



# ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA VITORIA-GASTEIZ

Departamento de Energía Térmica

Trabajo Fin de Grado

**Alumno**

**Aitor Lozano Dominguez**

**Tutores**

**César Escudero Revilla**

**José Miguel Gil-García Leiva**

2021/2022

# ÍNDICE

1. Introducción .....	3
2. Objetivos y alcance.....	4
3. Descripción del sistema de calefacción.....	5
3.1. Calderas.....	5
3.2. Circuito de calderas .....	6
3.3. Circuito de distribución.....	8
4. Metodología de estudio .....	12
4.1. Sistemas de medida .....	12
4.2. Periodo de medida.....	16
4.3. Ubicación de las mediciones.....	16
5. Normativa actual.....	18
6. Datos experimentales .....	22
6.1. Ubicación de los dispositivos .....	22
6.2. Datos relevantes obtenidos .....	23
6.3. Problemas durante las mediciones.....	27
7. Conclusiones.....	30
8. Propuestas.....	35
8.1. Propuestas de mejora sobre la instalación actual.....	35
8.2. Propuestas para futuros estudios.....	36
9. Bibliografía .....	40
10. Anexos .....	42

# 1. Introducción

Este proyecto se trata de un proyecto CBL, un tipo de proyecto que propone implicar directamente a los alumnos y profesores en la optimización del consumo de energía en la Escuela. En este caso, se ha decidido estudiar el diseño de un proyecto de medición en la instalación mediante sensórica, aunque no ha sido el único punto de relevancia del proyecto.

El aspecto del ahorro energético en los edificios ha cobrado una mayor importancia este año, debido al elevado precio del gas y electricidad. Es por eso, que urge realizar este proyecto en la escuela, donde una pequeña mejora en la eficiencia del sistema repercute en un gran ahorro monetario.

Mediante este proyecto hemos tratado de conocer el grado de eficiencia del sistema de calefacción, midiendo temperaturas de impulsión y también temperaturas del ambiente interior. Para ello hemos usado dos sistemas de medición; un adquirente de datos comercial y unos arduinos de software libre.

El proyecto comenzó tarde, ya que eran mediados de marzo cuando se comienza a trabajar en ello, pero se aprovecharon las últimas semanas de funcionamiento de la calefacción para realizar este estudio. Primeramente, se destinó una semana a estudiar la instalación y conocer su funcionamiento, para posteriormente elegir una zona de la escuela donde realizar las posteriores mediciones. La primera semana de medición, se trató de investigar si las temperaturas que llegan a todas las cotas son iguales, para así poder determinar si la energía térmica disponible en todas las cotas es la misma. En la segunda semana de medición, se trató de medir si dentro de la rama de una cota concreta, el calor se distribuye proporcionalmente o se disipa demasiado en los primeros radiadores. Tras este periodo se analizaron los datos para sacar conclusiones, ya que el funcionamiento de la calefacción se detuvo con la llegada de semana santa, para no volver a funcionar hasta el invierno siguiente.

Tras el estudio, se han llegado a varias conclusiones interesantes sobre la instalación. Se trata de una instalación de 1994 que, aunque ha sido correctamente mantenida por la empresa de mantenimiento, los avances técnicos hacen que varios elementos como las calderas estén algo anticuados. Pero, sobre todo, se ha concluido que el programa que regula el sistema no es capaz de adaptarse correctamente a la demanda térmica de cada momento, habiendo en la zona de estudio en algunos días temperaturas interiores demasiado elevadas debido a que la calefacción en marcha, cuando realmente no era necesario.

La mejora no ha terminado con este proyecto, por lo que me gustaría animar a futuros alumnos a continuar con este estudio sobre la eficiencia de la escuela, por un bien común para todos como es el ahorro energético y la disminución de la huella de carbono.

## 2. Objetivos y alcance

### 2.1. Objetivos

La finalidad de este Trabajo Fin de Grado enmarcado en el CBL es realizar un estudio sobre el sistema de calefacción de la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, para determinar cual es el estado de la instalación actualmente e intentar ofrecer alguna propuesta de mejora sobre la instalación. Se buscará principalmente un ahorro monetario en la factura anual de gas mediante alguna solución viable y rentable, sin dejar de lado el confort térmico que tiene que ofrecer una instalación como la de este centro educativo.

### 2.2. Alcance

Para alcanzar dichos objetivos, será necesario establecer una serie de pautas durante su realización:

- Lo primero será entender correctamente la instalación de calefacción de la escuela, por lo que habrá que recaudar toda la información y planos de la instalación que se pueda.
- Se buscará conocer cómo se está dando el reparto de potencia térmica en la escuela. No se dispone de mucho tiempo por lo que el estudio se centrará únicamente en una zona de la escuela, tratando de ver si el sistema funciona correctamente, distribuyendo el calor de forma eficiente.
- Gracias a que tenemos también sensores de temperatura ambiental, complementaremos el estudio de la distribución térmica con un estudio de adaptación térmica a las necesidades de cada día, en busca del confort térmico.
- Se comparará la instalación con la actual normativa RITE que regula este tipo de instalaciones térmicas. La normativa ha avanzado con el tiempo y es posible que haya apartados en los que la instalación esté anticuada actualmente.
- Finalmente, se valorarán los resultados obtenidos y se planteará, si fuese necesario, una propuesta de mejora sobre la instalación actual.

### 3. Descripción del sistema de calefacción

Lo primero que teníamos que realizar era entender bien el sistema de calefacción, conociendo su distribución. Para ello, lo mejor era verlo in situ y bajar a la sala de calderas en el sótano de la escuela, y ver que nos encontrábamos, ya que íbamos con nula información del sistema. Nada más entrar a la sala de calderas, encontramos varios planos y esquemas del sistema, que a continuación describiré. También accedimos a ver las calderas, y el circuito de distribución.

Se trata de un sistema de calefacción centralizado, que utiliza el gas natural como fuente de energía. Tiene una potencia nominal de 1152KW. Consta de dos circuitos conectados entre sí; el de calderas, y el circuito de distribución por la escuela. Se anexa plano completo del sistema en el **Anexo 1**.

El sistema tiene un autómata que gestiona tanto el arranque y parada de las bombas y de las calderas como la apertura y cierre de válvulas motorizadas. Para ello utiliza la información proporcionada por las sondas exteriores y por los termostatos interiores.

Se describe el sistema de calefacción con mayor detalle a continuación:

#### 3.1. Calderas

Se trata de 4 calderas de gas natural, de la marca Guillot modelo Optimagaz 291 [10]. Son calderas antiguas, del año 1997, y construidas en Francia, ya que esta marca es francesa. Cada una de ellas tiene una potencia nominal de 288KW, por lo que podemos decir que el sistema de calefacción completo tiene una potencia nominal de 1152KW.

El combustible, como se ha comentado antes, es de gas natural (G20/G25), que viene canalizado de la red de distribución de gas de la ciudad de Vitoria-Gasteiz. Las características están calculadas a 15°C y 1013mbar.

En la placa de características de las mismas, podemos encontrar también la temperatura máxima de impulsión de las calderas, que es de 90°C, y también vemos la demanda energética requerida por la caldera para generar esos 288KW; serán necesarios 308,4KW de gas para transferir al agua los 288KW de la potencia nominal de la caldera. Con estos datos, podemos obtener que el rendimiento de la caldera a máxima potencia será del 93,4%. Son calderas de tipo atmosférico, por lo que no son tan modulables como las nuevas calderas de condensación y tienen un rendimiento inferior. Las temperaturas de impulsión altas como la de este caso (90°C) son también propias de este tipo de calderas, que tienen un rendimiento menor.



Figura 1 Caldera Escuela de Ingeniería Vitoria



Figura 2 Especificaciones Optimagaz 291

### 3.2. Circuito de calderas

El circuito primario de calderas, es el circuito que hace circular el agua de calefacción por las calderas. Este circuito hará pasar el agua por el quemador de la caldera para calentarla, y la llevará hasta el equilibrador de presiones, donde enlaza con el circuito de distribución. Son 4 circuitos paralelos que se juntan en un colector común hacia el equilibrador, que también es común para los 4 circuitos. Posteriormente hay otro colector que distribuye el agua de nuevo a cada caldera para volverla a calentar.

Cada caldera dispone a la salida de dos bombas en paralelo, que son las que mueven el agua. Esto permite tener normalmente una funcionando, y en caso de avería asegurar el funcionamiento del sistema con la otra bomba durante su reparación.

Hay una válvula de 3 vías motorizada para cada caldera, que independiza cada caldera del circuito conectando su impulsión con su retorno, teniendo así la opción de funcionar con 1,2,3 o las 4 calderas. El funcionamiento del sistema será un funcionamiento en cascada; dependiendo de la demanda térmica del sistema, arrancará tan sólo una, dos calderas o pudiendo llegar incluso a 3 calderas en algún arranque con temperaturas muy bajas. Ver a las 4 calderas funcionar es inviable ya que se trata de un sistema sobredimensionado, y el sistema de calefacción no sería capaz de irradiar toda esa potencia térmica.

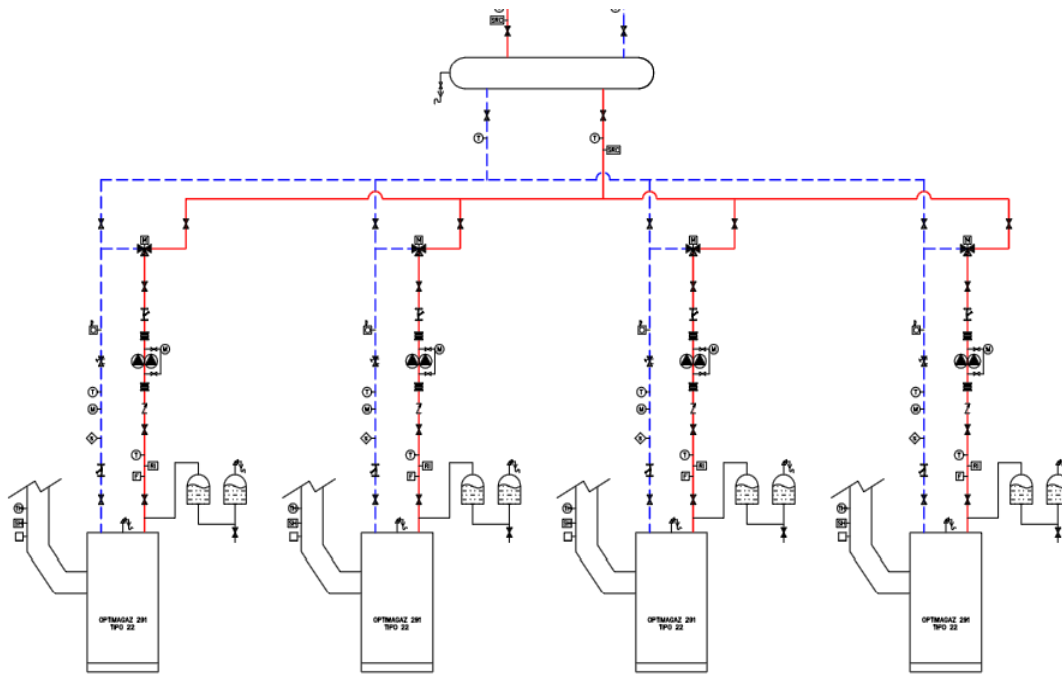


Figura 3 Esquema circuito de calderas



Figura 4 Circuito de calderas y Calderas

### 3.3. Circuito de distribución

El circuito de distribución se ubica posterior al equilibrador de presiones. Sale del equilibrador a un colector común, donde se distribuirá por circuitos. Estos circuitos son paralelos entre sí, y cada uno se ocupa de una zona o varias zonas de la escuela.

Hay un total de 8 circuitos, y cada uno tiene dos bombas en paralelo, para al igual que antes, funcionar normalmente con una y tener otra de reserva. Estas bombas varían de tamaño según el tamaño de cada circuito y sus necesidades térmicas; cuanto más área cubra ese circuito mayor será el tamaño de la bomba que necesita, para poder desplazar más agua y así poder ceder en los radiadores todo el calor necesario.

Los circuitos son los siguientes:

- Circuito P1: despachos de las plantas baja, primera y segunda de los edificios 5 y 6.
- Circuito P2: pasillos de las plantas sótano, baja, primera y segunda de los edificios 1, 2, 5 y 6.
- Circuito P3: locales de las plantas sótano, baja, primera y segunda con orientación sur de los edificios 1, 2, 5 y 6.
- Circuito P4: locales de las plantas sótano, baja, primera y segunda con orientación norte de los edificios 1, 2, 5 y 6.
- Circuito P5: vestíbulo principal de las plantas sótano, baja, primera y segunda edificio 4.
- Circuito P6: cocina-cafetería del sótano.
- Circuito P7: salón de actos en la planta baja.
- Circuito P8: planta del sótano del edificio 6.



*Figura 5 Circuito de distribución en sótano*



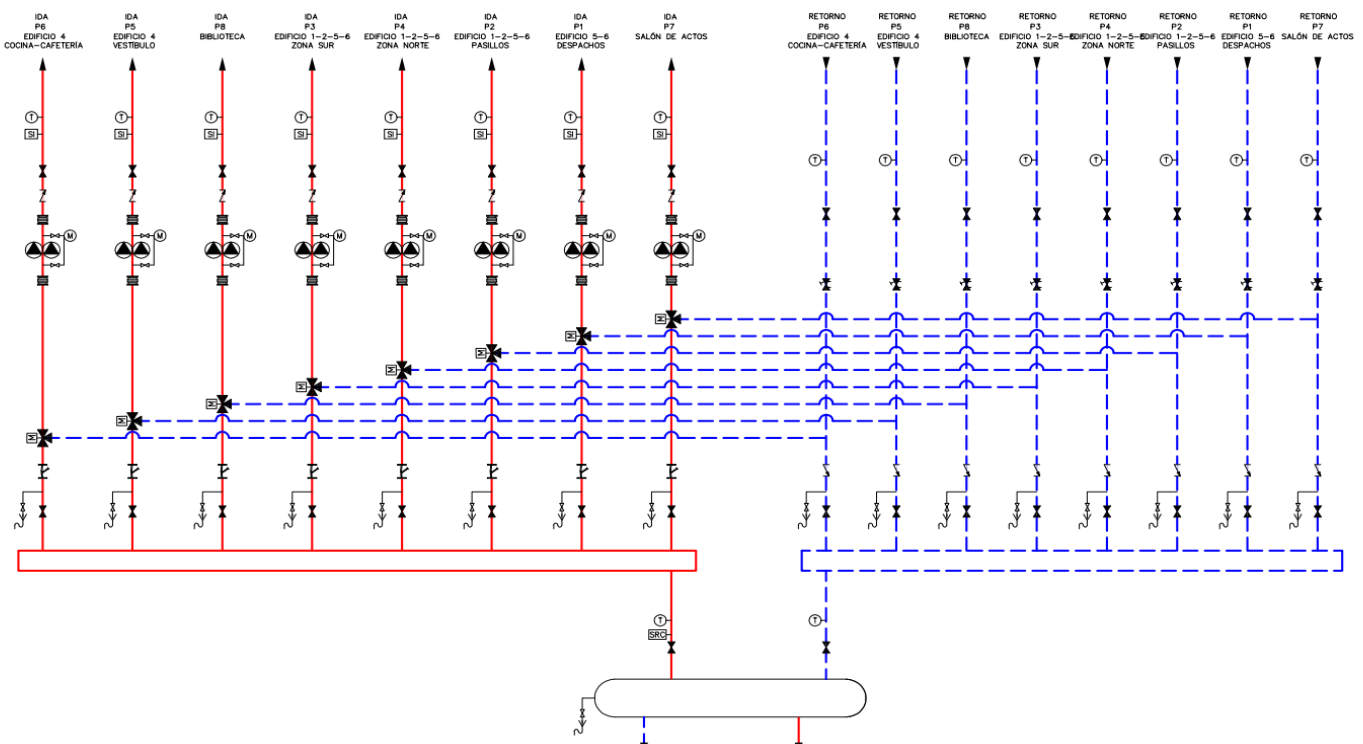


Figura 6 Esquema circuito de distribución

Posterior al colector y anterior a las bombas, vuelve a haber una válvula de 3 vías motorizada, para tener la opción de aislar un circuito si el sistema de gestión lo considera adecuado, ya que conecta la impulsión con el retorno de ese circuito.

Posteriormente, están las bombas que impulsarán el agua por todo el circuito hasta los radiadores y retornará al colector común. Las bombas empleadas son de la marca Sedical, aunque como antes he comentado, existen diferentes tamaños de bombas dependiendo del tamaño del circuito al que pertenezca. Se muestran los planos en **Anexo 3**. Los circuitos P1, P2, P3 y P4 son circuitos grandes y por ello tienen bombas Sedical SDP50/12T [4], más potentes que las empleadas en el resto de los circuitos, las Sedical SDP32/7M [3]. Al igual que ocurre en las bombas de las calderas, estas bombas están en paralelo. Únicamente trabaja una bomba de las dos y la otra está en stand by para utilizarse en caso de avería, excepto en los circuitos P3 y P4; en estos circuitos siempre funcionan las dos bombas, posiblemente por alguna falta de potencia hidráulica experimentada en el pasado, ya que se trata de los dos circuitos más grandes de este sistema. Adjunto las características de las bombas en el **Anexo 2**.

Como se puede ver en las imágenes, el circuito hasta este punto está bien aislado con su correspondiente aislamiento y un tubo bajo emisivo, minimizando las pérdidas de calor en esa zona. Los únicos elementos que no están aislados son las válvulas, bombas o llaves que no es posible su aislamiento.



*Figura 7 Sala de distribución. De izquierda a derecha: Colectores, llaves manuales, filtro, válvula motorizada y bombas.*

Posteriormente a estos 8 circuitos, hay varios circuitos, que se dividen en varios subcircuitos. Exactamente, son los circuitos P1-P2-P3-P4 los que se dividen en subcircuitos. Para entenderlo mejor, nos centraremos en el circuito P4 y sus subcircuitos, ya que es en uno de estos subcircuitos donde se ha acabado realizando la medición. Se anexas planos de los circuitos en el **Anexo 3**.

El circuito P4, como podemos ver en la *Figura 8*, se divide en 4 subcircuitos paralelos: C15, C13, C4, y C19. Estos subcircuitos suben en vertical por los diferentes patios de instalaciones, y a su vez crean los últimos ramales para distribuirse por cada planta a los radiadores de esa zona, tal y como lo representa el esquema. Algunos de estos subcircuitos como el C13 y el C4 no tienen ramal en el sótano o en la planta baja, bien porque se encarga otro circuito de esa zona, o bien porque no es una zona con necesidades térmicas. En la *Figura 8* también podemos ver como los diámetros van disminuyendo a medida que avanza el circuito, ya que, al irse dividiendo, el caudal cada vez es menor.

El circuito C15 (que es el que se ha analizado) se divide por lo tanto en un ramal por cada cota de su zona encargada. Del patio de instalaciones, cada ramal entra a un aula donde se empieza a distribuir. Todos los radiadores tienen un picaje independiente para estar en paralelo, y de esta manera no interrumpir el resto del circuito. Tienen una válvula de regulación de paso manual, que permite decidir cuánta agua caliente dejas pasar hacia

el radiador, y así poder controlar su temperatura. Desde luego, intentar regular la temperatura del aula mediante esta válvula no es la mejor manera.

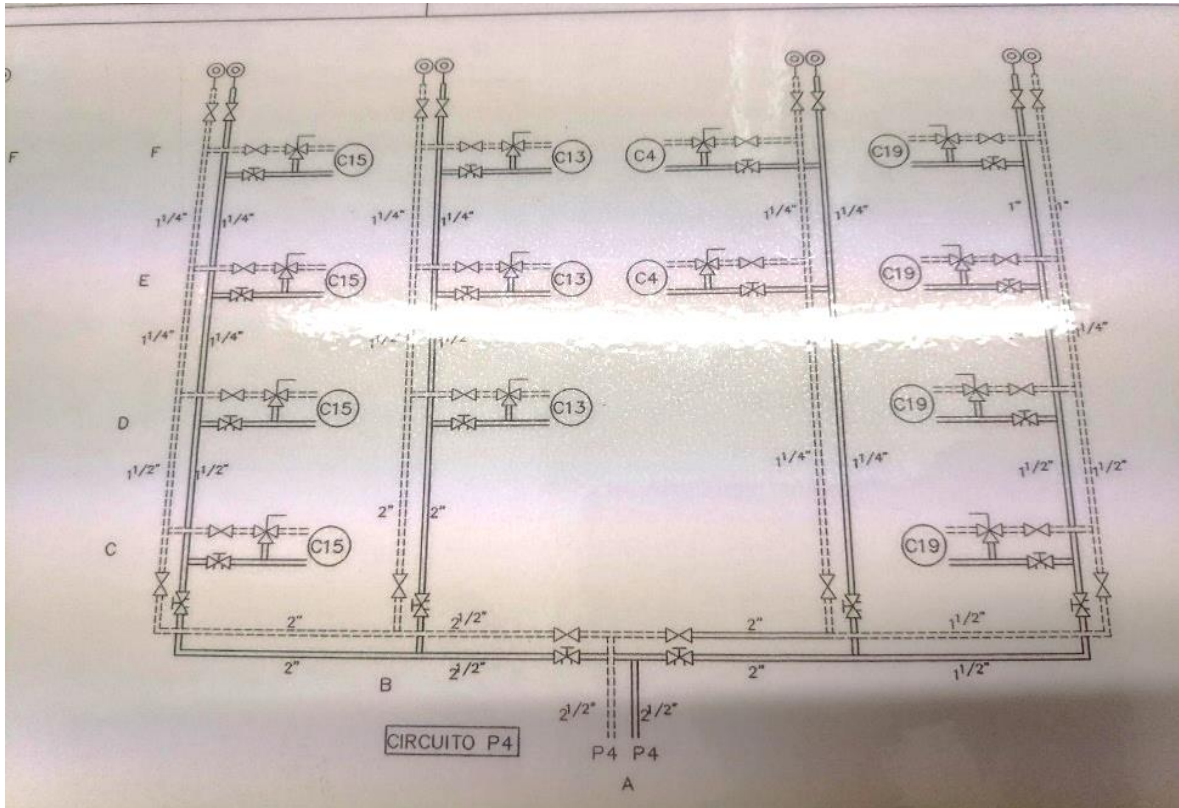


Figura 8 Subcircuitos del circuito P4

La distribución de radiadores lo podemos ver reflejado en la Figura 9 y es igual para las 4 cotas. También podemos ver los diámetros de las diferentes tuberías y el tipo de los diferentes radiadores, identificados con un número cada tipo.

