



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Monitorización de consumos energéticos térmicos en el cuartel
Francisco Moreno*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Francisco de Borja Donato Díez Astray

DIRECTOR: Guillermo Lareo Calviño

CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Monitorización de consumos energéticos térmicos en el cuartel
Francisco Moreno*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

RESUMEN

El consumo energético térmico de un edificio de uso residencial como el Cuartel Francisco Moreno se destina a satisfacer las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria, obteniéndose ambas a partir de una misma instalación clásica que utiliza calderas de bajo consumo y gas natural como combustible. Habitualmente se desconoce qué porcentaje de la demanda energética se destina a calefacción y cuál a las necesidades de agua caliente.

En este trabajo se pretende estimar dichos porcentajes a partir de la instalación de un sistema de monitorización de dichos consumos.

Para ello, teniendo en cuenta las limitaciones temporales que imponen la realización de un TFG, así como la asignación presupuestaria limitada prevista para el mismo y las restricciones a la hora de intervenir sobre la instalación, se ha hecho preciso el estudio de las posibles alternativas de manera que la solución planteada se ajuste a dichos condicionantes.

Asimismo, este trabajo requiere de un estudio profundo de distintos aspectos como instalaciones térmicas, facturación, instrumentación para monitorización, contacto con empresas y responsables de la instalación entre otros.

PALABRAS CLAVE

Monitorización, calefacción, agua caliente sanitaria (ACS), instalaciones térmicas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Guillermo Lareo Calviño, como tutor, por su dedicación durante el desarrollo de este TFG. Igualmente, a las personas que me han facilitado conocer en profundidad la instalación de estudio dentro de la Escuela Naval Militar destacando la disponibilidad y ayuda recibida por el Cabo 1 Francisco Moreira.

Por otro lado, agradecer a mi familia todo su apoyo durante estos cinco años, me conocen, me quieren y saben de lo que soy capaz. También agradecer a mis compañeros (Promoción 418-148) por el tiempo que hemos disfrutado juntos tan difícil y tan divertido a la vez durante el desarrollo de este proyecto y a lo largo de estos años en la Escuela Naval Militar. Por último, a mis amigos de Tres Cantos, por motivarme y reconocerme siempre.

“The only way out is through”

-B17

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	6
1 Introducción y objetivos	7
1.1 Introducción	7
1.2 Objetivos	7
2 La Escuela Naval Militar.....	9
2.1 Situación. Descripción y uso de las instalaciones	9
2.2 Cuartel Almirante Francisco Moreno	11
3 Antecedentes	13
3.1 Conceptos básicos	13
3.1.1 El calor y la temperatura.....	13
3.1.2 Nociones de hidrodinámica	14
3.1.3 Propagación del calor	18
3.2 Instalaciones térmicas	21
3.2.1 Sistemas de calefacción por agua caliente.....	21
3.2.2 Sistemas de calefacción mixtos.	22
3.2.3 Calefacción eléctrica.....	24
3.2.4 Energías renovables	26
4 Cuantificación de la energía	29
4.1 Instrumentación para medir temperatura	30
4.2 Instrumentación para medir flujo másico.....	34
4.2.1 Caudalímetros de área Constante.....	34
4.2.2 Caudalímetros de área variable.....	36
4.2.3 Caudalímetros mecánicos	37
4.2.4 Otros medidores de caudal volumétrico	37
4.3 Contadores de energía térmica.....	39
5 Desarrollo	41
5.1 Flujograma de desarrollo del TFG	42
5.2 Descripción de la instalación térmica	42
5.2.1 Elementos de la instalación	44
5.3 Elección de instrumentación para la toma de datos	48

