE DE ENFRIAMIENTO Y ENFRIADORA CON AGUA.			2607,07	411,65	411,65
3.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA.			4548,69	718,23	718,23
ZARAGOZA MÍNIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.			2414,1	381,18	381,18
2.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE TORRE DE ENFRIAMIENTO Y ENFRIADORA CON AGUA.			1620,22	256	256
3.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA.			2411,5	380,77	380,77
SEVILLA ÓPTIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.			3075,83	486	486
2.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE TORRE DE ENFRIAMIENTO Y ENFRIADORA CON AGUA.			1963,75	310,1	310,1
3.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA.			3236,64	511,06	511,06
ZARAGOZA ÓPTIMO CTE INSTALACIONES TÉRMICAS	CONSUMO GAS NATURAL kWh/año	COSTE GAS NATURAL €/año	CONSUMO ELECTRICIDAD kWh/año	COSTE ELECTRICIDAD €/año	COSTES TOTALES €/año
1.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.			1830,25	289	289
2.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE TORRE DE ENFRIAMIENTO Y ENFRIADORA CON AGUA.			1234,6	194,94	194,94
3.-REFRIGERACIÓN MEDIANTE ENFRIADORA.			1886,23	297,83	297,83

## 19.8.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES (ELECTRICIDAD) VIVIENDA UNIFAMILIAR CTE CON VIVIENDA ÓPTIMA:

### 19.8.1.- COMPARACIÓN SEVILLA



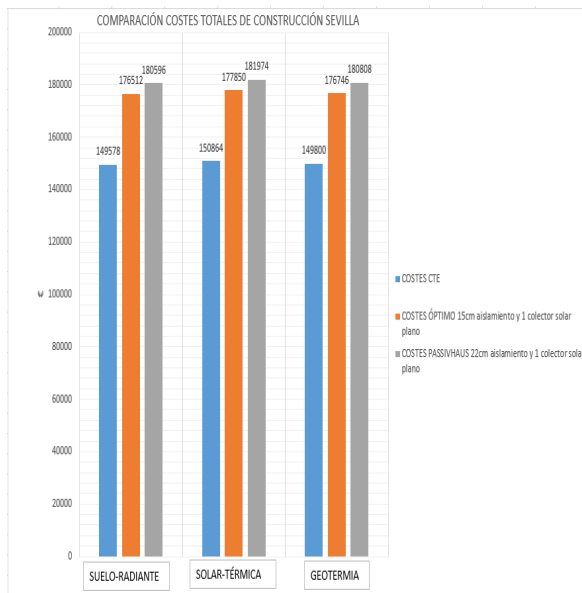
### 19.8.2.- COMPARACIÓN ZARAGOZA



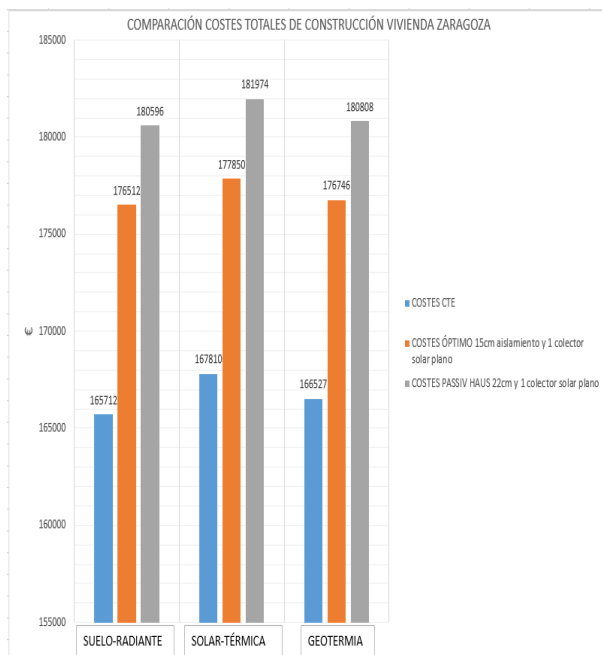


## 20.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES DE LA CONSTRUCCIÓN CON INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN:

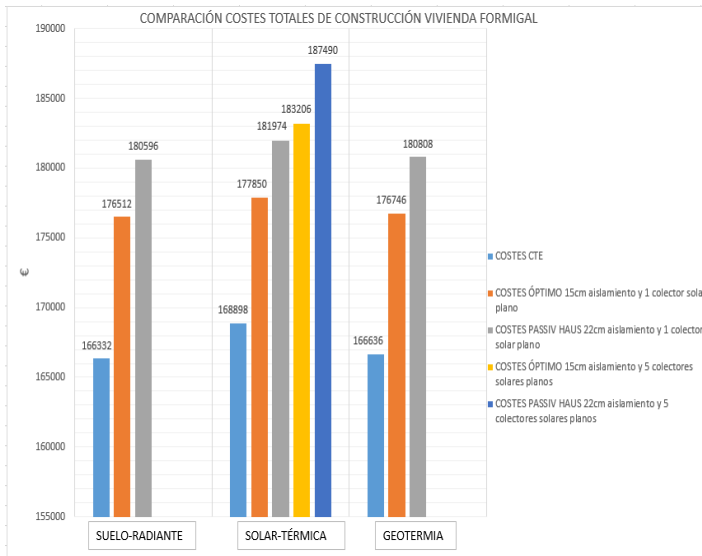
### 20.1- SEVILLA



### 20.2- ZARAGOZA

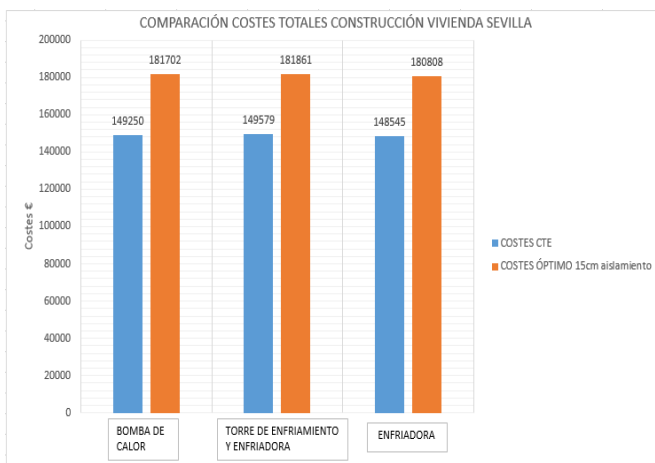


## 20.3.- FORMIGAL



## 21.- COMPARACIÓN COSTES TOTALES DE LA CONSTRUCCIÓN CON INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN:

### 21.1.- SEVILLA



### 21.2.- ZARAGOZA