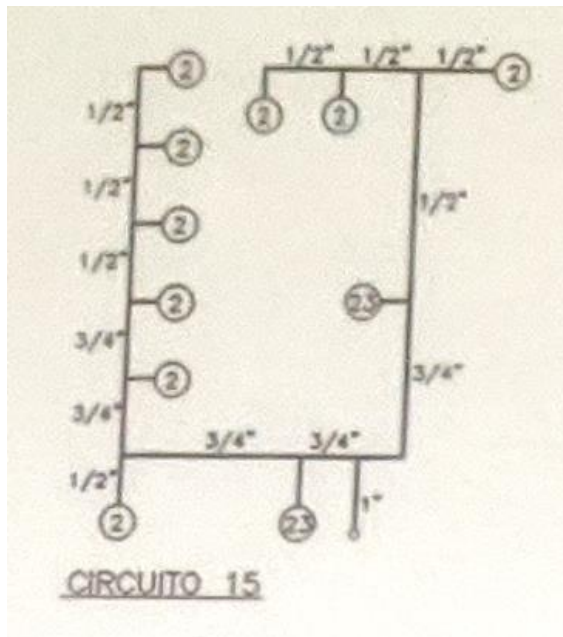


Figura 9 Esquema del circuito 15 y sus radiadores

## 4. Metodología de estudio

### 4.1. Sistemas de medida

En este proyecto veremos la dificultad de la medición de este tipo de parámetros. Sobre todo, cuando entra en juego el factor monetario, y nuestro presupuesto es limitado. Para nuestro sistema de medida, utilizaremos dos tipos de dispositivos:

- **3.1.1. Adquisidor de datos**

Se trata del adquisidor de datos Almemo 2590 [1] de la marca Ahlborn, que dispone de 4 entradas de datos, 2 salidas y una conexión para conectar con el ordenador o alimentación. En nuestro caso, disponemos de dos cables de termopar para este dispositivo de unos 5 metros de longitud cada uno, que usaremos como entrada obviamente. El adquisidor dispone de batería propia, pero su duración es bastante corta, por lo que intentaremos usar una toma de corriente convencional para alimentarlo. La gran longitud de los cables de termopar nos facilitará bastante su colocación, llevando los cables hasta el lugar donde queremos realizar la medición, pero dejando el adquisidor cerca de un enchufe donde alimentarlo directamente de la red con el adaptador. Lo programaremos para adquirir datos cada 10 minutos. Estos datos los almacena y posteriormente los podemos transferir al ordenador en forma de archivo .csv con la fecha y hora, y las dos temperaturas. Tiene una memoria de 70KB. Es un dispositivo caro, por ello sólo se dispone de uno; tiene un precio de 675 euros por dispositivo [1], más cada cable de entrada con un coste de 220 euros [5] y el cable de conexión al ordenador otros 135 euros [6]. Nuestro dispositivo tal y como lo hemos usado, por lo tanto, costaría 1250 euros cada adquisidor con 2 sensores. Se anexa la hoja de datos en el **Anexo 4**.



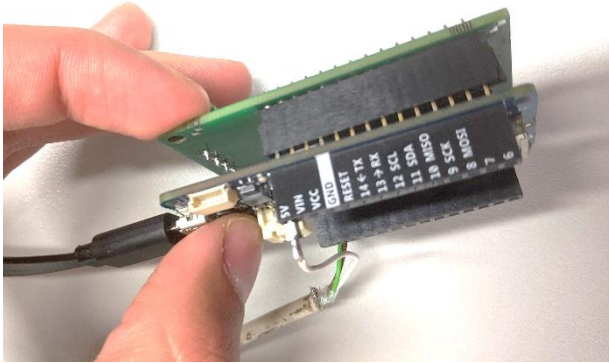
Figura 10 Adquisidor Ahlborn Almemo 2590



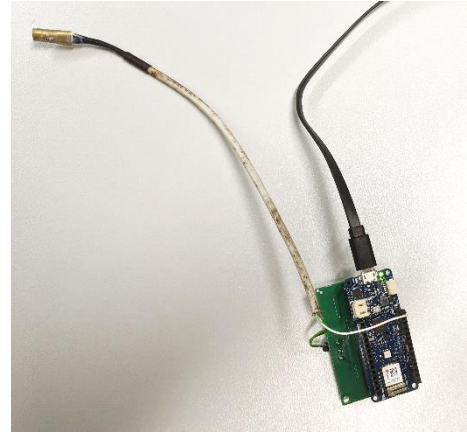
Figura 11 Cables de entrada de datos y conexión

### • 3.1.2. Arduinos

Los arduinos son pequeños dispositivos, programables para múltiples tareas. Tienen un conector de expansión en el que se pueden conectar circuitos adicionales, llamados Shields. En este caso, se ha diseñado un Shield con varios sensores, que entre otros, tiene un sensor de temperatura ambiental TMP37 integrado. Además, le hemos acoplado a este un sensor de temperatura adicional externo AD22100.

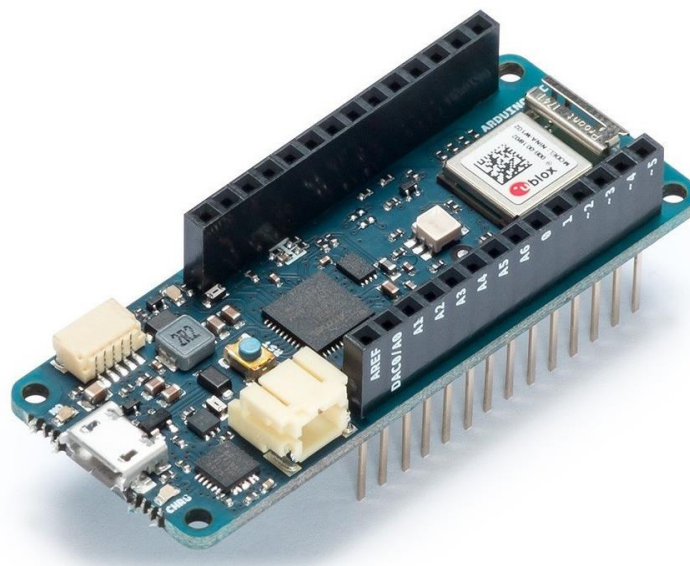


*Figura 12* Arduino (placa inferior) y Shield (placa superior)



*Figura 13* Arduino completo con Shield, sensor AD22100 y alimentación 5V

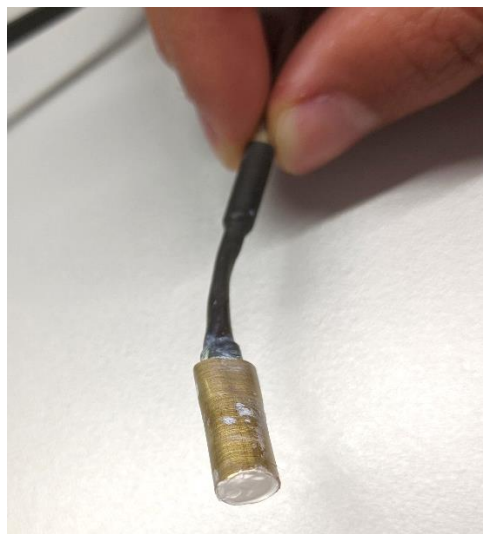
El Arduino es el modelo MKR Wifi 1010 [13], que como su nombre indica, es capaz de comunicarse por Wifi. Son dispositivos de software y hardware libre con un microcontrolador reprogramable, con lo que podemos automatizar un proceso programando una serie de entradas y salidas en lenguaje de programación C. Tiene una serie de pines con los que conectarse a diferentes shields. Se anexa la hoja de datos en el **Anexo 5**.



*Figura 14* Arduino MKR 1010 Wifi

Funciona con una alimentación de 5V, por lo que se puede conectar a la red eléctrica con un adaptador de 5V [7] (por ejemplo, un cargador de móvil) o mediante una powerbank que lo alimente a ese mismo voltaje, facilitando mucho su colocación en cualquier lugar o altura de la sala. La idea es utilizar una batería por cada Arduino, para así poder colocarlo en cotas altas o lugares donde no tenemos acceso a un enchufe de corriente eléctrica. Utilizaremos para ello unas powerbank Redmi de 10000mAh disponibles en la escuela.

El sensor de temperatura externo es un sensor convencional, modelo AD22100 [14], con 3 cables (alimentación, neutro y señal), que está conectado al shield. Tiene en la punta acoplado un cabezal de cobre (material altamente conductor térmico) y para mejorar la conductancia térmica aún más entre el sensor y el casquillo de cobre, se ha aplicado una pasta altamente termoconductora. El cable del sensor es bastante corto, ya que apenas llega a los 15cm de longitud. El rango de funcionamiento de este sensor es desde los  $-50^{\circ}\text{C}$  hasta los  $150^{\circ}\text{C}$ , por lo que es totalmente apto para nuestra aplicación. Se anexan más datos sobre este sensor en el **Anexo 6**.



*Figura 15* Sensor con casquillo

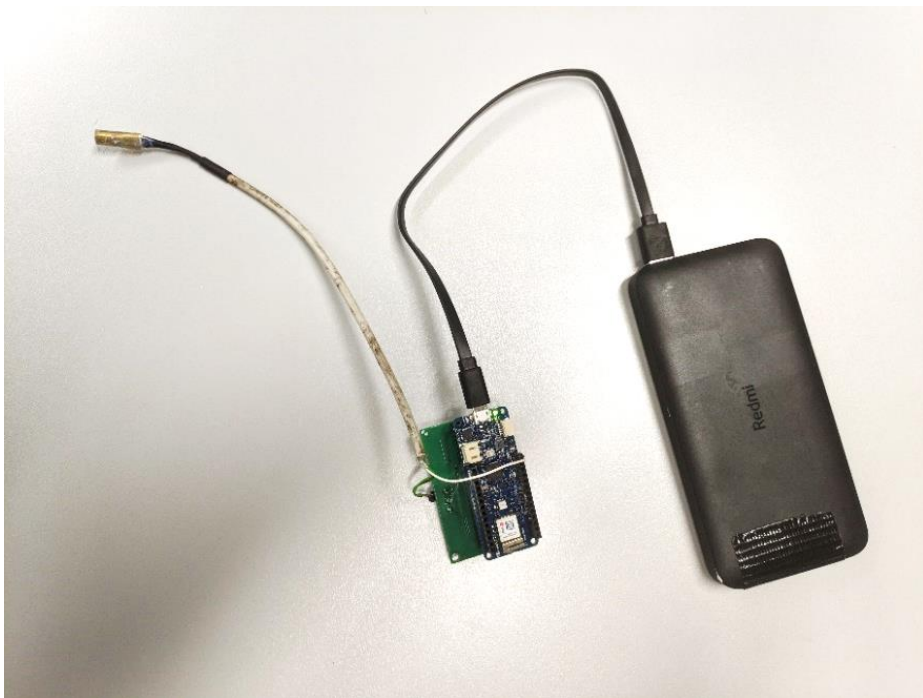


*Figura 16* Sensor AD22100

Los Arduino se pueden programar en lenguaje C mediante una App diseñada para Windows llamada Arduino IDE que es gratuita. Para ello, hemos desarrollado un programa que primero se conecte con el Wifi "Txismes" de la escuela, posteriormente se comunique con los sensores para leer sus valores y a continuación envíe esa información junto con la fecha y la hora a un archivo llamado file.txt que tendremos asignado en un puerto del ordenador al que lo enviamos. Cada Arduino en uso, tendrá asignado un puerto diferente para así ir generando un file.txt diferente. Se anexa la programación completa en el **Anexo 14**.

También necesitamos descargar el programa MobaXterm para guardar los datos que envía el Arduino mediante el Wifi. Este programa nos permitirá además ver en tiempo real si el envío de datos está funcionando, y los valores que está dando.

Son dispositivos mucho más baratos que el adquirente, por lo que disponemos de más unidades para las mediciones; exactamente serán 4 Arduinos alimentados por 4 baterías de 10000mAh. El coste de cada placa Arduino es de 29,75 euros [2], 7,75 euros el sensor AD22100 [20], 30 euros el shield y 20 euros la batería externa [17]. En total, el coste de cada Arduino completo es de 87,5 euros.



*Figura 17* Arduino completo alimentado por powerbank

La colocación de ambos dispositivos de monitorización la he realizado utilizando dos tipos de cinta; se fija el sensor al tubo con cinta americana, y será importante la colocación por encima una capa de cinta de aluminio baja emisiva, para reducir la radiación de calor y tener una medición más exacta.

El Arduino hay que tratar de colocarlo fuera de la zona de emisión de calor del radiador, de manera que el sensor externo llegue a estar en contacto con la tubería, pero el cuerpo del Arduino con el sensor de temperatura ambiente esté algo alejado.

### 4.2. Periodo de medida

El periodo de medida ha sido desde finales de marzo hasta que el uso de la calefacción o el clima lo ha permitido, el cual ha coincidido con la festividad de Semana Santa. Al parecer este año se ha adelantado algo esta fecha de apagado de la calefacción, por el alto coste de la energía y la buena previsión del mes de abril.

La elección un poco tardía por mi parte de este TFG es la que ha hecho que la medición no se ha llevado a cabo en los meses de diciembre, enero y febrero, que hubiese sido también interesante. Hemos dispuesto por lo tanto de poco tiempo de monitorización, ya que la primera semana la he dedicado a entender y estudiar estrictamente el sistema de calefacción, y posteriormente se han realizado dos semanas de mediciones; la primera medición se lleva a cabo del 21 al 27 de marzo, y la segunda medición del 29 de marzo al 6 de abril.

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Marzo	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27
Marzo/Abril	28	29	30	31	1	2	3
Abril	4	5	6	7	8	9	10
	Entender el sistema		1ª medición		2ª medición		

Figura 18 Calendario con periodos de cada fase

### 4.3. Ubicación de las mediciones

Primero de todo, comentaré algunos datos sobre el edificio de la Escuela Universitaria de Vitoria-Gasteiz, situada al sur de la ciudad de Vitoria-Gasteiz. La construcción del edificio original se llevó a cabo en 1961, aunque posteriormente, fue necesario llevar a cabo un proyecto de reforma y ampliación en enero de 1994 mediante la construcción de nuevos espacios. Desde entonces, el edificio dispone de 12.171,77 m2 de superficie útil con una capacidad de ocupación de 2.389 personas. La escuela está constituida por 4 edificios unidos por los pasillos y el vestíbulo principal y trasero.

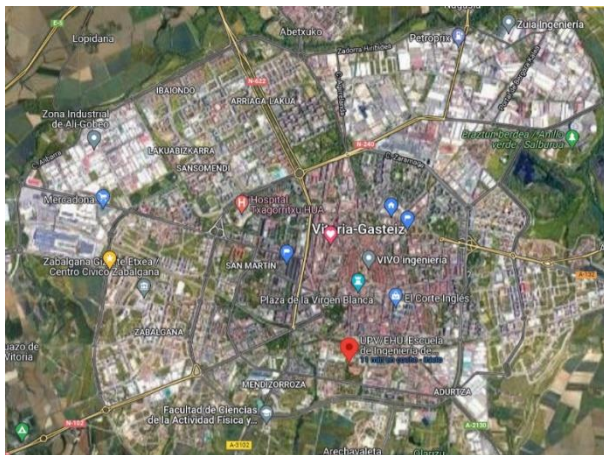


Figura 19 Ubicación del edificio en la ciudad de Vitoria-Gasteiz

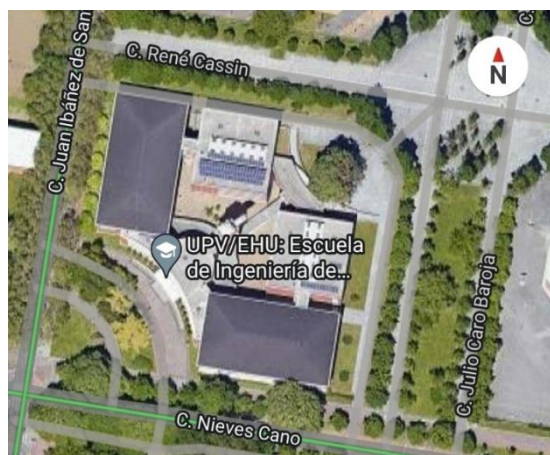


Figura 20 Orientación del edificio



Tras estudiar el sistema, se decidió que el subcircuito C15 del circuito principal P4 era un buen lugar para realizar las mediciones: se trata de un subcircuito perteneciente a uno de los dos principales circuitos de calefacción (P3 y P4), y además tiene una orientación norte y bastante alejada de la zona de calderas. En la **Figura 21** se puede ver el plano de la planta sótano, y donde está ubicado el subcircuito C15 respecto de la sala de calderas. En azul se ha marcado el recorrido de las tuberías del circuito P4 para llegar hasta la zona de estudio, donde se encuentra el subcircuito C15. Este subcircuito, como ya he mencionado anteriormente, se ocupa de esa zona en las 4 cotas, por lo que, desde el sótano suben los tubos por el patio de instalaciones, bifurcándose en cada cota. Los planos de las áreas para cada circuito en todas las cotas se recogen en el **Anexo 3**.



Figura 21 Plano Circuitos calefacción planta sótano y recorrido circuito P4 hasta subcircuito C15

## 5. Normativa actual

En el siguiente apartado se exponen los principales puntos de interés de la normativa que regula este tipo de instalaciones. Se trata del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, que regula instalaciones tanto de calefacción como de refrigeración. Esta normativa se aplica en edificios nuevos principalmente, pero también tienen que cumplir la normativa las modificaciones o reformas que se realicen en este tipo de instalaciones. También regula el ámbito del mantenimiento y inspecciones en este tipo de instalaciones, lo cual afecta a todas las instalaciones independientemente de su fecha de construcción.

El primer documento aprobado del RITE es de 1998. Posteriormente se ha actualizado dos veces; una en 2013 [18] y otra en 2021 [19], buscando adaptar el reglamento hacia instalaciones más sostenibles y responsables con el medio ambiente.

El edificio en estudio, la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, se reformó en 1994 por lo que queda excluido mayoritariamente del cumplimiento de esta normativa. Tan sólo se le aplican los artículos relacionados con el mantenimiento e inspecciones en la instalación. Sin embargo, se procederá a continuación a comparar nuestra instalación, con una instalación que cumpla el RITE de 2021.

Los puntos de mayor interés son:

- **IT 1.2.4.1.2.1 Requisitos mínimos de rendimientos energéticos de los generadores de calor** (Página 9 del RITE 2013):
  1. *En el proyecto o memoria técnica se indicarán las prestaciones energéticas de los generadores de calor.*
  2. *Para las calderas, deberán indicarse los rendimientos a potencia útil nominal ( $P_n$ ) expresada en kW, y con una carga parcial del 30 por ciento ( $0,3 \cdot P_n$ ) y la temperatura media del agua en la caldera de acuerdo con lo que establece el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero. Los rendimientos indicados en los siguientes apartados corresponden a calderas de potencia útil nominal hasta 400 kW"*

Con lo que podemos calcular el rendimiento requerido de las calderas empleadas. La temperatura de entrada a la caldera es de 45°C y la temperatura de salida de 90°C para condiciones de potencia nominal de 288kW. Por lo tanto:

$$\eta \geq 90 + 2 \log 288 = 94,91\%$$

El rendimiento para carga parcial no se puede calcular, ya que las calderas empleadas no son modulares y, por lo tanto, desconocemos ese dato.

Como he mencionado en el apartado 2.1, el rendimiento de las calderas para esas mismas condiciones es de **93,4%**. Por lo tanto, no cumpliría este artículo del reglamento actual.

- **Artículo 12, Punto N°3 Regulación y Control** (página 8 del RITE 2021):  
*“Regulación y control: las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio”*  
 Existen dos sondas exteriores y múltiples termostatos interiores con los que el sistema recauda información para intentar adaptarse a la demanda térmica de cada momento. Sin embargo, podríamos decir que el sistema actual no es capaz de adaptarse correctamente a las variaciones de demanda térmica, llegando a temperaturas de 27 grados dentro del edificio.
- **IT 1.2.4.1.2.1, Punto N°4** (Página 16 del RITE 2021):  
*“El control del sistema se basará en sonda exterior de compensación de temperatura o termostato modulante, de forma que modifique la temperatura de ida a emisores adaptándolos a la demanda”*  
 El sistema actual tiene dos sondas de temperatura exterior y múltiples termostatos con la que poder modificar el programa de calefacción y adaptarse a la demanda térmica de cada momento.
- **IT.1.2.4.2.9 Emisores térmicos** (Página 20 del RITE 2021):  
*“Los emisores térmicos se dimensionarán para temperaturas de entrada en calefacción inferiores a 60 °C”*  
 Los radiadores del sistema de calefacción como posteriormente veremos trabajan a mayores temperaturas, en torno a 70-75°C, ya que se trata de radiadores antiguos, diseñados para operar a temperaturas más elevadas. Por lo tanto, tienen una eficiencia menor que los radiadores más modernos, que trabajan con temperaturas más bajas (55-60°C).
- **IT 1.2.4.1.2.1, Punto N°3** (Página 16 del RITE 2021):  
*“Queda prohibida la instalación de calderas de tipo atmosférico”*  
 Las calderas actuales Guillot Optimagaz 291, son calderas de tipo atmosférico, las cuales tienen un rendimiento menor y trabajan a mayor temperatura de agua de salida, con lo que podemos decir que guarda una estrecha relación con el punto anterior mencionado. Las calderas más modernas son de tipo condensación, trabajan a menor temperatura de impulsión y tienen un rendimiento mayor, además de ser modulables.

- **IT 4.2.3 Inspección de la instalación térmica completa** (página 36 del RITE 2021)

*“Cuando la instalación térmica de calor o frío tenga más de quince años de antigüedad, contados a partir de la fecha de emisión del primer certificado de la instalación, y la potencia térmica nominal instalada sea mayor que 70 kW, se realizará una inspección de toda la instalación térmica, que comprenderá, como mínimo, las siguientes actuaciones:*

*a) Inspección de todo el sistema relacionado con la exigencia de eficiencia energética regulada en la IT.1 de este RITE;*

*b) Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, para la instalación térmica completa y comprobación del cumplimiento y la adecuación del «Manual de Uso y Mantenimiento» a la instalación existente;*

*c) Elaboración de un dictamen con el fin de asesorar al titular de la instalación, proponiéndole mejoras o modificaciones de su instalación, para mejorar su eficiencia energética y contemplar la incorporación de energía renovable. Las medidas técnicas estarán justificadas en base a su rentabilidad energética, medioambiental y económica.”*

Como nuestra instalación es de 1997, ha tenido que pasar esta revisión en el 2012.