5.3.1 Situación de partida	48
5.3.2 Primera propuesta	50
6 Resultados	55
6.1 Solución técnica final: Segunda propuesta	55
6.2 Proceso de toma de datos	62
6.3 Estimación de porcentajes de consumo de ACS y calefacción.....	65
7 Conclusiones y líneas futuras	71
7.1 Conclusiones	71
7.2 Líneas futuras	71
8 Bibliografía.....	73
Anexo I: Presupuesto primera propuesta (contadores).....	75
Anexo II: Factura de gas reciente.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Instalación a monitorizar. Elaboración propia.....	8
Figura 2-1. Promoción 418-148 con S.M. los Reyes. Fuente Minisdef	10
Figura 2-2. Distribución de los edificios, principales cometidos. Elaboración Propia	11
Figura 2-3. Cuartel Almirante Francisco Moreno. Fuente ENM	11
Figura 2-4. Plano planta baja edificio AFM. Fuente ENM	12
Figura 2-5. Planta AFM. Fuente ENM.....	12
Figura 3-1. Distribución de velocidades para flujo laminar y turbulento. Fuente TxCient	15
Figura 3-2. Bomba Roca MC65. Elaboración propia.....	17
Figura 3-3. Distribución en forma de Columna (izq.) vs Distribución en forma de Anillo (dcha.).	21
Figura 3-4. Elementos auxiliares en una instalación. Fuente [8]	23
Figura 3-5. Acumulador de calor estático. Elaboración propia.....	25
Figura 3-6. Instalación de un suelo radiante en una vivienda. Fuente [7].....	25
Figura 3-7. Ciclo de una bomba de calor. Fuente [8].....	26
Figura 3-8. Central hidroeléctrica en Rusia. Fuente Denis Belevic	27
Figura 4-1. Sala de operaciones en hospital. Fuente Ecured.....	30
Figura 4-2. Termómetros de mercurio. Fuente [12]	31
Figura 4-3. Termómetro de alcohol coloreado. Fuente [5]	31
Figura 4-4. Termómetro de resistencia de platino. Fuente [13]	32
Figura 4-5. Termómetro de pila termoeléctrica. Fuente [14]	32
Figura 4-6. Termómetro de vidrio. Fuente [15]	32
Figura 4-7. Termómetros bimetálicos. Elaboración propia.....	33
Figura 4-8. Termómetro de Bulbo y Capilar. Fuente [16]	33
Figura 4-9. Pirómetro. Fuente [18].....	34
Figura 4-10. Disposición de un diafragma en una tubería. Fuente [19]	35
Figura 4-11. Disposición de una tobera. Fuente [19]	35
Figura 4-12. Tubo Venturi. Fuente [20]	36
Figura 4-13. Medidor de caudal de área variable (rotámetro). Fuente [21]	36
Figura 4-14. Desplazamiento positivo. Fuente [22]	37
Figura 4-15. Caudalímetro Vortex. Fuente [23].....	38
Figura 4-16. Caudalímetro de ultrasonido. Fuente [23]	38
Figura 4-17. Funcionamiento Coriolis. Fuente [24].....	39
Figura 4-18. Contador compacto (izquierda) y modular (derecha). Fuente [25]	40

Figura 5-1. Condicionantes de diseño. Elaboración propia.....	41
Figura 5-2. Desarrollo del trabajo. Elaboración propia.....	42
Figura 5-3. Esquema general de la caldera. Elaboración propia	43
Figura 5-4. Circuitos de calefacción y ACS. Elaboración propia	44
Figura 5-5. Calderas Roca BT 450. Elaboración propia	44
Figura 5-6. Relación diámetro-BT y altura. Fuente [7].....	45
Figura 5-7. Quemadores TECNO 50-GM. Elaboración propia	46
Figura 5-8. Intercambiadores de calor de placa. Elaboración propia	46
Figura 5-9. Acumuladores en la sala de calderas. Elaboración propia.....	47
Figura 5-10. Cuadro de control de instalaciones térmicas Fco Moreno. Elaboración propia	48
Figura 5-11. Esquema instalación con CONTADORES gasNatural fenosa. Elaboración propia ...	48
Figura 5-12. Caudalímetros. Elaboración propia	49
Figura 5-13. Contadores de la instalación. Elaboración propia	49
Figura 5-14. Relación consumos. Elaboración propia	49
Figura 5-15. Desarrollo 1º Propuesta. Elaboración propia.....	50
Figura 5-16. Sujeción de los intercambiadores. Elaboración propia.....	51
Figura 5-17. Entradas y salidas en los intercambiadores. Elaboración propia.....	51
Figura 5-18. Representación gráfica 1ª Propuesta. Colaboración AF Carvajal	52
Figura 5-19. Base (izquierda) y Llave de paso (derecha). Elaboración propia	52
Figura 5-20. Monitor (izquierda) y Montaje (derecha). Elaboración propia.....	53
Figura 6-1. Búsqueda de segunda opción. Elaboración propia	55
Figura 6-2. C. Norte, C. Sur y ACS. Elaboración propia	56
Figura 6-3. Funcionamiento bomba MC-65. Elaboración propia	56
Figura 6-4. Curva característica para la bomba Roca MC65. Fuente [25].....	57
Figura 6-5. Conjunto del TUF2000. Fuente Ficha Técnica	58
Figura 6-6. Montajes del TUF2000. Fuente ficha técnica.....	58
Figura 6-7. Colocación de los sensores. Fuente Ficha Técnica.....	58
Figura 6-8. Métodos propuestos medida temperatura. Segunda propuesta. Elaboración propia	59
Figura 6-9. Termómetros bimetálicos (izq.) y Retornos (dcha.). Elaboración propia	60
Figura 6-10. Posicionamiento de cámaras en la instalación. Elaboración propia	60
Figura 6-11. Sistema de adquisición con Arduino. Elaboración propia.....	61
Figura 6-12. Material obtenido para el montaje del Arduino. Elaboración propia	61
Figura 6-13. Caudal en el circuito primario de ACS. Elaboración propia	64
Figura 6-14. Gráfica Peso específico – Temperatura. Elaboración propia	65
Figura 6-15. Histórico de consumos de los cuatro últimos años. Elaboración propia	66