- **IT 1.2.4.3.5 Sistemas de automatización y control de instalaciones** (Página 22 del RITE 2021)

*“Cuando sea técnica y económicamente viable, los edificios no residenciales con una potencia nominal útil para instalaciones de calefacción, refrigeración, instalaciones combinadas de calefacción y ventilación, o para instalaciones combinadas de refrigeración y ventilación de más de 290 kW deberán estar equipados con sistemas de automatización y control de edificios. Dichos sistemas de automatización y control de edificios deberán ser capaces de:*

*a) Monitorizar, registrar, analizar y permitir la adaptación del consumo de energía de forma continua;*

*b) Efectuar una evaluación comparativa de la eficiencia energética del edificio, detectar las pérdidas de eficiencia de sus instalaciones técnicas e informar sobre las posibilidades de mejora de la eficiencia energética a la persona responsable de la instalación o de la gestión técnica del edificio;*

*c) Permitir la comunicación con instalaciones técnicas conectadas y otros aparatos que estén dentro del edificio, así como garantizar la interoperabilidad con instalaciones técnicas del edificio de distintos tipos de tecnologías patentadas, dispositivos y fabricantes.”*

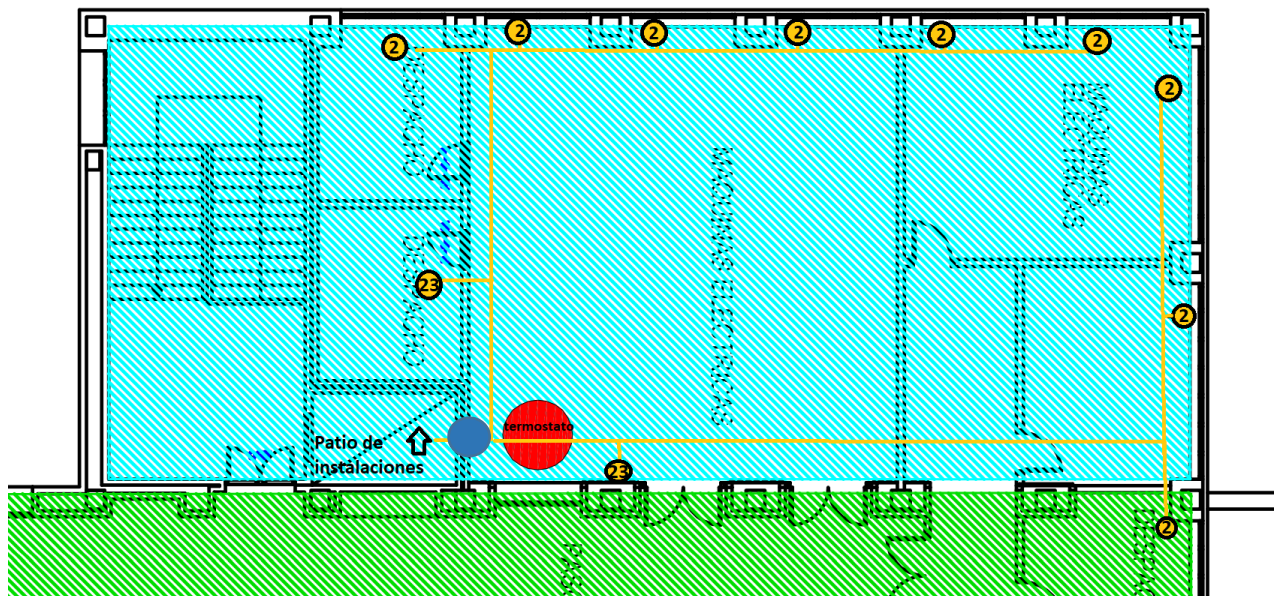
Este artículo es el objetivo principal este CBL. El primer paso serán las mediciones y el documento realizados en este proyecto, donde también se asentarán las bases de los proyectos futuros. Se quiere conseguir con una monitorización de temperaturas, ser capaz de interpretar correctamente esos datos y adaptar el consumo de calefacción a la demanda térmica en cada momento. Para ello hay que relacionar el sistema de medición con el funcionamiento del sistema de calefacción también, una de las tareas más complicadas.

## 6. Datos experimentales

### 6.1. Ubicación de los dispositivos

- **Primera semana:**

La primera semana de medición, los dispositivos se colocaron en la entrada del ramal de C15 a cada cota. Con ello, la intención era averiguar si teníamos algún problema en la distribución y si por ello las cotas más altas sufrirían pérdidas de temperatura.



*Figura 22* Plano del circuito de distribución. Los círculos amarillos representan la ubicación de los radiadores

El punto azul ● representa el lugar donde se hicieron las mediciones en las 4 cotas. Tenemos que recordar que el circuito de radiadores de las 4 cotas es idéntico en todas las cotas, y por lo tanto, en todas las cotas se decidió colocar los dispositivos de medición a la entrada del ramal a cada cota.

En la cota sótano se colocó el adquisidor comercial, en la planta baja se colocó el arduino "0", en la planta primera el arduino "1" y en la segunda planta el arduino "2".

- **Segunda semana:**

La segunda semana de medición se decidió enfocar el estudio a la segunda planta de esta zona de la escuela, perteneciente al subcircuito C15, por ser esta la última cota y quizás poder tener alguna deficiencia que no hemos percatado durante la medición de la primera semana. Se colocaron tanto los 4 arduinos disponibles y el adquisidor.

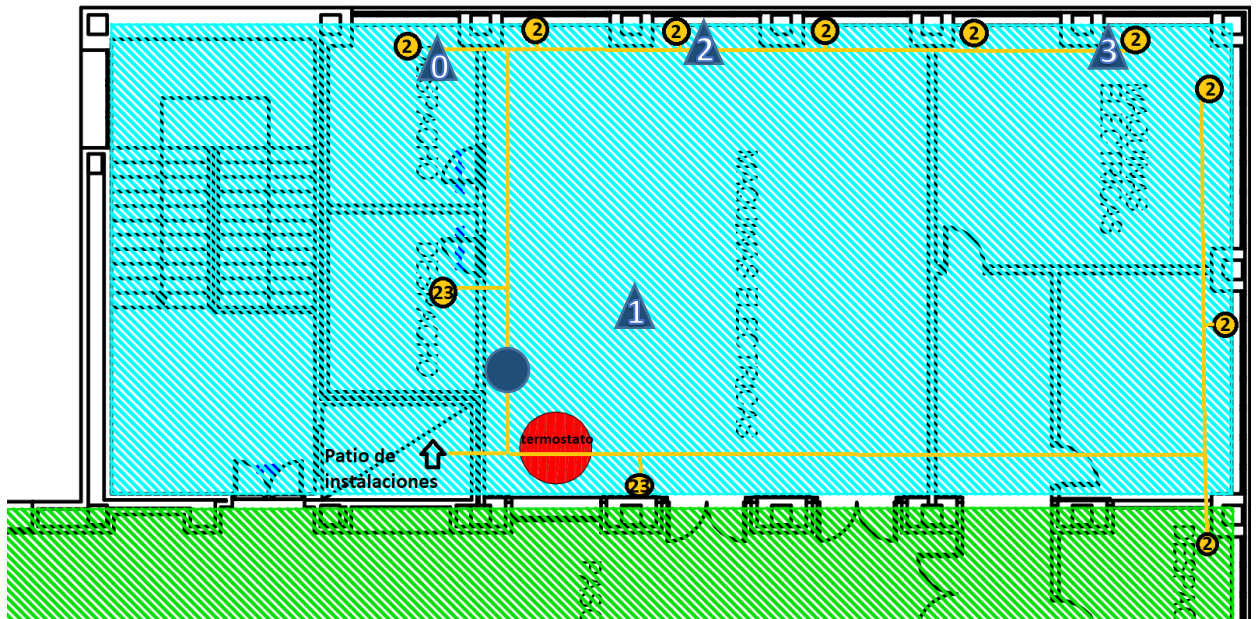


Figura 23 Localización de arduinos y adquisidor en la segunda semana de medición.

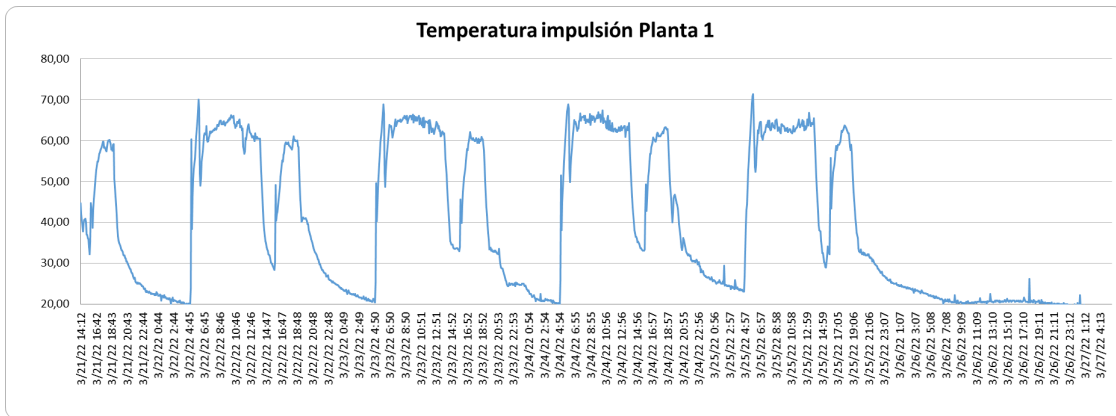
Los triángulos ▲ muestran la ubicación de los arduinos colocados en los radiadores, con su correspondiente número de arduino. Se puede observar como el arduino “1” está colocado en medio de la sala, ya que se ha usado exclusivamente para medir la temperatura ambiente de la sala. El adquisidor, marcado con el círculo azul ● medirá las temperaturas de impulsión y retorno en la entrada del ramal a esa cota.

## 6.2. Datos relevantes obtenidos

En este apartado se mostrarán cuáles son los datos más significantes obtenidos de las mediciones. Se anexan al final del documento todas las gráficas realizadas con los datos obtenidos durante las mediciones.

- **Equilibrio entre cotas**

El principal dato que hemos obtenido en la medición de la primera semana ha sido que las 4 cotas tienen la misma temperatura de impulsión a los radiadores. En la gráfica siguiente se muestran los valores obtenidos durante la medición de la primera semana en la primera planta, donde estaba ubicado el arduino “1”. En el **anexo 7** se anexan el resto de gráficas de las mediciones en la primera semana, donde se puede ver la igualdad de las temperaturas de impulsión.

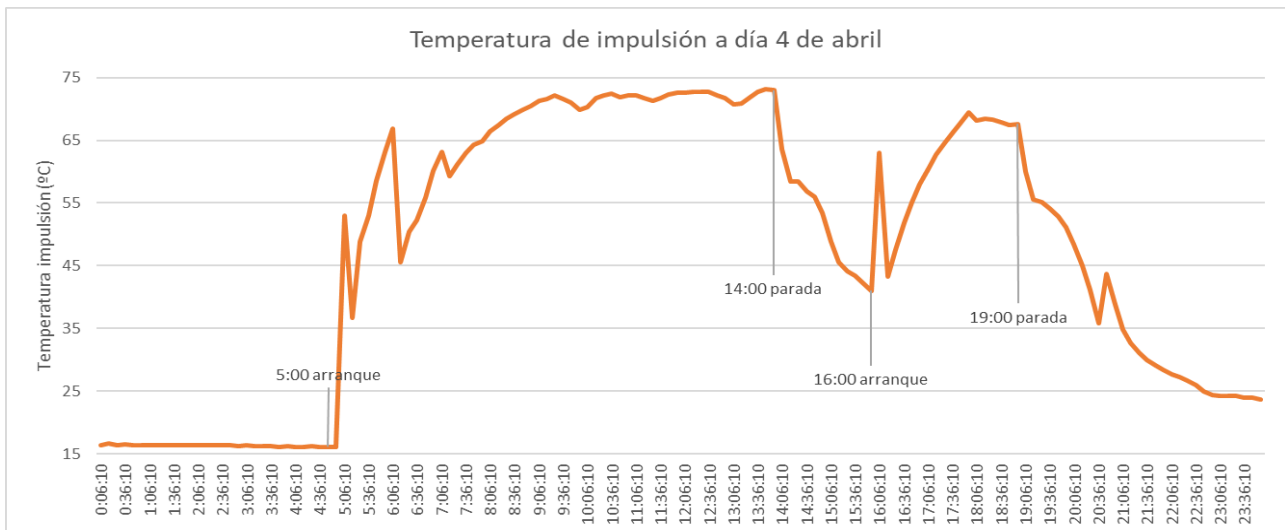


**Figura 24** Gráfica de la temperatura de impulsión en la primera planta durante la primera semana de medición

Se trata de temperaturas de unos 65 grados, siempre hablando de los momentos en los que la calefacción trabaja en régimen estacionario, excluyendo los momentos de arranque donde encontramos algún pico de 70°C.

### • Horarios de arranque y paro

Una de las cosas más relevantes que hemos obtenido durante la monitorización de las temperaturas de las tuberías, se trata de los horarios de funcionamiento del sistema de calefacción y sus procesos de arranque. La siguiente gráfica muestra como ejemplo de funcionamiento el día 29 de marzo, donde podemos ver perfectamente la gráfica de calentamiento y enfriamiento de la calefacción. Son datos recogidos por el adquisidor y corresponden a la segunda semana de medición, aunque sería indiferente ya que el patrón se repite todos los días.



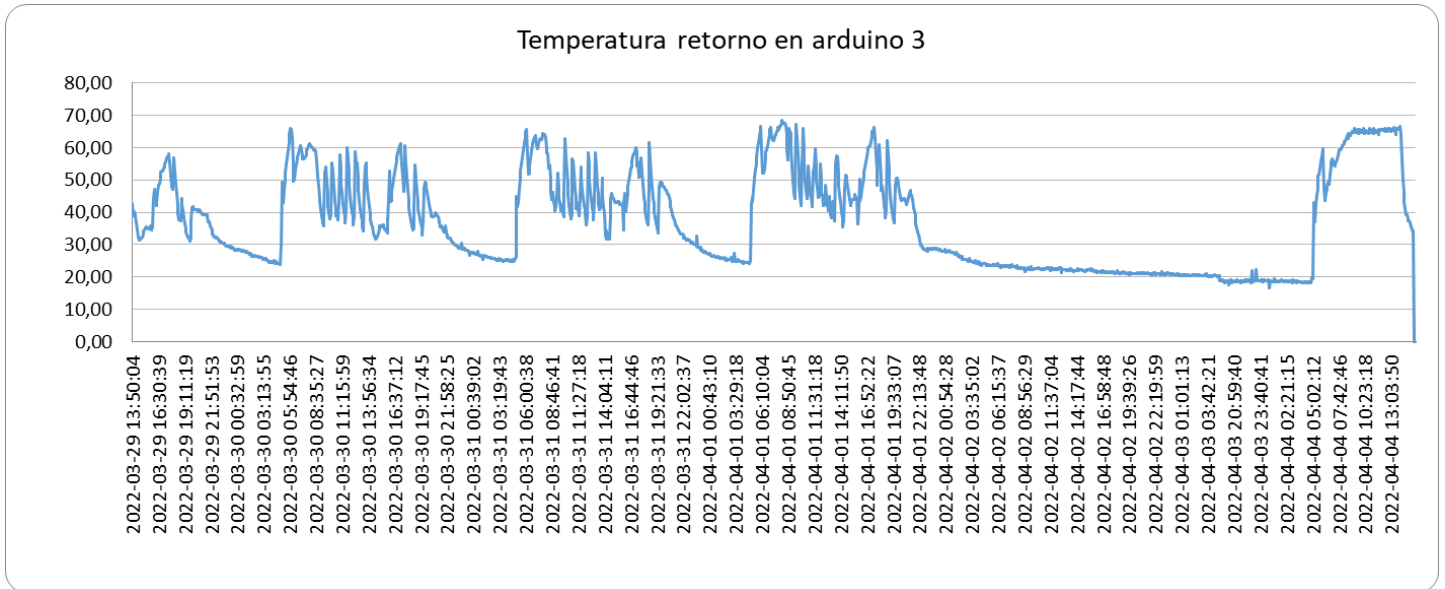
**Figura 25** Gráfica de la temperatura de impulsión a día 4 de abril

La calefacción tiene dos periodos de funcionamiento; arranque a las 5:00 y paro a las 14:00, para posteriormente volver a arrancar a las 16:00 y parar a las 19:00 hasta el día siguiente.



- **Equilibrio entre radiadores en planta 2**

El objetivo de la segunda semana fue averiguar si en el ramal de la segunda planta les llegaba correctamente la calefacción a todos los radiadores. Para ello colocamos los arduinos 0, 2 y 3 en varios radiadores a medir la temperatura de retorno de los mismos, y ver si se podía dar algún desequilibrio. Los 3 radiadores tienen el mismo tamaño, por lo que tienen la misma potencia de disipación.



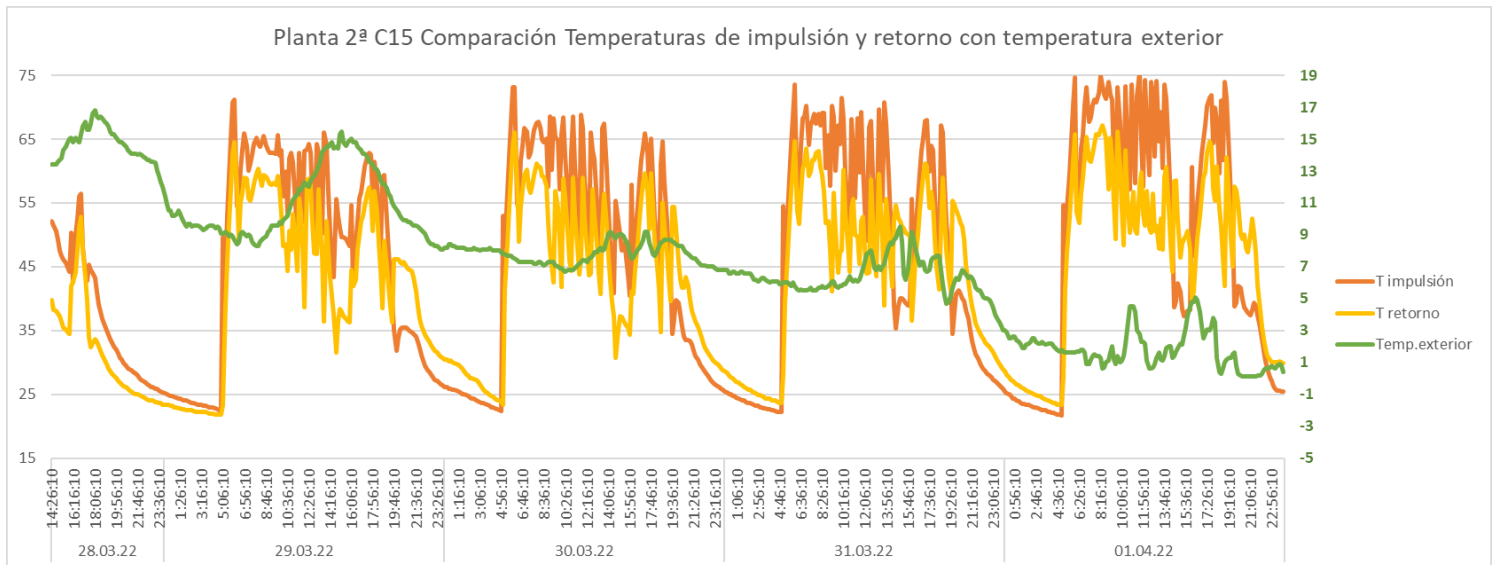
*Figura 26 Temperatura de retorno en radiador más lejano*

Los datos demostraron que no había diferencia en las temperaturas medidas entre el arduino “0” y el arduino “3”, el cual se encontraba más lejos (ver **figura 26**). Si hubiese habido algún tipo de desequilibrio, el último radiador podría haber tenido una temperatura de retorno menor. Cabe remarcar que se trata de un sistema en paralelo, y es por eso que las temperaturas de retorno coincidan en los 3 radiadores. El resto de gráficas se anexan en **Anexo 9**.

- **Variación de programa**

Una de las cosas más interesantes observadas es la adaptación del sistema de calefacción a la demanda térmica de cada día. Desconocíamos si el sistema tendría regulación hasta la segunda semana de medición, donde gracias a los datos obtenidos con el adquisidor fuimos capaces de observar ciertas variaciones en las temperaturas de impulsión. Sin embargo, los horarios de arranques y paros siguen siendo los mismos. Para observar correctamente esto, utilizaremos el gráfico obtenido durante la medición

de la segunda semana del adquirente, el cual fue colocado a la entrada de las tuberías de impulsión y retorno de la segunda planta (ver **figura 27**).

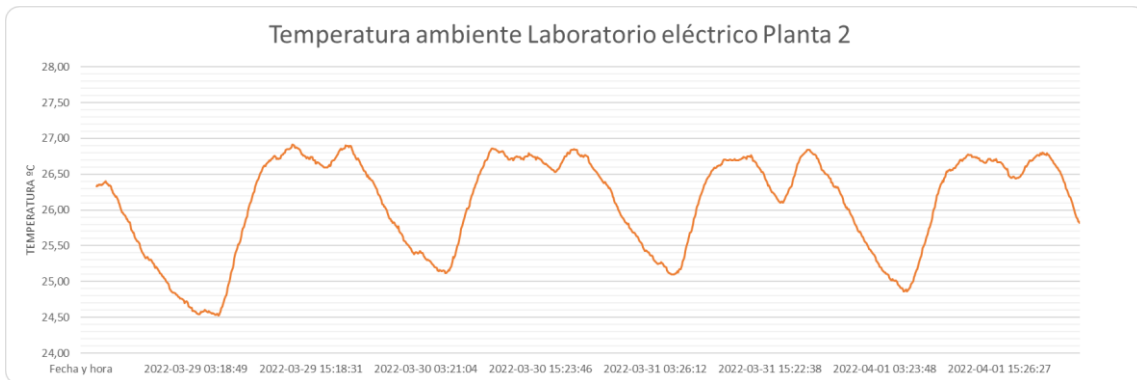


**Figura 27** Temperaturas del sistema variando ante la bajada de temperaturas durante la segunda semana de medición.

En este gráfico se superponen las temperaturas de impulsión y retorno del sistema, con la temperatura exterior en ese momento. Para ello hemos recurrido a los datos históricos ofrecidos por Euskalmet en su página web. Podemos ver como del día 29 al día 1 de abril la temperatura exterior (línea verde) descendió notablemente. A esto, el sistema respondió aumentando la temperatura de impulsión, la cual vemos el día 29 de marzo a un máximo de 65°C y sube hasta los 75°C el día 1 de abril. Vemos, por lo tanto, que efectivamente existe una regulación del sistema, como posteriormente corroboró la empresa Giroa que gestiona la calefacción; existen dos sondas exteriores que adecuan la temperatura de impulsión.

- **Temperatura interior inadecuada**

El colocar el arduino "1" a medir únicamente la temperatura ambiental durante la segunda semana de medición en la planta segunda, exactamente en el laboratorio de electricidad de la segunda planta, ha sido útil para ver el comportamiento de la temperatura en dicho lugar, y observar si se obtiene o no un confort térmico.



**Figura 28** Temperatura interior en Planta 2 durante segunda semana de medición

Como bien se recoge en esta gráfica, las temperaturas interiores durante la segunda semana de medición en la segunda planta, vemos temperaturas muy altas. Tenemos que tener en cuenta que estas temperaturas se dan a la vez que vemos como el sistema regula su temperatura de impulsión en la **figura 27**. Las temperaturas en las horas lectivas rondan los 27 grados, algo que aparte de no lograr un confort térmico, es un derroche de energía calentar el ambiente hasta dicha temperatura. El laboratorio de electricidad no es un aula donde haya consumidores eléctricos que puedan elevar la temperatura interior, por lo que se puede decir que todo el calor aportado a la sala es mediante los radiadores.

### 6.3. Problemas durante las mediciones

Durante el periodo de medida, se han experimentado numerosos problemas que han entorpecido la adquisición de datos en las medidas. Esto ha hecho que en algunos momentos se hayan detenido las mediciones. A continuación, se exponen las diversas problemáticas ocurridas:

- El primer problema con los dispositivos fue la colocación en altura de los mismos. Los tubos de la calefacción van casi siempre por el techo de las salas, por lo que se necesitó de una escalera para su correcta colocación. Incluso había muchos casos en los que no fue viable colocarlos porque estos tubos van ocultos bajo un falso techo. En el caso del adquisidor de datos, como bien hemos comentado antes, había que asegurar los cables a la altura deseada con cinta americana y de plata, y colocar el adquisidor en un lugar cercano a un enchufe lo que nos limitó a colocar los cables de medición a una distancia máxima de 5 metros del enchufe más propicio para la medición. En el caso de los arduinos la fijación fue un poco más complicada; al tener el cable del sensor tan corto, había que asegurar el arduino y la batería con cinta americana a la pared, siempre que no se disponía de un lugar donde apoyarlos. En una ocasión se nos cayó la batería al suelo, quedando el arduino colgando.
- La conexión wifi es una de las cosas que más nos preocupaba; los arduinos tienen que estar constantemente conectados a la red wifi "Txismes" y estar colocados en lugares donde tengan buena conexión a este wifi. En general, en toda la

escuela hay buena cobertura de este wifi, pero hay lugares donde era muy posible tener problemas con este tema.

La conexión wifi funcionó bastante bien en la zona donde se ha realizado el estudio. No dio ningún fallo de gran importancia, como que se desconectase un dispositivo durante un periodo largo de tiempo. Sí que se puede observar como hay algún caso en el cual los datos se han enviado un minuto más tarde de lo que correspondía, pero no es un fallo significativo.

Sin embargo, fue el ordenador al que mandábamos los datos el que se desconectó de la red wifi el sábado a la noche durante ambas mediciones. Esto hizo que durante el fin de semana hubiese unas horas sin datos recogidos, pero no es algo significativo debido a que el fin de semana la calefacción no funciona.

03/04/2022 04:39:34	19,10	13,40
03/04/2022 04:44:35	19,20	13,50
03/04/2022 04:49:36	18,90	13,00
03/04/2022 04:54:37	19,10	13,80
03/04/2022 04:59:38	18,60	13,60
03/04/2022 19:40:56	17,50	12,30
03/04/2022 19:45:57	17,70	12,30
03/04/2022 19:50:58	17,60	12,30
03/04/2022 19:55:59	17,40	12,40
03/04/2022 20:01:00	18,30	12,40

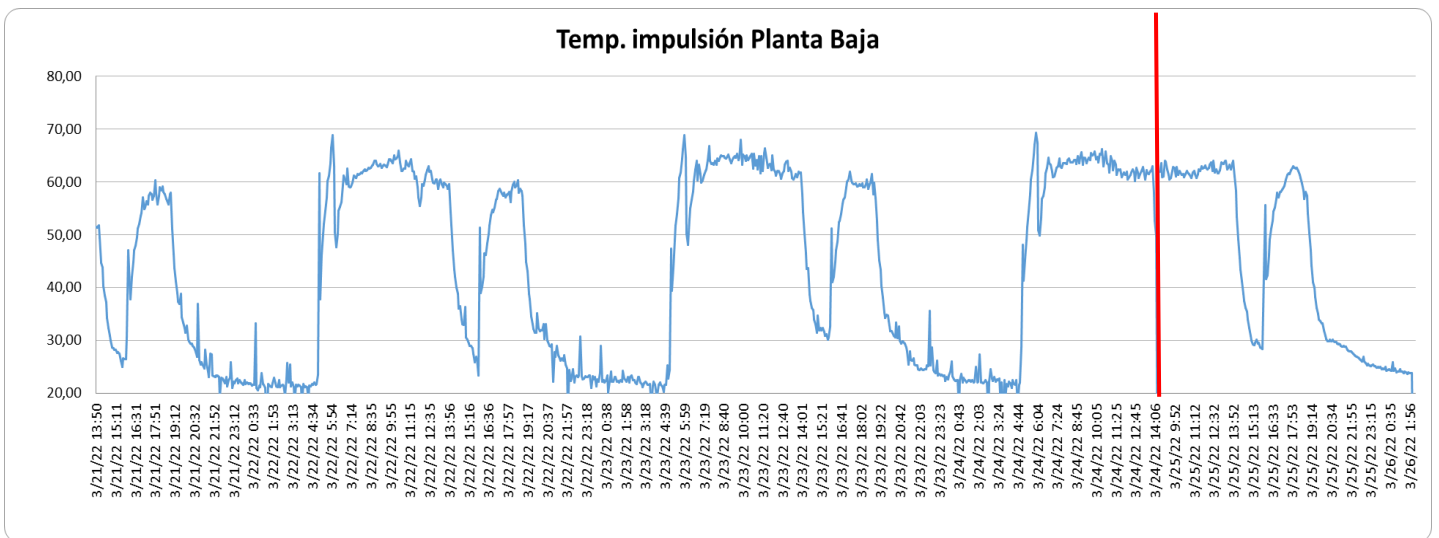
*Figura 29 Franja de tiempo en los que no se recibieron datos en el PC de la escuela*

Por suerte se pudo solucionar conectándose en modo remoto a el ordenador de la escuela que recibía los datos, y volviéndolo a conectar de nuevo a ese wifi. Aún desconocemos porque ocurre esto.

- Con los arduinos, podemos ver en el ordenador si van llegando los datos o no, y si estos datos son correctos. Sin embargo, en el adquisidor únicamente podemos ver en su pantalla la memoria que le queda disponible, pero no podremos ver los datos que ha ido guardando hasta conectarlo al ordenador. Esto hizo que, tras un periodo de medición, cuando lo conectamos al ordenador nos dimos cuenta de que tan sólo había medido durante 4 horas, ya que se configuró mal el adquisidor, y realizó mediciones cada 10 segundos en vez de cada 10 minutos. Es por esta razón que, en la primera semana de medición, nos faltan los datos de temperaturas de la planta sótano.
- Otros problemas con los que nos podíamos encontrar eran que nos desenchufasen los dispositivos inintencionadamente, que cerrasen la llave de algún radiador o abriesen alguna ventana. Se dejó indicado en un papel que se estaba realizando una medición y que por favor no se tocase el dispositivo ni se desenchufase de la red, pero somos conscientes de que puede haber situaciones que por despistes o por algún corte de tensión, se interrumpa nuestra medición. También está el factor de que al abrir una ventana o cerrar un radiador se verán afectados los datos obtenidos, pero es posible que esto haya ocurrido en algún momento.

- Por último, estaba la duración de las baterías que alimentan a los arduinos; a pesar de tener 10000mAh, lo cual es una gran capacidad, no sabíamos realmente cuánto podían durar en un uso real con los arduinos, ya que a priori, deberían aguantar sin problemas una semana de medición. Sin embargo, otros problemas como una mala conexión wifi podrían aumentar el consumo de los arduinos y agotar la batería antes de lo previsto.

La mayoría de las baterías aguantaron una semana de medición, aunque hubo una que a los 4 días se agotó. Desconocemos realmente cual fue el problema, ya que la segunda semana de medición esa misma batería funcionó perfectamente. Por esta razón, el arduino 0 tiene unas horas que no recopiló información de temperaturas, marcado con una línea roja en la **figura 30**.



**Figura 30** Gráfica formada por datos del arduino 0, con el periodo interrumpido.

En esta ocasión tardamos más en darnos cuenta, estando el Arduino sin enviar datos desde las 14:16 del día 24 de marzo hasta las 8:27 del día siguiente, 25 de marzo. Se reemplazó la batería y siguió midiendo correctamente.

## 7. Conclusiones

Con todos los datos analizados y graficados, se ha hecho un estudio de estos y se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- **Buena instalación de calefacción**

En general, el actual sistema de calefacción es un buen sistema. A pesar de sus 25 años, el sistema ha sido correctamente mantenido, con revisiones periódicas que han hecho que la instalación llegue en buen estado a hoy en día. El sistema está bien diseñado, con dos sondas exteriores y múltiples termostatos que varían el programa de calefacción.

Mecánicamente, la instalación es buena y redundante; la disposición en paralelo de todos sus elementos (calderas, bombas, radiadores...) y la distribución por circuitos paralelos la hace una instalación robusta y redundante. Las tuberías de calefacción también están correctamente aisladas, minimizando las pérdidas de temperatura en la distribución de la calefacción. Todo esto supuso un desembolso mayor a la hora de su construcción, pero se ha demostrado que su vida útil gracias a esto es mayor.

- **Calderas anticuadas**

Como ya se ha comentado anteriormente en el apartado 4 de este documento, las calderas de esta instalación de calefacción no cumplen los requisitos exigidos por el RITE para una instalación actual.

Las calderas Guillot Optimagas 291 son calderas del año 1997 y son de tipo atmosféricas que actualmente están prohibidas por el RITE (apartado IT 1.2.4.1.2.1, Punto N°3). Este tipo de caldera se basa en un funcionamiento que tiene un rendimiento térmico menor a las calderas más modernas de tipo condensación. Este factor hace también que las calderas del actual sistema no cumplan el rendimiento mínimo exigido por el RITE en su norma IT 1.2.4.1.2.1. Las calderas de condensación normalmente trabajan en rangos de temperaturas de impulsión más bajas, de unos 55-60°C, frente a los 70-75°C a los que está trabajando con las actuales calderas. [21]

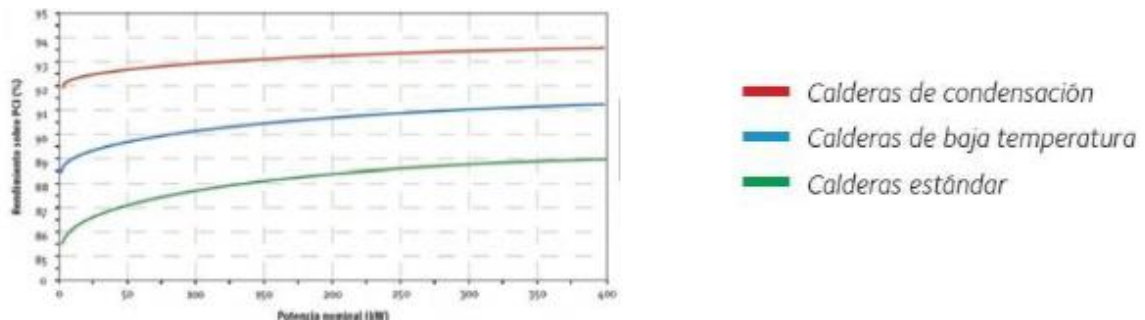


Figura 31 Curva de rendimiento de los diferentes tipos de calderas

- **Energía aportada por el sistema**

Tras medir temperaturas de impulsión y retorno, podemos hacernos una idea de cuanta es la energía disipada en la zona de medición. Para ello se necesita también el dato del caudal másico de agua que recorre esa zona del sistema, que lo obtendremos de las características de la bomba Sedical SDP50/12, la empleada en el circuito P4. Sin embargo, como hemos visto anteriormente en la **figura 8**, el circuito P4 se divide en 4 subcircuitos (C15,C13,C4 y C19) y estos a su vez en sus diferentes cotas. En total hay 13 ramales por los que se reparte el caudal equitativamente para no generar desequilibrios térmicos, que se regulan mediante las válvulas de regulación micrométricas instaladas en los retornos de esos mismos ramales. Estas válvulas se pueden ver en los planos de calefacción del **Anexo 3**. Se puede calcular la potencia y la energía que disipa el subcircuito C15 con los siguientes datos:

*Fórmula variación de temperatura en fluido:  $Q(kW)=ma(kg/s)*cp(kJ/kg^{\circ}C)*(Timp-Tret)$*

*$Q(kW)$  variación de temperatura en fluido =  $Q(kW)$  energía disipada por radiador*

*Caudal de la bomba:  $16m^3/h=4,44kg/s$  de flujo másico( $ma$ ) para todo el circuito P4.*

*$4,44kg/s : 13$  ramales=  $0,3415kg/s$*

*$Cp$  agua( $70^{\circ}C$ )=  $4,19KJ/K*kg$*

*Salto medio de temperaturas entre impulsión y retorno:  $8^{\circ}C$*

Por lo tanto potencia disipada aproximada en cada planta:

*$Q(kW)=0,3415(kg/s)*4,19(kJ/kg^{\circ}C)*(74-66)= 11,45KW$  disipa el ramal de la segunda planta del circuito C15.*

Para calcular la energía disipada cada 10 minutos en cada planta, la calcularemos a partir de la potencia disipada:

*$Q(kWh)= 11,45kW * 10min/ 60min= 1,9 kWh$  de media cada 10 minutos.*

En estas gráficas siguientes vemos la cantidad de energía disipada en kWh cada 10 minutos por cada planta graficada, obtenida mediante las temperaturas medidas con los dispositivos de medición en la primera semana y el mismo caudal y Cp empleado arriba. Vemos como en las 3 gráficas podemos intuir que el valor medio con la calefacción en marcha (descartando momentos en los que no funciona) se encuentra en el intervalo de 1,5 a 2 kWh. Se podría decir que la planta baja es la que menos energía disipa, y que en la segunda planta la energía disipada varía menos.

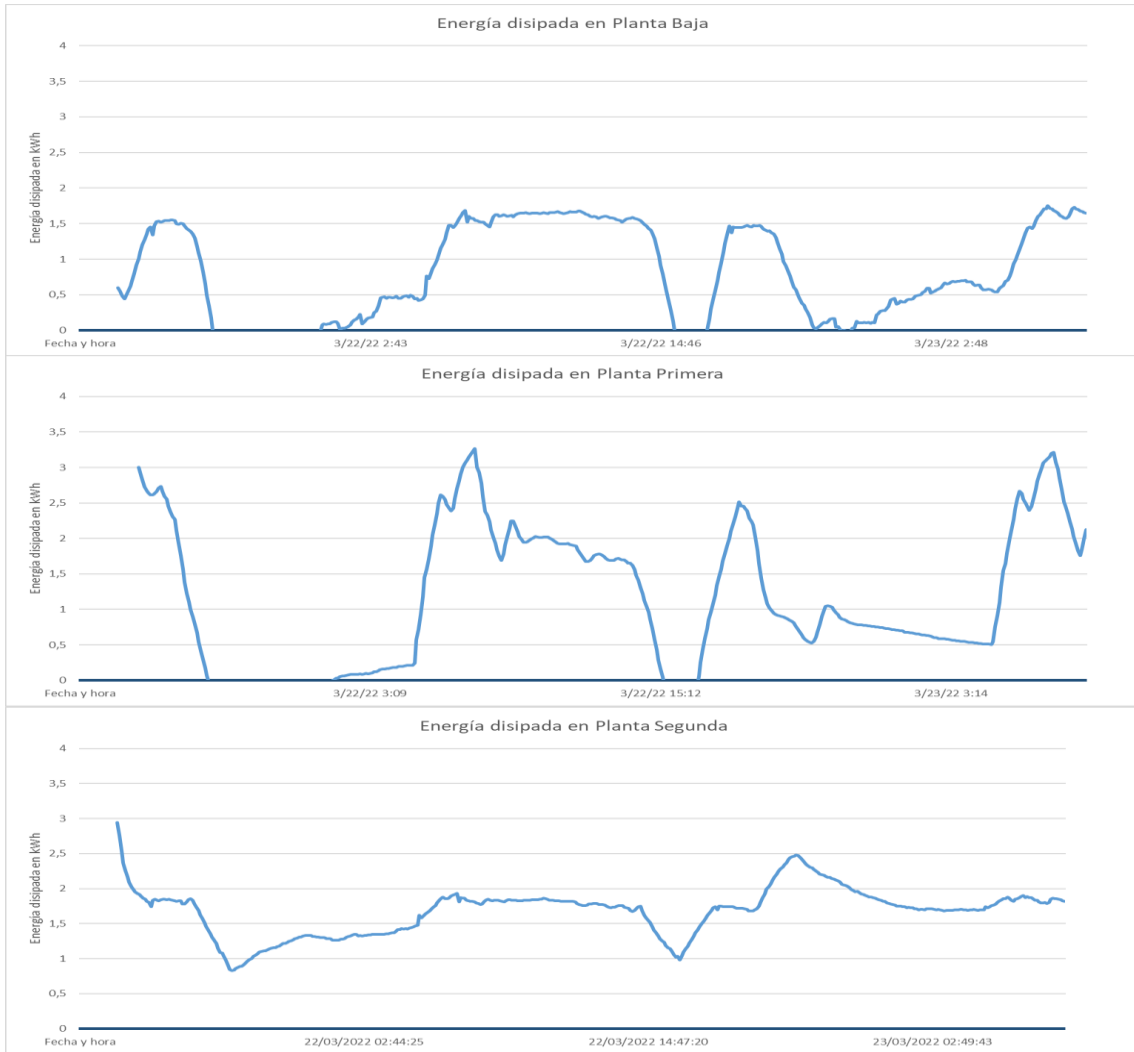


Figura 32 Energía disipada por Plantas cada 10 minutos

Comparando las gráficas obtenidas con el valor de energía calculado en fórmula, podemos ver que son parecidos y, que por lo tanto las mediciones y cálculos experimentales coinciden con los teóricos.

Sin embargo, el haber supuesto que los caudales de los circuitos son iguales no es una afirmación totalmente correcta. Si las válvulas micrométricas instaladas en los retornos no están correctamente ajustadas, por un circuito podría pasar más caudal que por otro, causando un desajuste en la disipación de energía. Este podría ser otro caso por el que las gráficas de la **Figura 32** no son del todo iguales.



Por ello, sería una buena idea la compra de un caudalímetro electromagnético para conocer realmente el valor de esos caudales en futuros estudios e intervenciones. Se trata de un aparato de medición que se coloca de manera sencilla sobre la tubería, sin necesidad de modificaciones. El precio de este tipo de aparatos ronda los 2000€ [11].



*Figura 33 Caudalímetro electromagnético colocado sobre una tubería metálica*

- **El sistema no se adapta a las necesidades térmicas**

El sistema de calefacción actual, como anteriormente se ha visto en el apartado 5.2, dispone de un programa que varía en función de la temperatura exterior obtenida por las dos sondas exteriores y también por los múltiples termostatos interiores. Sin embargo, el sistema no se adapta correctamente a la demanda térmica del edificio para cada momento, ya que se ha visto como en las zonas analizadas de la escuela la temperatura del interior del edificio es demasiado elevada, suponiendo eso un derroche de energía además de no haber un confort térmico adecuado. Un ejemplo claro de esto es la temperatura interior medida en el laboratorio de electricidad, analizada y explicada en el apartado 5.2. con claridad.

El programa de calefacción, hemos visto como varía la temperatura de impulsión conforme cambia la temperatura exterior, pero además de hacerlo de una manera poco efectiva, parece una adaptación escasa. Para visualizar correctamente esta mala gestión del sistema de calefacción, se ha realizado una gráfica, en la cual se muestra la energía disipada durante varios días en la segunda planta del circuito C15, y se muestra también la temperatura exterior esos mismos días.

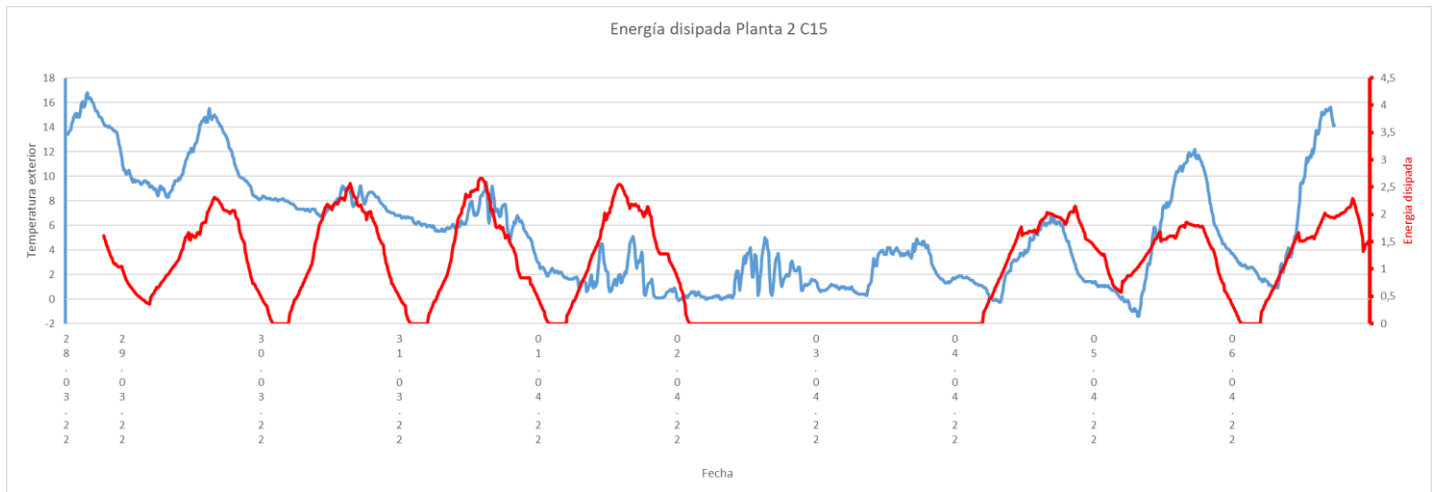


Figura 34 Energía disipada en subcircuito C15 en planta segunda cada 10 minutos

Para calcular la energía disipada por el sistema en esa zona, se ha seguido el mismo criterio que el empleado en el apartado anterior, mediante la fórmula de la térmica  $Q(kW)=ma(kg/s)*cp(kJ/kg^{\circ}C)*(Timp-Tret)$ .

Se puede ver claramente como la energía disipada durante los días medidos apenas varía, mientras que la temperatura fue bajando progresivamente desde un soleado y templado día de 16 grados de máxima del día 29 de marzo, a un día frío de 4 grados de máxima del día 1 de abril. Hay que recordar aquí lo explicado junto a la **figura 27**, donde sí que se ve que el sistema varía la temperatura de impulsión, aunque como vemos no es suficiente. Esto no es un funcionamiento lógico de un sistema de calefacción, donde tendría que haber una diferencia notable entre la energía disipada el día 29 de marzo (si realmente fuese necesaria la calefacción) al día 1 de abril, el cual es un día que claramente debe funcionar la calefacción. Tampoco se ve variar los horarios de funcionamiento de la calefacción, arrancando y parando el sistema siempre a la misma hora.

La muestra de que el sistema de calefacción no se adapta correctamente a la demanda térmica es evidente, y requiere de una actualización en su sistema de funcionamiento. Esta actualización debe cortar la calefacción cuando no exista demanda térmica, o adecuando esa potencia entregada a cada momento y a cada zona.

## 8. Propuestas

### 8.1. Propuestas de mejora sobre la instalación actual

- **Cambio a calderas de condensación**

Como bien se muestra en las conclusiones, las calderas Guillot Optimagas 291 [10] han quedado anticuadas respecto a las exigencias actuales. Existe un potencial de ahorro al cambiar estas calderas por unas nuevas calderas de condensación, ya que el rendimiento estimado de una caldera de condensación es de un 98%, frente al 85% que consigue una caldera antigua atmosférica.

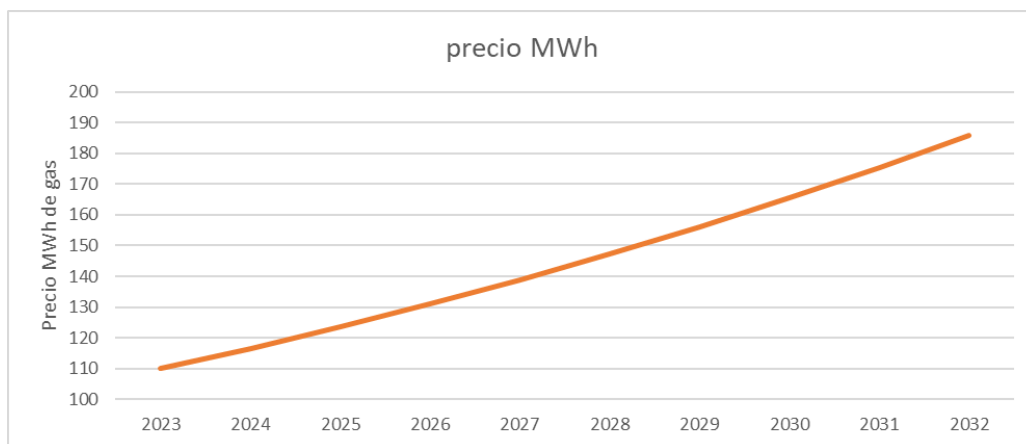
El consumo de gas anual de la escuela es de 1.321.714 kWh, tal y como se muestra en el **anexo 11**. Se trata de un gasto tan grande que cualquier modificación de ahorro, por pequeño ahorro que sea, tiene una gran repercusión. En este caso, se trata de un ahorro en torno a un 13%, por lo que se muestra la repercusión que tendría esta inversión en las futuras facturas de gas:

*Cambio de calderas a 3 calderas WOLF MGK-2 300KW (**Anexo 12**)[8]:*

*Coste unitario de cada caldera (montaje incluido y 5 años de garantía) [9]: 13.637€*

*Coste de 3 calderas = 40.911€*

*Precio del gas actual y predicción futura: (se estima una subida del 6% anual)*



*Figura 35 Precio del MWh de gas. Se toma precio actual de 110€/MWh para el año 2023*

*Conversión de unidades: 110€/MWh = 0,11€/KWh*

*Ahorro anual de gas tras el cambio= 175.000kWh*

*Ahorro anual con precio fijo de gas de 0,11kWh= 19.250€/año*

*Potencial de retorno de la inversión: 40.911 / 19.250 = 2,12 años*

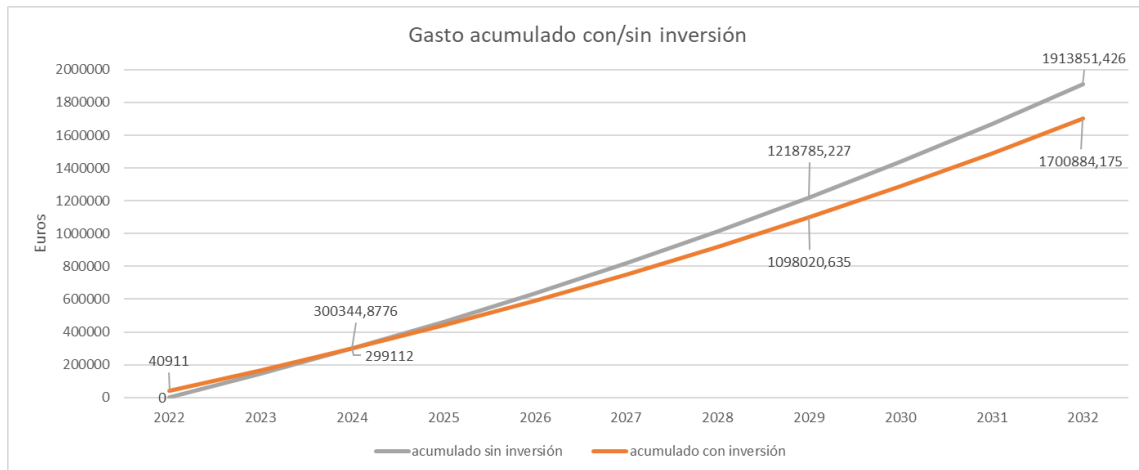


Figura 36 Diferencia de gasto acumulado en 10 años con evolución de precios del gas planteado

Vemos perfectamente en esta gráfica como empezando en el siguiente curso 2022-2023 con las nuevas calderas, para el 2024 se habrá amortizado la inversión, y para 2029 habrá más de 100.000 euros de ahorro acumulado si se realiza la inversión. En 10 años, es decir, para el 2032, el ahorro aumenta a más de 200.000 euros. Se trata de un ahorro de 175000kWh al año, y se pasaría a cumplir con los múltiples apartados anteriormente mencionados del RITE que se incumplían.

Ese ahorro de energía al año supondría 44.100 Kg Co<sub>2</sub> menos vertidos a la atmosfera, según la tabla de conversiones elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica[12], por lo que también se trata de una medida contra el cambio climático. Se anexa tabla en **Anexo 13**.

$$0,252 \text{ Kg Co}_2/\text{kWh} \times 175.000\text{kWh anuales} = \mathbf{44.100 \text{ Kg Co}_2 \text{ menos al año}}$$

## 8.2. Propuestas para futuros estudios

- **Adecuar sistema de calefacción a la demanda térmica**

El principal motivo por el que esta instalación de calefacción es ineficiente es que no se adapta correctamente a la demanda térmica de cada momento. Para ello sería interesante que uno de los siguientes proyectos a realizar fuese uno que investigase la programación del autómatas que gestiona el sistema, ver cómo se comporta, y colocar una red de arduinos y válvulas servopilotadas. Con esto, se conseguiría monitorizar toda la escuela, y adecuar de esta manera mejor el consumo a la demanda térmica.

Para ello, habría que realizar la compra de 1 arduino completo y 1 válvula servopilotada[22] por cada radiador de la escuela. Las válvulas tienen un accionamiento eléctrico, que es accionado mediante una señal wifi. Cuando se considere que la estancia de la que se ocupa el radiador está a una temperatura correcta, la válvula cerrará el paso al radiador. De esta manera, dejará de disiparse calor innecesario, aumentando el confort térmico en el interior, y consiguiendo sostener una temperatura ambiente de

consigna que se marque. Se colocarían en la entrada de cada radiador, ya que como los radiadores están colocados en paralelo, no se interrumpe el paso de agua al siguiente radiador. En total se necesitarán 336 válvulas y arduinos para cubrir todas las áreas climatizadas de la escuela.



Figura 37 Válvula Wifi motorizada



Figura 38 Válvulas que se sustituyen

Los arduinos se colocarán dentro de cada estancia a una distancia suficiente del radiador. Se colocará también el sensor de temperatura AD22100 a la tubería del radiador, para controlar que el sistema funciona correctamente. Mediante el sensor de temperatura ambiente colocado en el arduino, podremos determinar si se ha alcanzado la temperatura de consigna, para cerrar la válvula motorizada. Para alimentar al arduino, en vez de una batería los alimentaremos directamente con un adaptador de 5V.

Finalmente, habrá que hacer el programa que gestione el sistema de calefacción. Ese programa será el encargado de que cuando cada arduino alcance la temperatura de consigna, le dé la orden de cerrar a la válvula motorizada. Con esto se conseguirá sectorizar la calefacción, y adecuarse a la demanda de cada zona, haciéndola independiente del resto de zonas.

Todo el control se podría centralizar en un equipo de visualización con el cual se pudiese ver en todo momento cual es el estado de la instalación, con sus temperaturas de cada sala. Desde este equipo también se podría implementar un manejo sencillo de la instalación, que no requiera de conocimientos de programación. Toda esta implementación se realizaría por los profesores y alumnos de la escuela, por lo que esta inversión, además de con el fin de ahorrar gas, tiene una finalidad académica con la que los alumnos podrían aprender mucho sobre el mundo de la térmica y de la programación.

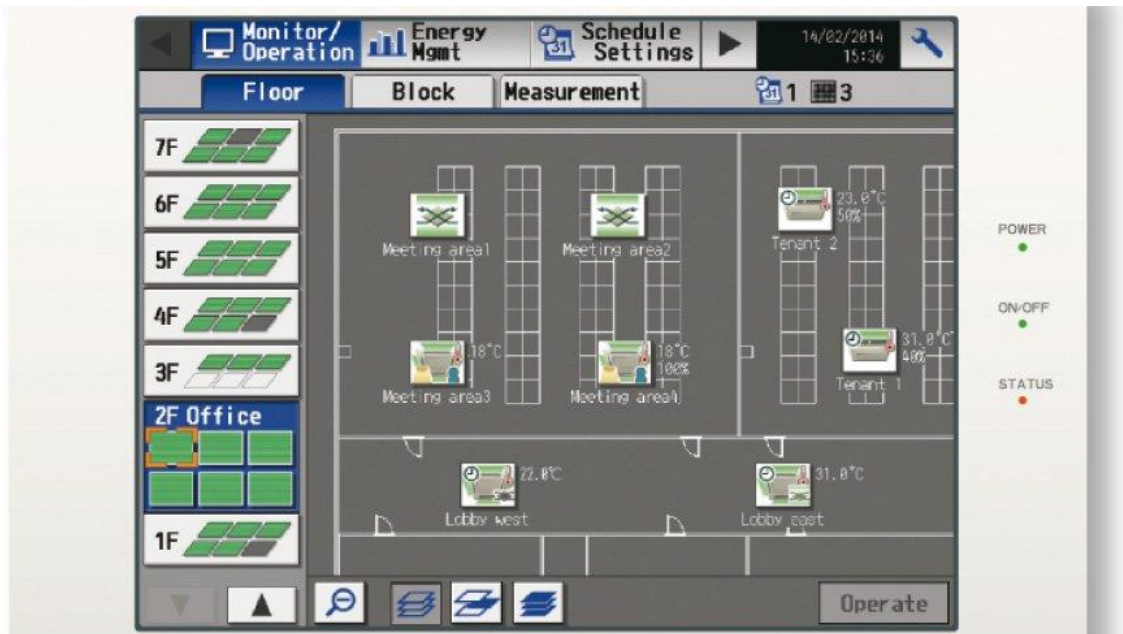


Figura 39 Ejemplo de equipo de visualización de una calefacción sectorizada

Con la instalación de un sistema como este, se podría también implementar inteligencia artificial en él. Por ejemplo, existen sistemas que consultan la predicción del tiempo de las próximas horas, y con esa información gestionan horarios y temperaturas de la instalación de calefacción. Además, este sistema podría ir aprendiendo de un histórico de situaciones, para en el futuro mejorar su funcionamiento y así alcanzar el mayor ahorro y confort térmico.

La implementación de un sistema de sectorización será una gran medida de ahorro, ya que en cuanto se alcance la temperatura en una zona, se limitará el agua de impulsión en esa zona y las calderas trabajarán a menor potencia. En un edificio tan complejo como el de la Escuela de Ingeniería de Vitoria, donde existen múltiples edificios con diferentes orientaciones y características, es fundamental implementar un sistema como el mencionado.

Por ello, se muestra el presupuesto del material necesario a continuación:

*Arduino [2]: 29,75€*

*Shield: 30€*

*Sensor[20]: 7,75€*

*Adaptador+cable Subtel Micro-USB [7]: 11,90€*

*Valvula motorizada [22]: 35,99€*

*Total por equipo: 115,39€*

***Total 336 equipos: 38771€***

Atendiendo al TFG de Lydia Arto López-Ocón, en el cual realizó una estimación del gasto que debería de tener la Escuela de Ingeniería de Vitoria-gasteiz, la demanda térmica del edificio era de unos 750.000kWh anuales en gas. Como actualmente tenemos un consumo de 1.321.000kWh podemos calcular cual sería el periodo de retorno medio de esta inversión:

Con precio actual del gas a 0,11€/kWh

Diferencia de consumo:  $1.321.000 - 750.000 = 571.000 \text{ kWh}$  (43% de potencial de ahorro)

$571.000 \text{ kWh} * 0,11 \text{ €/kWh} = 62.810 \text{ €}$  de potencial de ahorro anual

$38.771 \text{ € de inversión} / 62.810 \text{ € de ahorro} = 0,61$  años

**La inversión puede amortizarse en menos de un año de calefacción.**

Sin embargo, como bien sabemos por la situación actual ocasionada por la guerra, los próximos años tendremos escasez de gas, y se prevé que su precio siga aumentando. Se ha realizado un cálculo aproximado del ahorro monetario acumulado siguiendo la evolución del precio anteriormente planteada en la **Figura 35**:

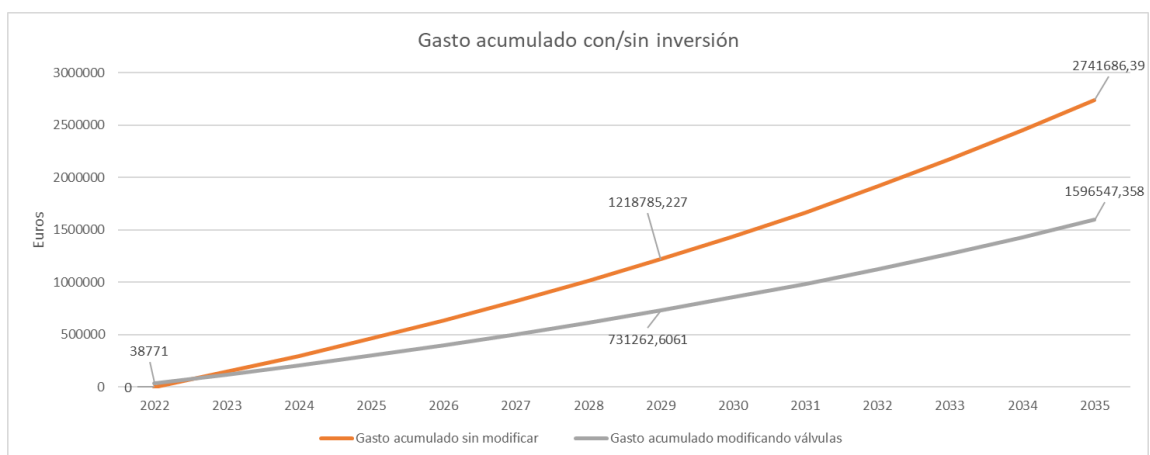


Figura 40 Diferencia de gasto con inversión en monitorización

En 2025 el ahorro acumulado alcanzaría los 200.000€, mientras que para 2029 el ahorro acumulado sería ya cercano a 500.000 €. Es evidente que existe un potencial enorme en el sobrecalentamiento de las aulas y que hay que actuar en este problema.

También se trata de un paso hacia la sostenibilidad hacia la transición ecológica, ya que esos 571.000kWh de gas que se dejarían de gastar, supone también evitar emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente CO<sub>2</sub> [12]:

*KWh de gas ahorrados al año: 571.000kWh*

*Factor de conversión de kWh a Kg CO<sub>2</sub> = 0,252Kg CO<sub>2</sub>/kWh (según Ministerio para la Transición Ecológica)*

$571.000 \text{ kWh} * 0.252 \text{ KgCO}_2/\text{kWh} = 143.892 \text{ kg CO}_2$  se evitarían al año.

## 9. Bibliografía

- [1] Ahlborn Almemo 2590 Adquisidor de datos comercial <https://www.atp-messtechnik.de/product/universalmessgeraet-mit-4-ein-und-2-ausgaenge/2590-4s.html>
- [2] Arduino MKR 1010 Wifi <https://store.arduino.cc/products/arduino-mkr-wifi-1010>
- [3] Bomba Sedical SDP32/7M Bomba pequeña de distribución [http://www.reformas-y-rehabilitaciones.es/fabricante/uploads/pdf/bombas\\_expansion\\_sedical\\_13282\\_08002.pdf](http://www.reformas-y-rehabilitaciones.es/fabricante/uploads/pdf/bombas_expansion_sedical_13282_08002.pdf)
- [4] Bomba Sedical SDP 50/12T Bomba grande de distribución <https://www.sedical.com/Descargas/bombas-circuladoras/13000640-2017.03.pdf>
- [5] Cable entrada Almemo 2590 <https://www.atp-messtechnik.de/product/dms-eingangsstecker-fuer-universal-messgeraete/za-9612fs.html>
- [6] Cable ordenador Almemo 2590 <https://www.atp-messtechnik.de/product/usb-schnittstellenkabel/za-1919-dku.html>
- [7] Cable+adaptador 5V [subtel® Cargador Micro USB de Repuesto para Samsung Galaxy Tab 3 8/3 10/4 7/4 8/4 10 /A 7 / A 10 / E 9.6 /S 10.5 Cable de Carga 2A/2000mA de Tablet, Fuente de Alimentación,Adaptador CA,Charger : Amazon.es: Informática](https://www.amazon.es/subtel%C3%A9-Cargador-Micro-USB-de-Repuesto-para-Samsung-Galaxy-Tab-3-8-3-10-4-7-4-8-4-10-A-7-A-10-E-9-6-S-10-5-Cable-de-Carga-2A-2000mA-de-Tablet-Fuente-de-Alimentaci%C3%B3n-Adaptador-CA-Charger-%3A-Amazon.es-Inform%C3%A1tica)
- [8] Caldera condensación WOLF MGK-2 300 página oficial fabricante <https://spain.wolf.eu/portalparaprofesionales/sistemas-wolf/sectordelacalefaccion/caldera-de-condensacion-de-gas-mgk-2-130-300/>
- [9] Caldera condensación Wolf MGK-2 300 Presupuesto con montaje incluido <https://www.gasfriocalor.com/caldera-de-pie-de-condensacion-a-gas-wolf-mgk-2-300#>
- [10] Características Guillot Optimagas 291 <https://www.ygnis-international.com/gaerp/download/installation-manual-condensagas-type-gpdf>

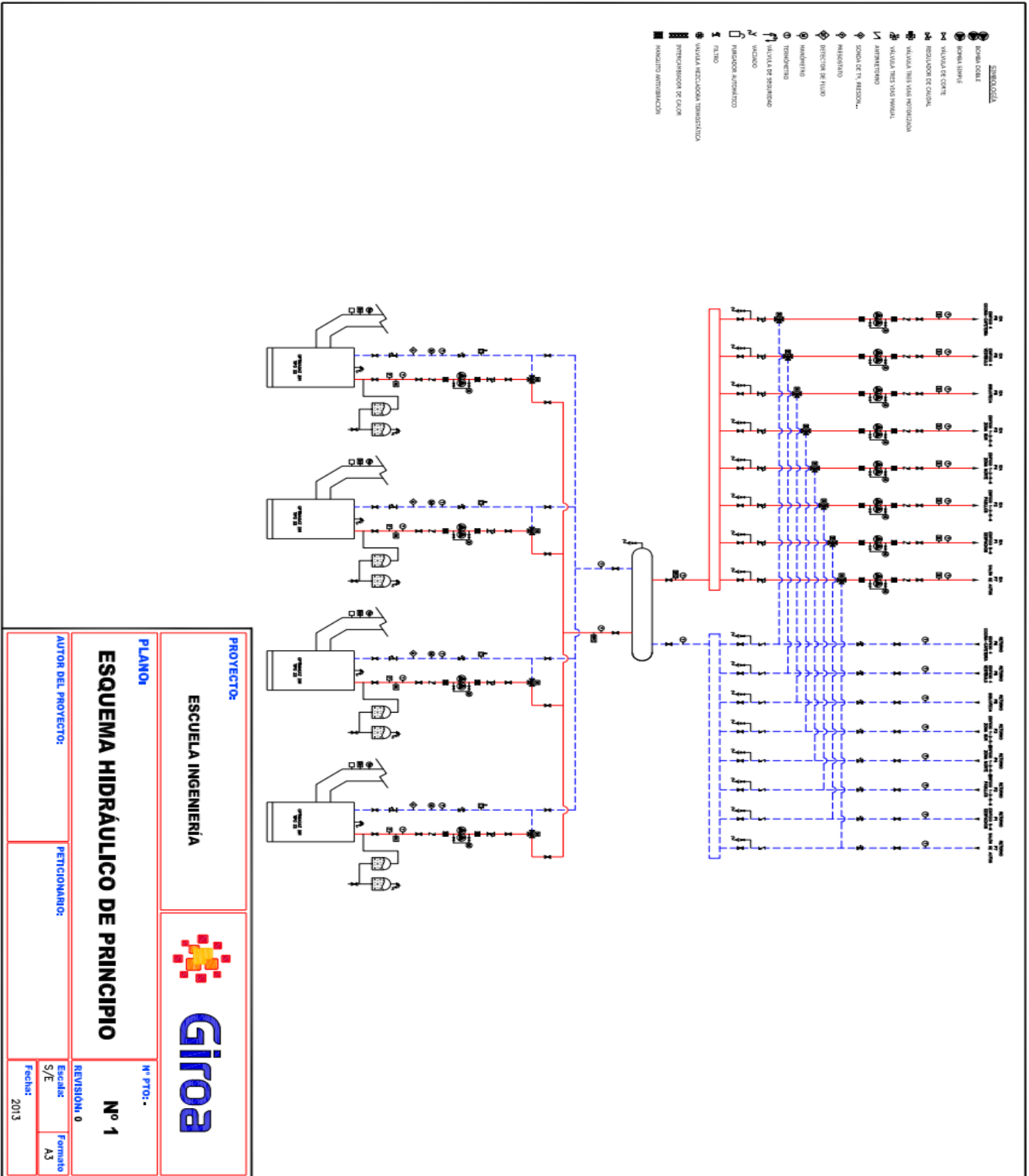


- [11] Caudalímetro electromagnético de inserción  
<https://es.silverinstruments.com/product/insertion-type-electromagnetic-flow-meter.html>
- [12] Conversor kWh a kg de CO2 [Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España \[PDF\]\[647,80 KB\] \(energia.gob.es\)](#)
- [13] Datasheet Arduino MKR 1010 Wifi  
<https://docs.arduino.cc/static/fc77c3c3c77d69764ba7773df64c99db/ABX00023-datasheet.pdf>
- [14] Datasheet AD22100 [AD22100\\* Voltage Output Temperature Sensor with Signal Conditioning \(cdn-reichelt.de\)](#)
- [15] Histórico de consumos de gas: TFG Lydia Arto López-Ocón
- [16] Planos de calefacción: Sótano junto a sala de calderas.
- [17] Powerbank Redmi 10000mAh [Xiaomi POWERBANK REDMI, 10000MAH, Black : Amazon.es: Electrónica](#)
- [18] RITE 2013 <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3905.pdf>
- [19] RITE 2021 <https://www.boe.es/boe/dias/2021/03/24/pdfs/BOE-A-2021-4572.pdf>
- [20] Sensor AD22100 [AD 592 AN: Temperatursensor, Messumformer, TO-92 bei reichelt elektronik](#)
- [21] Tipos de calderas y sus rendimientos  
[http://www.scalofrios.es/Calor/calderas/Apuntes%20de%20Maquinas%20\(Calderas\).pdf](http://www.scalofrios.es/Calor/calderas/Apuntes%20de%20Maquinas%20(Calderas).pdf)
- [22] Válvula motorizada [Control de válvula WiFi, control inteligente por WiFi, válvula de agua/gas 2,4 GHz, compatible con iOS/Android, compatible con Alexa y Google Assistant. : Amazon.es: Bricolaje y herramientas](#)

# 10. Anexos

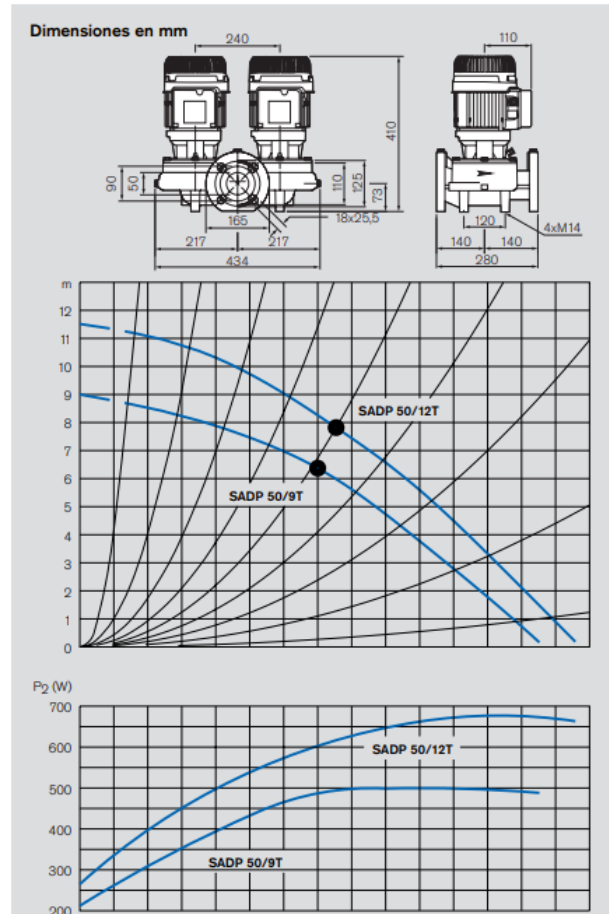
## 10.1. Anexo 1

Plano del circuito de calderas y distribución. Facilitado por la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz.



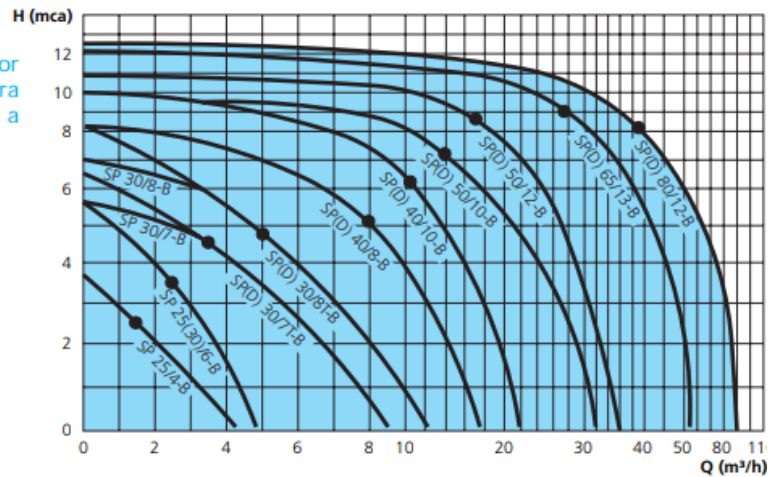
## 10.2. Anexo 2

Características de las dos bombas Sedical del circuito de distribución.



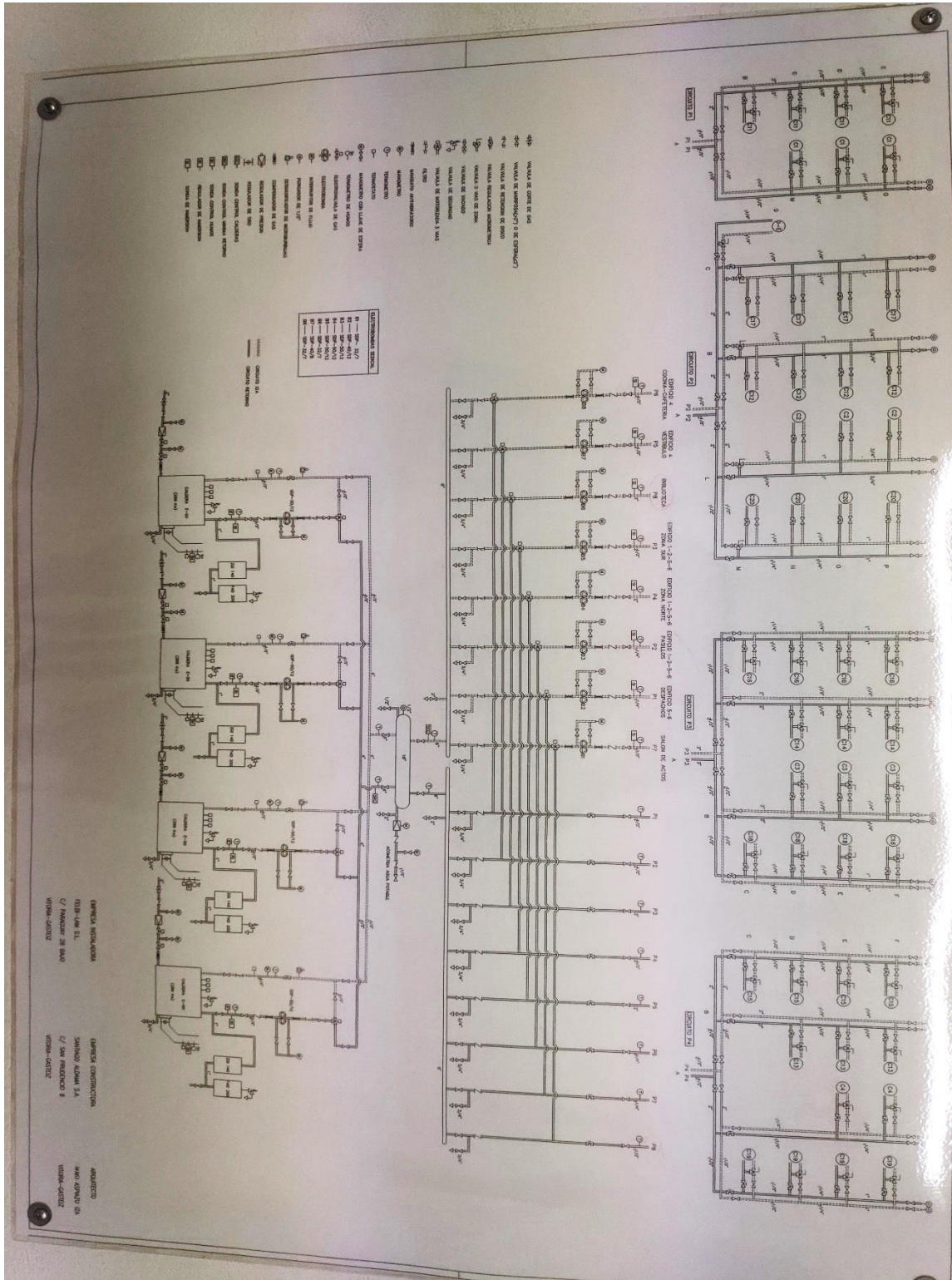
TIPO	DN		Distancia entre bridas mm	P1 (máx.) W			Consumo / I máx. A			Peso Simple kg	Peso Doble kg	Condens. $\mu$ F	
	Con racores	Sin racores		3 x 400 V	3 x 230 V	1 x 230 V	3 x 400 V	3 x 230 V	1 x 230 V				
SP 25/4-B	1"H	1 1/2"M	180	---	---	50	---	---	0,2	2,8	---	1,5	
SP 25/6-B				---	---	96	---	---	0,5	3,0	---	2,0	
SP 30/6-B	1 1/4"M	2"H	180	---	---	96	---	---	0,5	3,0	---	2,0	
SP(D) 30/7T-B				210	---	---	0,4	---	---	4,5	11,5	---	
SP 30/7-B				---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,0
SP(D) 30/8T-B				285	---	---	0,6	---	---	---	---	---	---
SP 30/8-B				---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Bombas SP y SP(D) de rotor húmedo simples y dobles para calefacción y climatización a 2.900 rpm



### 10.3. Anexo 3

En este anexo se mostrarán los planos de las zonas de calefacción en la escuela, facilitados por la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, se pueden observar con detalle la distribución de los circuitos en las 4 plantas del edificio. También están representados los termostatos mediante puntos rojos.





● TERMOSTATO

ZONAS CIRCUITOS CALEFACCION

- CIRCUITO P1: DESPACHOS DE EDIFICIO 5 Y 6
- CIRCUITO P2: PASILLOS DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y 6
- CIRCUITO P3: LOCALES CON ORIENTACION SUR DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y 6
- CIRCUITO P4: LOCALES CON ORIENTACION NORTE DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y 6
- CIRCUITO P5: VESTIBULO PRINCIPAL, EDIFICIO 4
- CIRCUITO P6: COCINA-CAFETERIA DEL SOTANO
- CIRCUITO P7: SALON DE ACTOS
- CIRCUITO P8: planta sótano, edificio 5

**SUPERFICIE EDIFICIO CAMPUS DE ALAVA**  
EDIFICIO PRINCIPAL

EDIFICIO A-B-U Ingeniería	superficie construida		superficie est.		ocupación del suelo	zonas verdes
	AREA	USO	AREA	USO		
7º FANTASMA	4018,11 m²	3282 m²	3400,00 m²	3400,00 m²	4.131,31 m²	1.800,00 m²
8º FANTASMA	3711,27 m²	3282 m²	3282 m²	3282 m²	3786,02 m²	
9º FANTASMA	3282,07 m²	3282 m²	3282 m²	3282 m²	3282,07 m²	
10º FANTASMA	3282,07 m²	3282 m²	3282 m²	3282 m²	3282,07 m²	
TOTAL	14313,52 m²	12828 m²	12828 m²	12828 m²	14313,52 m²	1.800,00 m²

\* LA SUPERFICIE DEL SOTANO NO SE HA CONSIDERADO EN EL ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO.  
 LA SUPERFICIE CONSTRUIDA EQUIVALE AL 100% DEL TERRENO.  
 EL PLAN DE LA PLANTA INFERIOR DE LOS EDIFICIOS 5 Y 6 SE HA CONSIDERADO EN EL CÁLCULO.

**UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO**  
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSIAN  
LOGO: 10001

**EUROINFORMA**  
SERVICIOS DE INGENIERIA

**PLANTA SOCIAL**

Edificio	Superficie	Superficie construida	Superficie ocupada
Edificio	Superficie	Superficie construida	Superficie ocupada
Edificio	Superficie	Superficie construida	Superficie ocupada

1 : 200



ZONAS CIRCUITOS CALIFACACION

- CIRCUITO P1: DESPACHOS DE EDIFICIO 5 Y 6
- CIRCUITO P2: PASILLOS DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y6
- CIRCUITO P3: LOCALES CON ORIENTACION SUR DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y6
- CIRCUITO P4: LOCALES CON ORIENTACION NORTE DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y6
- CIRCUITO P5: VESTIBULO PRINCIPAL, EDIFICIO 4
- CIRCUITO P6: COCINA-CAFETERIA DEL SOTANO
- CIRCUITO P7: SALON DE ACTOS
- CIRCUITO P8: locales planta sótano edificio 5
- TERMOSTATO

		<b>UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO</b> ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE ENERGÍA	
<b>ELABORACIÓN</b>			
<b>PLANTA BANA</b>			
Fecha:	Edificio:	Escala:	
Elaborado:	Revisado:	Hoja:	
Comprobado:	Fecha:	Total:	
Revisado:	Fecha:	Total:	





● TERMOSTATO

- ZONAS CIRCUITOS CALEFACCION**
- CIRCUITO P1: DESPACHOS DE EDIFICIO 5 Y 6
  - CIRCUITO P2: PASILLOS DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y6
  - CIRCUITO P3: LOCALES CON ORIENTACION SUR DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y6
  - CIRCUITO P4: LOCALES CON ORIENTACION NORTE DE LOS EDIFICIOS 1,2,5 Y6
  - CIRCUITO P5: VESTIBULO PRINCIPAL, EDIFICIO 4
  - CIRCUITO P6: COCINA-CAFETERIA DEL SOTANO
  - CIRCUITO P7: SALON DE ACTOS
  - CIRCUITO P8: locales planis sctano edificio 5

**SUPERFICIE EDIFICIO CAMPUS DE ALAVA**

EDIFICIO	superficie		superficie útil		OCUPACION DEL SUELO	ZONAS VERDES
	CONSTRUIDA	USO	USO	DESCRIBIDA		
A.E.U. Ingeniería	PLANTA SOTANO	4.378,14 m <sup>2</sup>	3.841,52 m <sup>2</sup>	3.841,52 m <sup>2</sup>	1.802,14 m <sup>2</sup>	1.802,14 m <sup>2</sup>
	PLANTA BAJA	3.713,21 m <sup>2</sup>	3.282,48 m <sup>2</sup>	3.282,48 m <sup>2</sup>	4.074,14 m <sup>2</sup>	4.074,14 m <sup>2</sup>
	PLANTA SEGUNDA	3.468,15 m <sup>2</sup>	2.798,43 m <sup>2</sup>	2.798,43 m <sup>2</sup>	2.811,89 m <sup>2</sup>	2.811,89 m <sup>2</sup>
TOTAL	11.559,50 m <sup>2</sup>	9.922,43 m <sup>2</sup>	9.922,43 m <sup>2</sup>	9.565,89 m <sup>2</sup>	10.750,42 m <sup>2</sup>	10.750,42 m <sup>2</sup>

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO  
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA  
UNIV. - EHU.

**EDIFICIO**  
EUNGENIENA.

**PLANTA SEGUNDA**

Edificio	Maio - 2008	Superficie de construcción (m <sup>2</sup> )	11.559,50
Construcción	Maio - 2010	Superficie útil (m <sup>2</sup> )	9.922,43



## 10.4. Anexo 4

Tabla de datos del Ahlborn Almemo 2590 empleado en el estudio



**ALMEMO® professional measuring instrument with data logger function,**  
**Comprehensive range of functions for all application areas,**  
**Graphics display for showing measured values and programming,**  
**2 or 4 measuring inputs**

### Technical data and functions, ALMEMO® 2590A series

- Good measuring accuracy, measuring rate up to 10 measuring operations per second (mops)
- Over 65 standard measuring ranges
- Support for ALMEMO® plugs with multi-point adjustment, special linearization, and special measuring ranges
- Graphics display with white illumination, easy and convenient operation by means of 4 soft-keys and cursor block
- Clear and easy-to-understand menu system 3 measuring menus (1 menu can be freely configured by user from a range of 50 functions), measured values displayed numerically, 1 to 12 measured values can be displayed in two sizes or graphically in bar chart form.
- Intelligent sensor readings with sensor-specific functions old junction compensation, temperature compensation, and atmospheric pressure compensation
- Measuring functions  
Measured value, zero-setting, setpoint adjustment
- Function menus  
Maximum value, minimum value, memory sufficient for 99 measured values, average value over time / individual values / measuring points, smoothing, volume flow with center point measuring, two-point adjustment, scaling, data logger with configuration menus
- Option VN Volume flow determined from matrix measuring as per DIN EN 12599
- Programming menus for clear and easy-to-understand sensor programming, range, units, designation, right through to special functions, configuration of device parameters and of output modules
- Choice of languages : German, English, French
- 2 ALMEMO® output sockets, suitable for digital interfaces, analog output, trigger input, alarm contacts, memory card
- External memory connector with micro SD can simply be plugged in.
- Sleep mode for long-term recording

### Technical data ALMEMO® 2590A series

Precision class	A (see page 01.04)	Date and time-of-day	Real-time clock, buffered by battery
Measuring rate	2.5 / 10 measuring operations per second	Power supply	
Additional channels	4 function channels, device-internal	Battery set	3 AA alkaline batteries ZA1312NA12
Sensor power supply	6 / 9 / 12 V, maximum 0.5 A	Mains adapter	100 to 240 VAC to 12 VDC, 1.5 A electrically isolated
Outputs	2 ALMEMO® sockets, suitable for all output modules (analog / data / trigger / relay cables, memory, etc.)	DC adapter cable, electrically isolated	ZA2690-UK 10 to 30 V, 0.25 A
Standard equipment		Current consumption (without input and output modules)	
Display	Graphics display, 128 x 64 pixels, 8 rows Illumination 2 white LEDs	Active mode	approx. 12mA
Keypad	7 silicone keys (of which 4 soft-keys)	With illumination	approx. 32 mA
		Sleep mode	approx. 0.05 mA
		Housing	127 x 83 x 42 mm (LxWxH) ABS, 290 g
		Environmental conditions and general technical data	see page 01.04 onwards

## Serie ALMEMO® 2590A

### Accessories

	Order no.
Memory connector with micro SD (see page 06.02)	ZA1904SD
Mains adapter 12 V / 1.5 A	ZA1312NA12
DC adapter cable, 10 to 30 VDC, 12 V / 0.25 A, electrically isolated	ZA2690UK
Rubberized impact protection, green	ZB2490GS1
Magnetic fastening	ZB2490MH
DIN rail mounting	ZB2490HS
Instrument case	ZB2490TK2
Network technology, Bluetooth modules (see chapter „Networking“)	

### Connecting cables

	Order no.
USB data cable, electrically isolated	ZA1919DKU
Ethernet data cable, electrically isolated	ZA1945DK
Analog output cable, electrically isolated , 1 x 20mA	ZA1601RI
Analog output cable, electrically isolated , 2 x 10V	ZA1602RU
V24 data cable, electrically isolated.	ZA1909DK5
Network technology, Bluetooth modules (see chapter „Networking“)	



**ALMEMO® 2590-2A**



**Professional measuring instrument, 2 measuring inputs, Data logger with external memory connector (accessory)**

**Technical data and functions**

- Technical data and functions as for ALMEMO® 2590A series

**Technical data**

Technical data as for ALMEMO® 2590A series

Measuring inputs	2 ALMEMO® input sockets, el. isol., with semicond. relays (50V)
------------------	---

**Option**

Option	Order no.
Volume flow determined from matrix measuring as per DIN EN 12599	<b>OA2590VN</b>
Temperature ranges for 8 refrigerants	<b>SB0000R2</b>

**Standard delivery**

Standard delivery	Order no.
Measuring instrument, batteries, operating instructions, manufacturer's test certificate	
<b>Professional measuring instrument ALMEMO® 2590-2A</b>	<b>MA25902A</b>

**ALMEMO® 2590-4AS**



**Professional measuring instrument, 4 measuring inputs, Data logger with internal memory or external memory connector**

**Technical data and functions**

- Technical data and functions, as for ALMEMO® 2590A series
- Internal EEPROM sufficient for 100 000 measured values, configurable as linear or ring memory

**Technical data**

Technical data as for Serie ALMEMO® 2590A series

Measuring inputs	4 ALMEMO® input sockets, el. isol., with semicond. relays (50V)
Memory, internal EEPROM	sufficient for 100,000 measured values

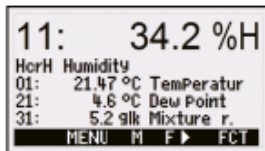
**Option**

Option	Order no.
Volume flow determined from matrix measuring as per DIN EN 12599	<b>OA2590VN</b>
Temperature ranges for 8 refrigerants	<b>SB0000R2</b>

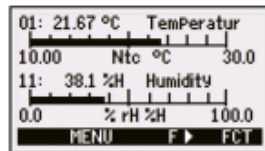
**Standard delivery**

Standard delivery	Order no.
Measuring instrument, batteries, operating instructions, manufacturer's test certificate.	
<b>Professional measuring instrument ALMEMO® 2590-4AS</b>	<b>MA25904AS</b>
Measuring instrument, batteries, rubberized impact protection ZB2490GS1, Mains unit ZA1312NA12, USB data cable ZA1919DKU, Case ZB2490TK2, Operating instructions, manufacturer's test certificate	
<b>Professional measuring instrument ALMEMO® 2590-4AS Case set</b>	<b>MA25904ASKSU</b>

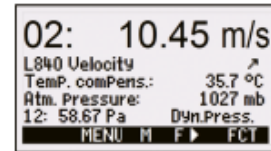
DAkKS or works calibration KE90xx, electrical, for measuring instrument (see chapter „Calibration certificates“).  
DAkKS calibration meets all the requirements regarding test resources laid down in DIN EN ISO/IEC 17025.



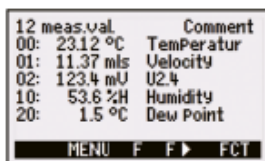
Humidity reading with further humidity variables, e.g. temperature, dew point, mixture ratio



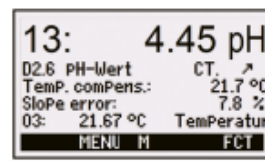
Temperature / humidity display in bar chart form



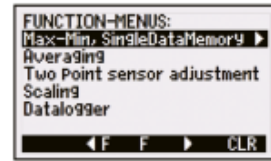
Flow reading, measured value with automatic temperature compensation and atmospheric pressure compensation



Overview of all sensors connected



pH reading, measured value with automatic temperature compensation



Function menus

## 10.5. Anexo 5

Tabla de datos del Arduino MKR WiFi 1010 empleado en el estudio



### Arduino® MKR WiFi 1010

Product Datasheet

SKU: ABX00023

#### Description

The MKR WiFi 1010 is a miniature sized module containing a SAMD21G18A Processor, the Nina W102 Module, a crypto chip (the ATECC508), and a 2MByte SPI Flash.



#### Target areas:

Prototyping, IoT application examples

#### Features

- **SAMD21G18A**
  - **Processor**
    - ARM Cortex M0+ at up to 48 MHz
    - 256KB Flash
    - 32KB SRAM
    - Power On Reset POR and Brown Out Detection (BOD)
  - **Peripherals**
    - 12 channel DMA
    - 12 channel event system
    - 5x 16 bit Timer/Counter
    - 3x 24 bit timer/counter with extended functions
    - 32 bit RTC
    - Watchdog Timer
    - CRC-32 generator
    - Full speed Host/Device USB with 8 end points
    - 6x SERCOM (USART, I<sup>2</sup>C, SPI, LIN)
    - Two channel I<sup>2</sup>S
    - 12 bit 350ksps ADC (up to 16 bit with oversampling)
    - 10 bit 350ksps DAC
- External Interrupt Controller (up to 16 lines)
- **ATECC508 Crypto Chip**
  - Cryptographic co-processor with secure hardware based key storage
  - Protected storage for up to 16 keys, certificates or data
  - ECDH: FIPS SP800-56A Elliptic Curve Diffie-Hellman
  - ECDSA: FIPS186-3 Elliptic Curve Digital Signature Algorithm
  - NIST standard P256 elliptic curve support
  - SHA-256 & HMAC hash including off-chip context save/restore
- **Nina W102 Module**
  - Dual Core Tensilica LX6 CPU at up to 240MHz
  - 448 KB ROM, 520KB SRAM, 2MB Flash



- **WiFi**
  - IEEE 802.11b up to 11Mbit
  - IEEE 802.11g up to 54MBit
  - IEEE 802.11n up to 72MBit
  - 2.4 GHz, 13 channels
  - -96 dBm sensitivity
- **Bluetooth BR/EDR**
  - Max 7 Clients
  - 2.4 GHz, 79 channels
  - Up to 3 Mbit/s
  - -88 dBm sensitivity
  - Bluetooth Low Energy
- **Bluetooth 5.0 dual mode**
  - 2.4GHz 40 channels
  - -88 dBm sensitivity
  - Up to 1 Mbit/s
- **BQ24125L I2C Controlled USB/Adapter Charger**
  - 92% Charge Efficiency at 2 A, 90% at 4 A
  - Autonomous Battery Charging
  - 2.5-A Fast Charging

## 10.6. Anexo 6

Tabla de datos del sensor AD22100



## Voltage Output Temperature Sensor with Signal Conditioning

AD22100\*

### FEATURES

200°C Temperature Span  
Accuracy Better than  $\pm 2\%$  of Full Scale  
Linearity Better than  $\pm 1\%$  of Full Scale  
Temperature Coefficient of 22.5 mV/°C  
Output Proportional to Temperature  $\times V_+$   
Single Supply Operation  
Reverse Voltage Protection  
Minimal Self Heating  
High Level, Low Impedance Output

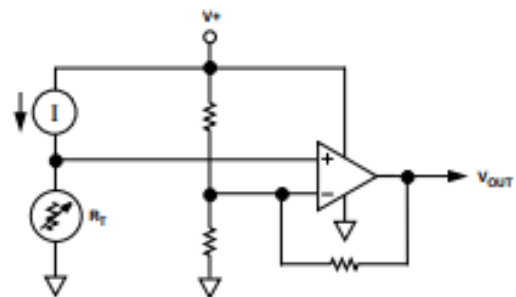
### APPLICATIONS

HVAC Systems  
System Temperature Compensation  
Board Level Temperature Sensing  
Electronic Thermostats

### MARKETS

Industrial Process Control  
Instrumentation  
Automotive

### SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM



### GENERAL DESCRIPTION

The AD22100 is a monolithic temperature sensor with on-chip signal conditioning. It can be operated over the temperature range  $-50^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ , making it ideal for use in numerous HVAC, instrumentation and automotive applications.

The signal conditioning eliminates the need for any trimming, buffering or linearization circuitry, greatly simplifying the system design and reducing the overall system cost.

The output voltage is proportional to the temperature times the supply voltage (ratiometric). The output swings from 0.25 V at  $-50^{\circ}\text{C}$  to +4.75 V at  $+150^{\circ}\text{C}$  using a single +5.0 V supply.

Due to its ratiometric nature, the AD22100 offers a cost effective solution when interfacing to an analog-to-digital converter. This is accomplished by using the ADC's +5 V power supply as a reference to both the ADC and the AD22100 (See Figure 1), eliminating the need for and cost of a precision reference.

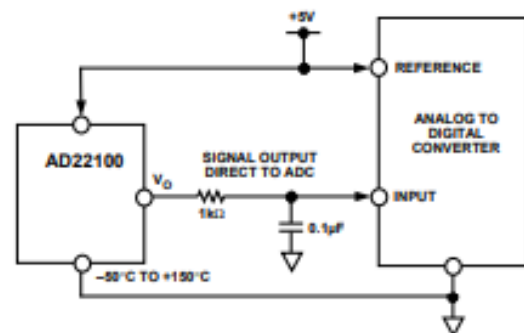


Figure 1. Application Circuit

\*Protected by U.S. Patent Nos. 5030849 and 5243319.

## AD22100—SPECIFICATIONS ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ and $V_+ = +4\text{ V}$ to $+6\text{ V}$ unless otherwise noted)

Parameter	AD22100K			AD22100A			AD22100S			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
TRANSFER FUNCTION	$V_{\text{OUT}} = (V_+/5\text{ V}) \times [1.375\text{ V} + (22.5\text{ mV}/^\circ\text{C}) \times T_A]$									V
TEMPERATURE COEFFICIENT	$(V_+/5\text{ V}) \times 22.5$									mV/°C
TOTAL ERROR										
Initial Error										
$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.5	±2.0		±1.0	±2.0		±1.0	±2.0		°C
Error over Temperature										
$T_A = T_{\text{MIN}}$	±0.75	±2.0		±2.0	±3.7		±3.0	±4.0		°C
$T_A = T_{\text{MAX}}$	±0.75	±2.0		±2.0	±3.0		±3.0	±4.0		°C
Nonlinearity										
$T_A = T_{\text{MIN}}$ to $T_{\text{MAX}}$	0.5			0.5			1.0			% FS <sup>1</sup>
OUTPUT CHARACTERISTICS										
Nominal Output Voltage										
$V_+ = 5.0\text{ V}$ , $T_A = 0^\circ\text{C}$	1.375									V
$V_+ = 5.0\text{ V}$ , $T_A = +100^\circ\text{C}$	3.625									V
$V_+ = 5.0\text{ V}$ , $T_A = -40^\circ\text{C}$				0.475						V
$V_+ = 5.0\text{ V}$ , $T_A = +85^\circ\text{C}$				3.288						V
$V_+ = 5.0\text{ V}$ , $T_A = -50^\circ\text{C}$							0.250			V
$V_+ = 5.0\text{ V}$ , $T_A = +150^\circ\text{C}$							4.750			V
POWER SUPPLY										
Operating Voltage	+4.0	+5.0	+6.0	+4.0	+5.0	+6.0	+4.0	+5.0	+6.0	V
Quiescent Current	500			500			500			μA
TEMPERATURE RANGE										
Guaranteed Temperature Range	0			-40			-50			°C
Operating Temperature Range	-50			+100			+150			°C
PACKAGE	TO-92 SOIC			TO-92 SOIC			TO-92 SOIC			

Specifications subject to change without notice.

## CHIP SPECIFICATIONS ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ and $V_+ = +5.0\text{ V}$ unless otherwise noted)

Parameter	Min	Typ	Max	Units		
TRANSFER FUNCTION	$V_{\text{OUT}} = (V_+/5\text{ V}) \times [1.375 + 22.5\text{ mV}/^\circ\text{C} \times T_A]$				V	
TEMPERATURE COEFFICIENT	$(V_+/5\text{ V}) \times 22.5$				mV/°C	
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Error						
$T_A = +25^\circ\text{C}$		±0.5	±2.0		°C	
Nominal Output Voltage						
$T_A = +25^\circ\text{C}$	1.938				V	
POWER SUPPLY						
Operating Voltage	+4.0	+5.0	+6.0		V	
Quiescent Current	500				μA	
TEMPERATURE RANGE						
Guaranteed Temperature Range	25				°C	
Operating Temperature Range	-50				+150	°C

# AD22100

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>1</sup>

Supply Voltage	+10 V
Reversed Continuous Supply Voltage	-10 V
Operating Temperature	-50°C to +150°C
Storage Temperature	-65°C to +160°C
Output Short Circuit to V+ or Ground	Indefinite
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	+300°C

<sup>1</sup>Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; the functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### ORDERING GUIDE

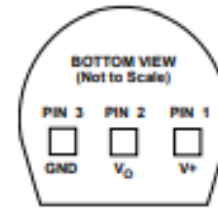
Model/Grade	Guaranteed Temperature Range	Package Description*	Package Option
AD22100 KT	0°C to 100°C	TO-92	TO-92
AD22100 KR	0°C to 100°C	SOIC	SO-8
AD22100 AT	-40°C to +85°C	TO-92	TO-92
AD22100 AR	-40°C to +85°C	SOIC	SO-8
AD22100 ST	-50°C to +150°C	TO-92	TO-92
AD22100 SR	-50°C to +150°C	SOIC	SO-8
AD22100KChips	+25°C	N/A	N/A

\*Minimum purchase quantities of 100 pieces for all chip orders.

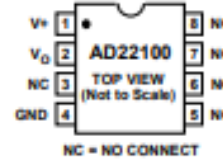
### PIN DESCRIPTION

Mnemonic	Function
V+	Power Supply Input
V <sub>O</sub>	Device Output
GND	Ground Pin must be connected to 0 V.
NC	No Connect

### PIN CONFIGURATIONS TO-92



### SOIC



### CAUTION

ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although the AD22100 features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



## Typical Performance Curves

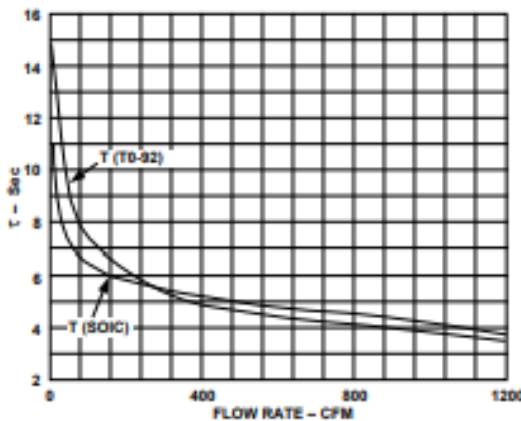


Figure 2. Thermal Response vs. Flow Rate

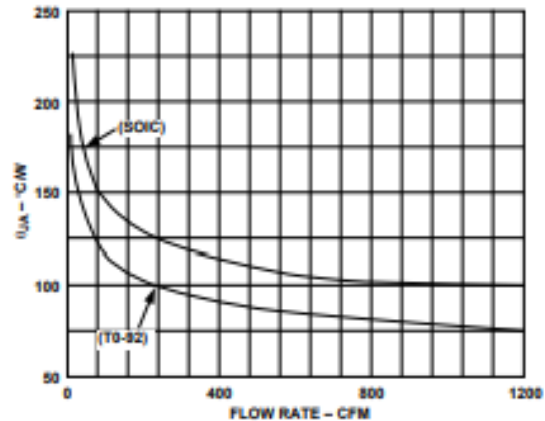


Figure 3. Thermal Resistance vs. Flow Rate



### THEORY OF OPERATION

The AD22100 is a ratiometric temperature sensor IC whose output voltage is proportional to power supply voltage. The heart of the sensor is a proprietary temperature-dependent resistor, similar to an RTD, which is built into the IC. Figure 4 shows a simplified block diagram of the AD22100.

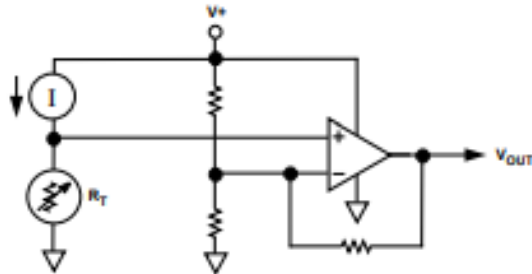


Figure 4. Simplified Block Diagram

The temperature-dependent resistor, labeled  $R_T$ , exhibits a change in resistance that is nearly linearly proportional to temperature. This resistor is excited with a current source that is proportional to power supply voltage. The resulting voltage across  $R_T$  is therefore both supply voltage proportional and linearly varying with temperature. The remainder of the AD22100 consists of an op amp signal conditioning block that takes the voltage across  $R_T$  and applies the proper gain and offset to achieve the following output voltage function:

$$V_{OUT} = (V+/5 V) \times [1.375 V + (22.5 mV/^{\circ}C) \times T_A]$$

### ABSOLUTE ACCURACY AND NONLINEARITY SPECIFICATIONS

Figure 5 graphically depicts the guaranteed limits of accuracy for the AD22100 and shows the performance of a typical part. As the output is very linear, the major sources of error are offset, i.e., error at room temperature, and span error, i.e., deviation from the theoretical 22.5 mV/ $^{\circ}$ C. Demanding applications can achieve improved performance by calibrating these offset and gain errors so that only the residual nonlinearity remains as a significant source of error.

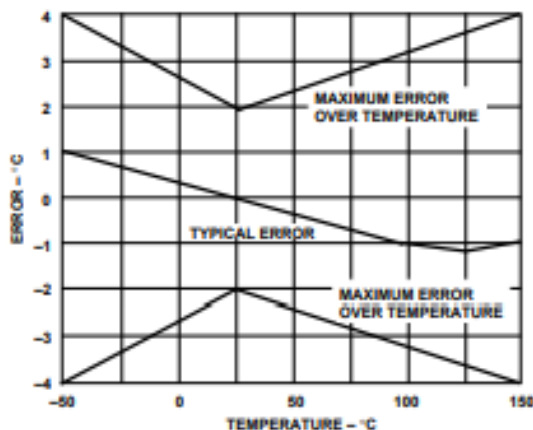


Figure 5. Typical AD22100 Performance

### OUTPUT STAGE CONSIDERATIONS

As previously stated, the AD22100 is a voltage output device. A basic understanding of the nature of its output stage is useful for proper application. Note that at the nominal supply voltage of 5.0 V, the output voltage extends from 0.25 V at  $-50^{\circ}$ C to +4.75 V at  $+150^{\circ}$ C. Furthermore, the AD22100 output pin is capable of withstanding an indefinite short circuit to either ground or the power supply. These characteristics are provided by the output stage structure shown in Figure 6.

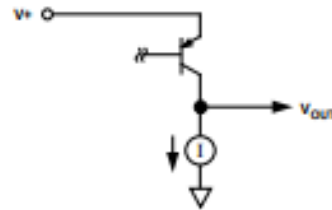


Figure 6. Output Stage Structure

The active portion of the output stage is a PNP transistor with its emitter connected to the  $V+$  supply and collector connected to the output node. This PNP transistor sources the required amount of output current. A limited pull-down capability is provided by a fixed current sink of about  $-80 \mu$ A. (Here, "fixed" means the current sink is fairly insensitive to either supply voltage or output loading conditions. The current sink capability is a function of temperature, increasing its pull-down capability at lower temperatures.)

Due to its limited current sinking ability, the AD22100 is incapable of driving loads to the  $V+$  power supply and is instead intended to drive grounded loads. A typical value for short circuit current limit is 7 mA, so devices can reliably source 1 mA or 2 mA. However, for best output voltage accuracy and minimal internal self-heating, output current should be kept below 1 mA. Loads connected to the  $V+$  power supply should be avoided as the current sinking capability of the AD22100 is fairly limited. These considerations are typically not a problem when driving a microcontroller analog to digital converter input pin (see MICROPROCESSOR A/D INTERFACE ISSUES).

### RATIOMETRICITY CONSIDERATIONS

The AD22100 will operate with slightly better accuracy than that listed in the data sheet specifications if the power supply is held constant. This is because the AD22100's output voltage varies with both temperature and supply voltage, with some errors. The ideal transfer function describing the output voltage is:

$$(V+/5 V) \times [1.375 V + (22.5 mV/^{\circ}C) \times T_A]$$

The ratiometricity error is defined as the percent change away from the ideal transfer function as the power supply voltage changes within the operating range of +4 V to +6 V. For the AD22100 this error is typically less than 1%. A movement from the ideal transfer function by 1% at  $+25^{\circ}$ C, with a supply voltage varying from 5.0 V to 5.50 V, results in a 1.94 mV change in output voltage or  $0.08^{\circ}$ C error. This error term is greater at higher temperatures because the output (and error term) is directly proportional to temperature. At  $150^{\circ}$ C, the error in output voltage is 4.75 mV or  $0.19^{\circ}$ C.

For example, with  $V_S = 5.0\text{ V}$ , and  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , the nominal output of the AD22100 will be  $1.9375\text{ V}$ . At  $V_S = 5.50\text{ V}$ , the nominal output will be  $2.1313\text{ V}$ , an increase of  $193.75\text{ mV}$ . A proportionality error of 1% is applied to the  $193.75\text{ mV}$ , yielding an error term of  $1.9375\text{ mV}$ . This error term translates to a variation in output voltage of  $2.1293\text{ V}$  to  $2.3332\text{ V}$ . A  $1.94\text{ mV}$  error at the output is equivalent to about  $0.08^\circ\text{C}$  error in accuracy.

If we substitute  $150^\circ\text{C}$  for  $25^\circ\text{C}$  in the above example, then the error term translates to a variation in output voltage of  $5.2203\text{ V}$  to  $5.2298\text{ V}$ . A  $4.75\text{ mV}$  error at the output is equivalent to about  $0.19^\circ\text{C}$  error in accuracy.

### MOUNTING CONSIDERATIONS

If the AD22100 is thermally attached and properly protected, it can be used in any measuring situation where the maximum range of temperatures encountered is between  $-50^\circ\text{C}$  and  $+150^\circ\text{C}$ . Because plastic IC packaging technology is employed, excessive mechanical stress must be avoided when fastening the device with a clamp or screw-on heat tab. Thermally conductive epoxy or glue is recommended for typical mounting conditions. In wet or corrosive environments, an electrically isolated metal or ceramic well should be used to shield the AD22100. Because the part has a voltage output (as opposed to current), it offers modest immunity to leakage errors, such as those caused by condensation at low temperatures.

### THERMAL ENVIRONMENT EFFECTS

The thermal environment in which the AD22100 is used determines two performance traits: the effect of self-heating on accuracy and the response time of the sensor to rapid changes in temperature. In the first case, a rise in the IC junction temperature above the ambient temperature is a function of two variables; the power consumption of the AD22100 and the thermal resistance between the chip and the ambient environment  $\theta_{JA}$ . Self-heating error in  $^\circ\text{C}$  can be derived by multiplying the power dissipation by  $\theta_{JA}$ . Because errors of this type can vary widely for surroundings with different heat sinking capacities, it is necessary to specify  $\theta_{JA}$  under several conditions. Table I shows how the magnitude of self-heating error varies relative to the environment. A typical part will dissipate about  $2.2\text{ mW}$  at room temperature with a  $5\text{ V}$  supply and negligible output loading. In still air, without a "heat sink," the table below indicates a  $\theta_{JA}$  of  $190^\circ\text{C}/\text{W}$ , yielding a temperature rise of  $0.4^\circ\text{C}$ . Thermal rise will be considerably less in either moving air or with direct physical connection to a solid (or liquid) body.

Table I. Thermal Resistance (TO-92)

Medium	$\theta_{JA}$ ( $^\circ\text{C}/\text{Watt}$ )	$\tau$ (sec) *
Aluminum Block	60	2
Moving Air**		
Without Heat Sink	75	3.5
Still Air		
Without Heat Sink	190	15

\*The time constant  $\tau$  is defined as the time to reach 63.2% of the final temperature change.

\*\*1200 CFM.

Response of the AD22100 output to abrupt changes in ambient temperature can be modeled by a single time constant  $\tau$  exponential function. Figure 7 shows typical response time plots for a few media of interest.

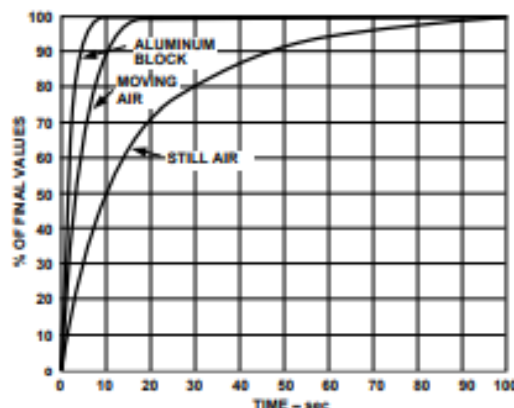


Figure 7. Response Time

The time constant  $\tau$  is dependent on  $\theta_{JA}$  and the thermal capacities of the chip and the package. Table I lists the effective  $\tau$  (time to reach 63.2% of the final value) for a few different media. Copper printed circuit board connections were neglected in the analysis; however, they will sink or conduct heat directly through the AD22100's solder plated copper leads. When faster response is required, a thermally conductive grease or glue between the AD22100 and the surface temperature being measured should be used.

### MICROPROCESSOR A/D INTERFACE ISSUES

The AD22100 is especially well suited to providing a low cost temperature measurement capability for microprocessor/microcontroller based systems. Many inexpensive 8-bit microprocessors now offer an onboard 8-bit ADC capability at a modest cost premium. Total "cost of ownership" then becomes a function of the voltage reference and analog signal conditioning necessary to mate the analog sensor with the microprocessor ADC. The AD22100 can provide an ideal low cost system by eliminating the need for a precision voltage reference and any additional active components. The ratiometric nature of the AD22100 allows the microprocessor to use the same power supply as its ADC reference. Variations of hundreds of millivolts in the supply voltage have little effect as both the AD22100 and the ADC use the supply as their reference. The nominal AD22100 signal range of  $0.25\text{ V}$  to  $4.75\text{ V}$  ( $-50^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ ) makes good use of the input range of a  $0\text{ V}$  to  $5\text{ V}$  ADC. A single resistor and capacitor are recommended to provide immunity to the high speed charge dump glitches seen at many microprocessor ADC inputs (see Figure 1).

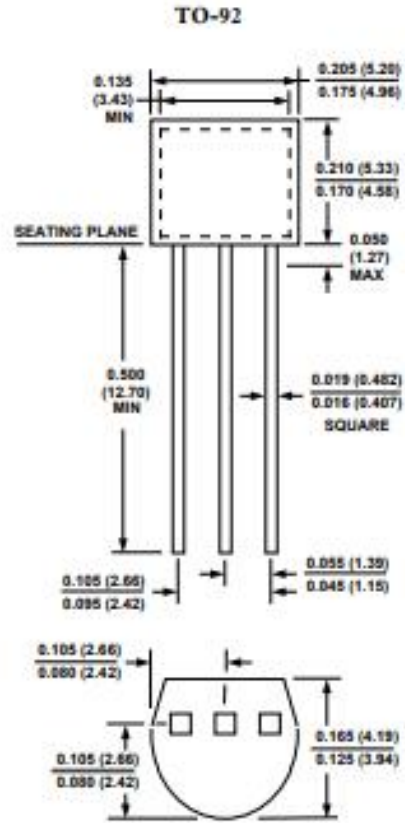
An 8-bit ADC with a reference of  $5\text{ V}$  will have a least significant bit (LSB) size of  $5\text{ V}/256 = 19.5\text{ mV}$ . This corresponds to a nominal resolution of about  $0.87^\circ\text{C}$ .

**USE WITH A PRECISION REFERENCE AS THE SUPPLY VOLTAGE**

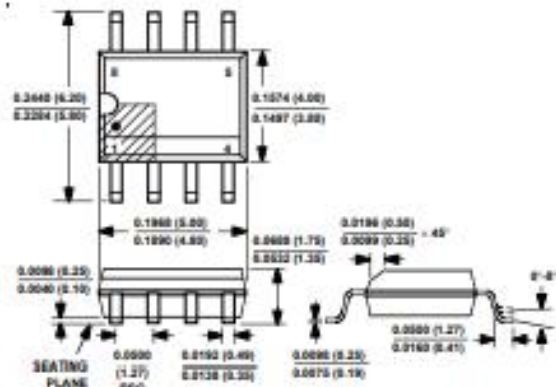
While the ratiometric nature of the AD22100 allows for system operation without a precision voltage reference, it can still be used in such systems. Overall system requirements involving other sensors or signal inputs may dictate the need for a fixed precision ADC reference. The AD22100 can be converted to absolute voltage operation by using a precision reference as the supply voltage. For example, a 5.00 V reference can be used to power the AD22100 directly. Supply current will typically be 500  $\mu$ A which is usually within the output capability of the reference. A large number of AD22100s may require an additional op amp buffer, as would scaling down a 10.00 V reference that might be found in "instrumentation" ADCs typically operating from  $\pm 15$  V supplies.

**OUTLINE DIMENSIONS**

Dimensions shown in inches and (mm).

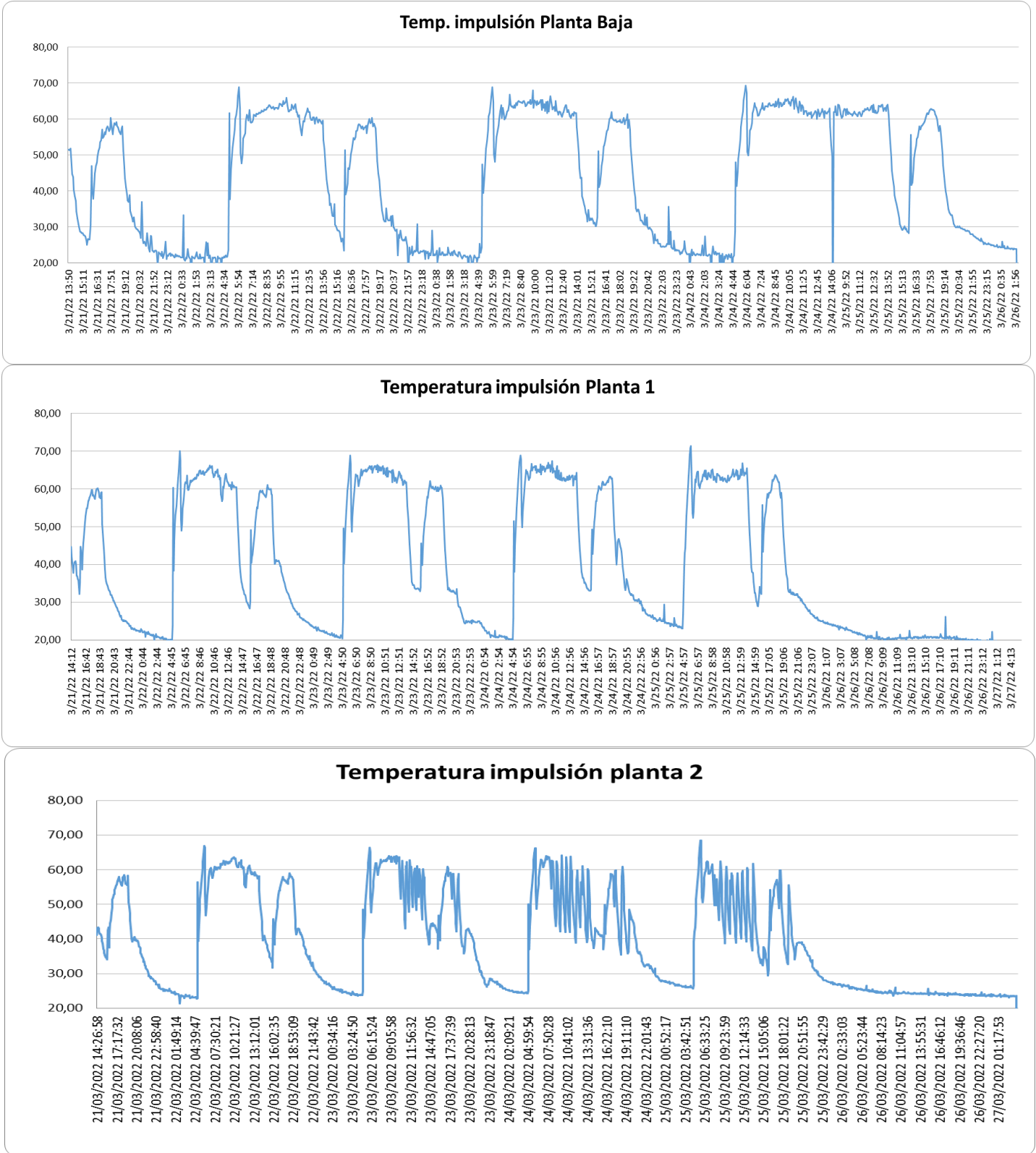


**SO-8 (SOIC)**



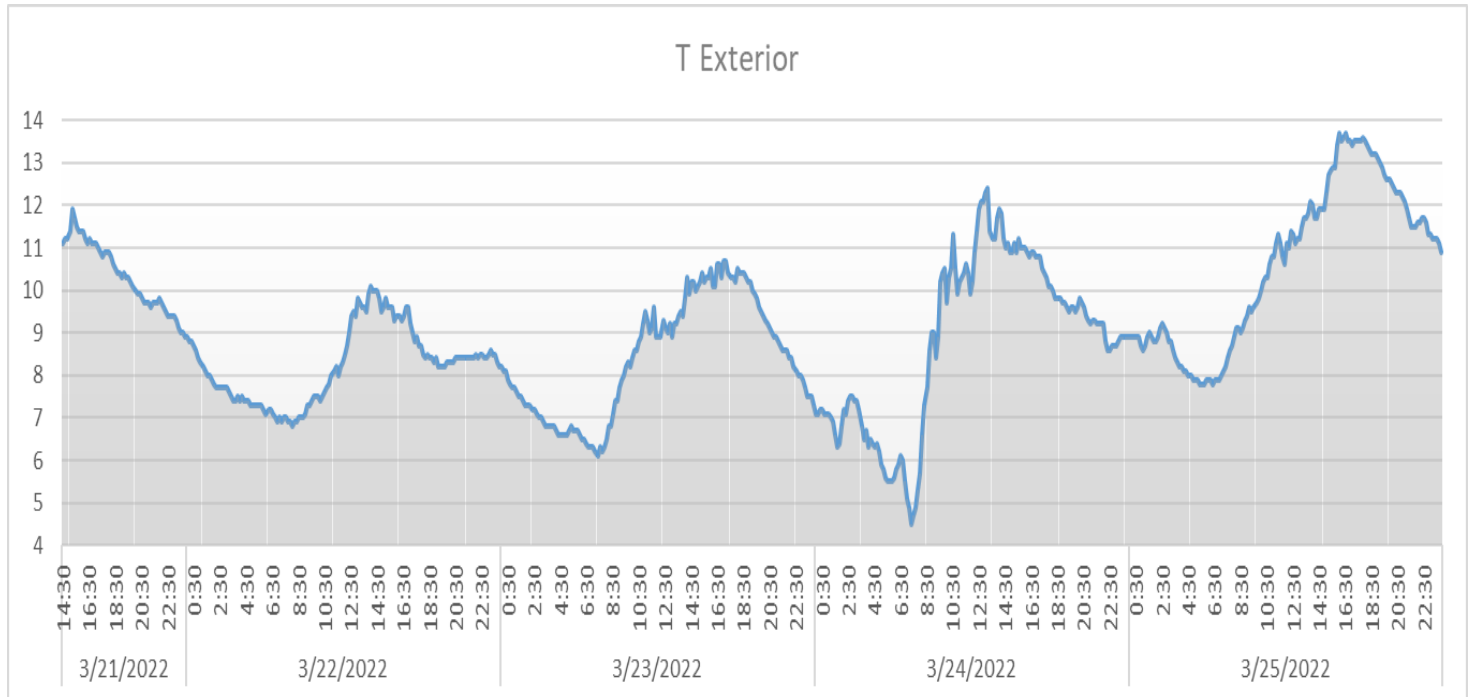
## 10.7. Anexo 7

Gráficas de las temperaturas de impulsión en las diferentes cotas, medidas en la primera semana de medición.



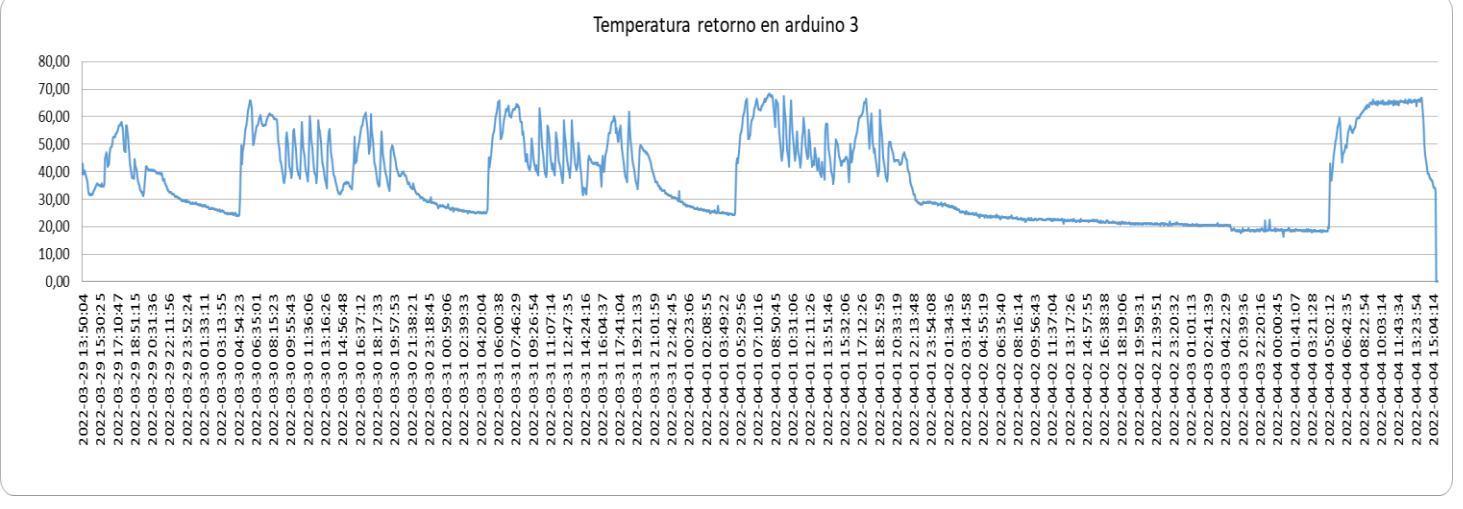
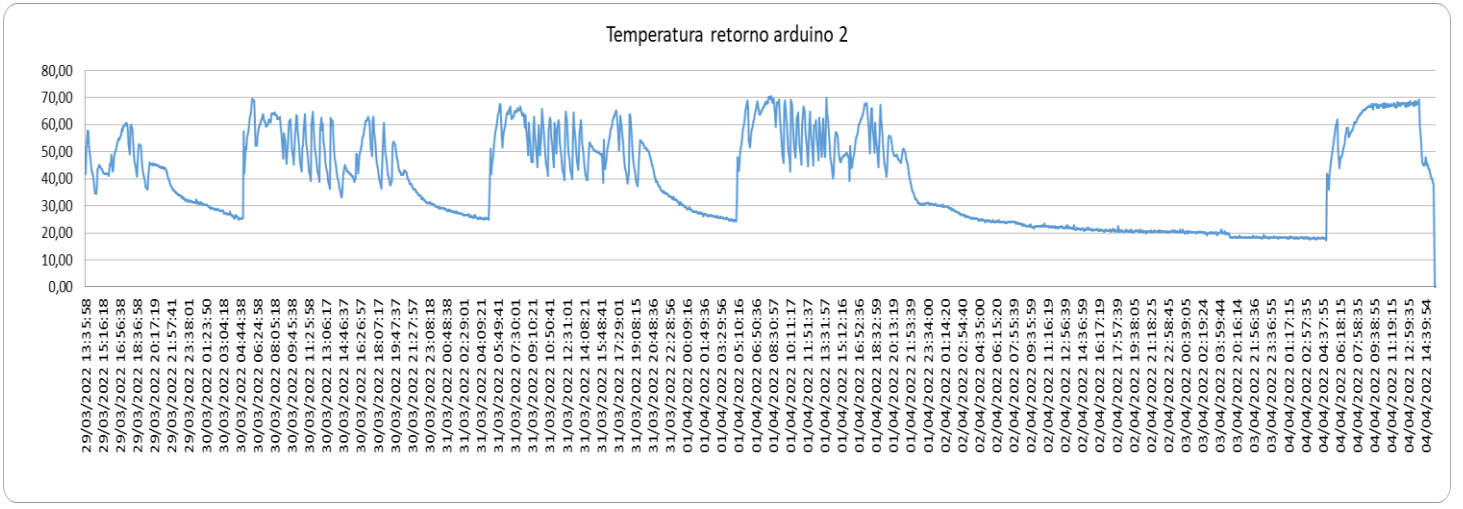
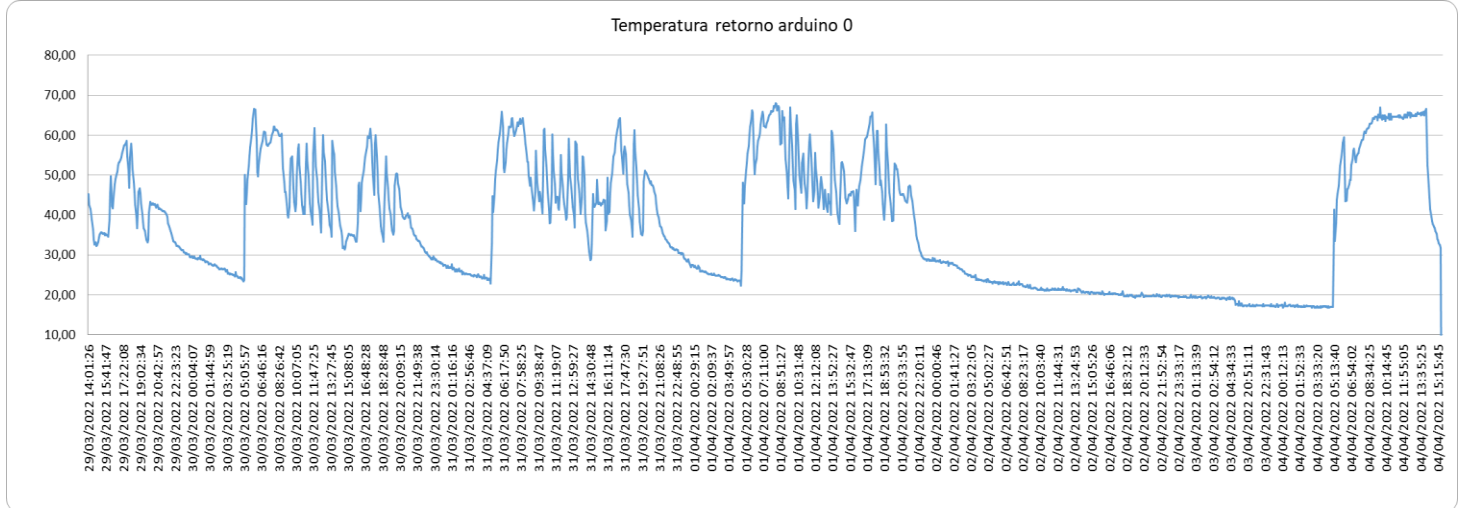
## 10.8. Anexo 8

Temperatura exterior durante la primera semana de medición. Datos ofrecidos por Euskalmet en su página web.



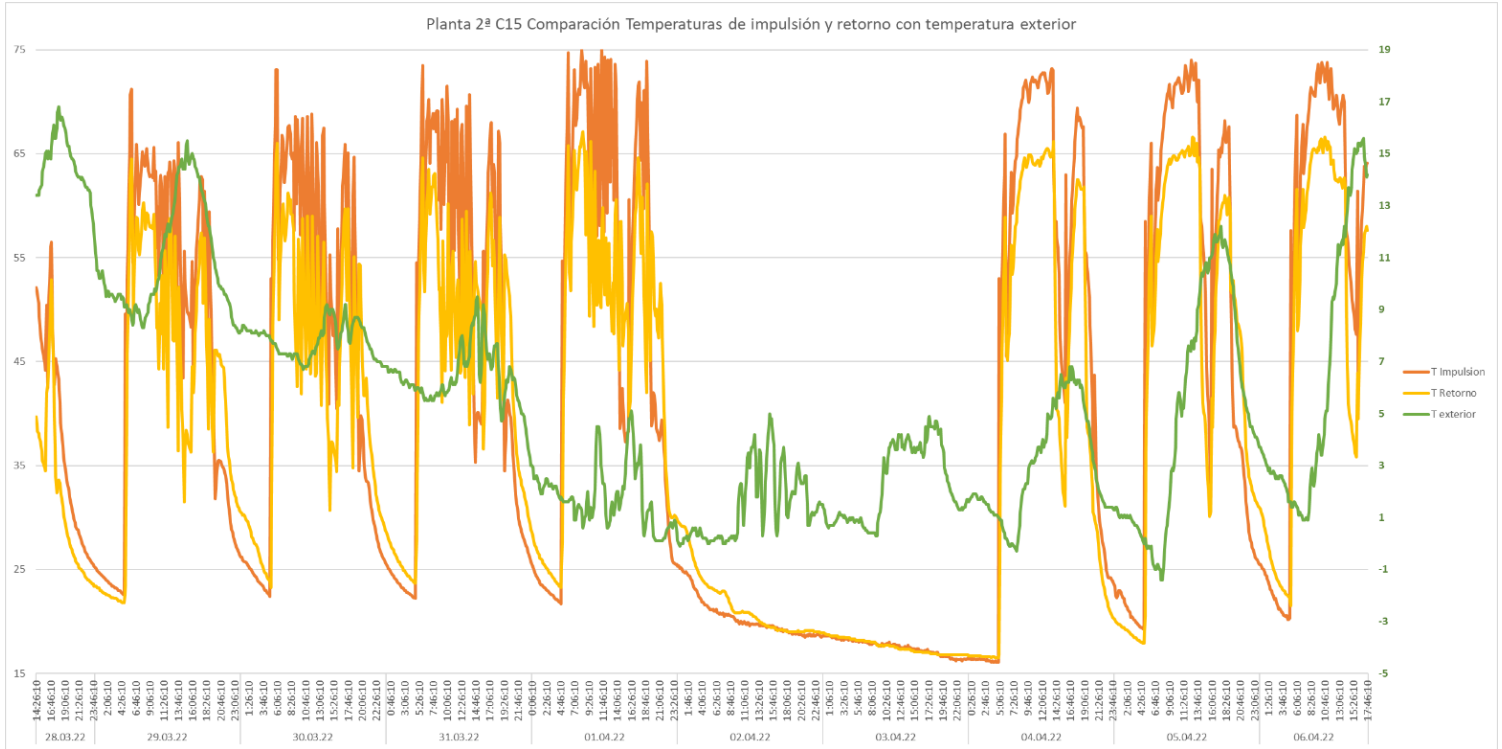
### 10.9. Anexo 9

Gráficas de las temperaturas de retorno medidas en los diferentes radiadores de la segunda planta, durante la segunda semana de medición.



### 10.10. Anexo 10

Comparativa entre temperaturas de impulsión y retorno del ramal con la temperatura exterior. Se obtuvieron durante la segunda semana de medición por el adquisidor, menos la temperatura exterior que se obtiene a través del histórico ofrecido por Euskalmet en su página web.



## 10.11. Anexo 11

Consumo de gas anual de la escuela, desglosado mes a mes. Datos del curso 2018-2019.

Fecha	Gas natural acumulado (m <sup>3</sup> )	Gas natural mensual (m <sup>3</sup> )	Consumo Gas natural (kWh)	Coste (€)
ago-18	1667052	-	-	-
sep-18	1668309	1257	14707	735,35 €
oct-18	1674681	6372	74552	3.727,62 €
nov-18	1691132	16451	192477	9.623,84 €
dic-18	1704228	13096	153223	7.661,16 €
ene-19	1727595	23367	273394	13.669,70 €
feb-19	1743619,8	16024,8	187490	9.374,51 €
mar-19	1759151	15531,2	181715	9.085,75 €
abr-19	1769186	10035	117410	5.870,48 €
may-19	1778059	8873	103814	5.190,71 €
jun-19	1780019	1960	22932	1.146,60 €
jul-19	1780019	0	0	0,00 €
ago-19	1780019	0	0	0,00 €
sep-19	1781059	-	-	-
oct-19	1785721	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>1321714</b>	<b>66.085,70 €</b>



## 10.12. Anexo 12

Características de la caldera WOLF MKG-2 300

		<b>WOLF</b>				
		<b>CALDERA DE CONDENSACIÓN A GAS MKG-2 130/300</b>				
<b>Modelo</b>	<b>MGK-2</b>	<b>130</b>	<b>170</b>	<b>210</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Potencia a 80/60°C	kW	118	157	196	233	275
Potencia a 50/30°C	kW	126	167	208	250	294
Carga térmica nominal	kW	120	160	200	240	280
Potencia mínima (modulando) a 80/60°C	kW	23	27	34	39	45
Potencia mínima (modulando) a 50/30°C	kW	24	30	37	44	49
Potencia mínima (modulando)	kW	23	28	35	41	46
Margen de modulación	%	19-100	17-100	17-100	17-100	17-100
Rendimiento a potencia nominal 80/60 a carga máxima	%	98,1	98	98,1	98	98
Rendimiento a potencia nominal 50/30 a carga máxima	%	104,1	104,2	104,3	103,9	105,2
Rendimiento a carga parcial 30% TR=30°C	%	107,8	106,9	106,7	106,6	106,8
Alto	A mm	1300	1300	1300	1300	1300
Ancho	B mm	995	1355	1355	1355	1355
Fondo	C mm	640	640	640	640	640
Conexión salida de gases	Ø mm	160	160	160	160	200
Admisión de aire <sup>1)</sup>	Ø mm	160	160	160	160	160
Impulsión (diámetro exterior)	G	1 1/2"	2"	2"	2"	2"
Retorno (diámetro exterior)	G	1 1/2"	2"	2"	2"	2"
Conexión gas	R	1"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
Sistema de salida de gases	Tipo	B23, B33, C33, C43, C53, C63, C83				
Categoría de gas		II2ELL3P				
Consumo de gas						
Gas natural E [PCI =9,5 kWh/m <sup>3</sup> = 34,2 MJ/m <sup>3</sup> ]	m <sup>3</sup> /h	13,1	16,8	21	25,2	29,4
GLP [PCI =12,8 kWh/kg = 46,1 MJ/kg]	m <sup>3</sup> /h	9,7	12,5	15,6	18,7	21,8
Presión conexión gas natural E/H	mbar	20	20	20	20	20
Presión conexión GLP	mbar	37	37	37	37	37
Capacidad	l	12	15,4	16	20	22
Presión máxima de trabajo	bar	6	6	6	6	6
Temperatura máxima de impulsión	°C	90	90	90	90	90
Presión disponible del ventilador	Pa	10-200	10-150	10-150	10-150	10-150
Temperatura de gases 80°C/60°C - 50°C/30°C - con Q <sub>máx</sub>	°C	65-45	65-45	65-45	65-45	65-45
Temperatura de gases 80°C/60°C - 50°C/30°C - con Q <sub>mín</sub>	°C	55-35	55-35	55-35	55-35	55-35
Caudal másico de gases	g/s	56,7	72,6	90,8	108,9	127,1
Valores de emisión de gases según DVGW G 635		652	652	652	652	652
Clase NO <sub>x</sub>		6	6	6	6	6
Pérdidas de carga en circuito de agua de calef. (Δt=20K)	mbar	95	100	115	135	160

### 10.13. Anexo 13

Tabla de conversión a kg Co2 elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica.

Factores de emisiones de CO2			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO2 /kWh E. final	kg CO2 /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

## 10.14. Anexo 14

Programación del arduino mediante aplicación para Windows Arduino IDE.

```
#include <SPI.h>
#include <WiFiNINA.h> // use this for MKR1010 board and Nano 33 IoT
// #include <WiFi101.h> // use this for the MKR1000 board
#include "arduino_secrets.h"
#include <ArduinoLowPower.h>

#define TMP37_Pin A5
#define TMP37_sens 0.02 //20mV/°C
#define ADC_Resolution 12
#define ADC_FullScale (1 << ADC_Resolution)
#define Vdd 3.3
// Initialize the Wifi client library
WiFiClient client;
// the address and port of the server
const char serverAddress[] = "10.112.192.11"; //Ajustar para la IP del equipo
int port = 8080; //Cambiarlo para cada equipo
String Buf;
// request timestamp in ms:
long lastRequest = 0;
// interval between requests:
int interval = 5000;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // while you're not connected to a WiFi AP,
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print("Attempting to connect to Network named: ");
    Serial.println(SECRET_SSID); // print the network name (SSID)
    WiFi.begin(SECRET_SSID, SECRET_PASS); // try to connect
    delay(2000);
  }

  // When you're connected, print out the device's network status:
  IPAddress ip = WiFi.localIP();
  Serial.print("IP Address: ");
  Serial.println(ip);
  //TMP37_Init
  analogReadResolution(ADC_Resolution);
}

void loop() {
  // if you're not connected, try to connect:
  if (!client.connected()) {
    client.connect(serverAddress, port);
    Serial.println("No conectado");
  }
  // if you're connected, send every ten seconds:
  else {
    //if (millis() - lastRequest > interval ) {

    //String now = String(millis() / 10000);
    // MEDIDA ANALOGICA TMP37
    float fTMP37_t = (Vdd * analogRead(TMP37_Pin)/ADC_FullScale)/TMP37_sens;
    // MEDIDA ANALOGICA AD2110
    int a = analogRead(A0); //ADD2100 está ahí de momento
    float v = 3.3*((float)a)/4096;
    float t_AD22100 = (v - 1.375)/0.0225; //Recta sensibilidad
    Buf = String(t_AD22100,1);
    Buf += " ";
    Buf += String(fTMP37_t,1);
    //Serial.println(Buf);
    client.println(Buf);
    //lastRequest = millis();
    LowPower.deepSleep(interval);
  }
}
```