Figura 6-16. Gráfica consumos esperados para 2018. Elaboración propia 68

Figura 6-17. Curva demanda ACS durante 24h. Elaboración propia.....69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Temperaturas demandadas del agua. Fuente [5]	22
Tabla 3-2. Comparativo económico entre tipos de calefacción. Fuente [4]	26
Tabla 6-1. Consumos diarios durante una semana. Elaboración propia	62
Tabla 6-2. Archivo de texto del Arduino. Elaboración propia	63
Tabla 6-3. Peso específico del agua en función de su temperatura. Elaboración propia	64
Tabla 6-4. Media de consumos en los últimos cuatro años. Elaboración propia	67
Tabla 6-5. Consumos esperados para 2018. Elaboración propia	68

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

La definición de monitorizar se conoce como la observación mediante aparatos especiales del curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías. Es decir, la atención de una acción con el propósito de su correcto funcionamiento a través de la corrección y la mejora.

La supervisión y control son las dos pautas fundamentales que caracterizan al proceso de monitorización para cualquier aplicación. En la actualidad, la vigilancia de la realización de una actividad determinada y la capacidad de regulación en el funcionamiento de la misma dan lugar al éxito en su desempeño.

Con el paso del tiempo, destacando las últimas décadas, se han ido desarrollando exponencialmente todo tipo de instrumentaciones avanzadas con el propósito de ayudar a alcanzar el bien estar de las personas y facilitar su día a día. Esta expresión de bien estar conlleva al estado de las personas cuyas condiciones físicas y mentales les proporcionan un sentimiento de satisfacción y tranquilidad. Uno de los frutos de este desarrollo tan avanzado se ve reflejado en la aparición de la monitorización en campos directamente relacionados con ese propósito en los seres humanos.

Para el mundo de la energía, monitorizar consiste en observar los datos de consumo obtenidos por los equipos de medición disponibles con el fin de detectar posibles anomalías. Monitorizar los consumos energéticos de las instalaciones permite conocer dónde, cuándo, cuánto y cómo se consume la energía. De esta manera, conociendo estos datos se pueden llevar a cabo todas aquellas medidas efectivas y necesarias para optimizar los consumos y reducir así la factura energética.

1.2 Objetivos

El consumo energético térmico de un edificio de uso residencial como el Cuartel Francisco Moreno se destina a satisfacer conjuntamente las necesidades de climatización y agua caliente sanitaria (ACS). En instalaciones de generación clásicas basadas en caldera y acumulación, normalmente se desconoce qué peso representa cada uno de estos consumos en el total y cuál es su distribución.

En este trabajo se pretende conocer dichos porcentajes a partir de la monitorización de dichos consumos en la instalación (Figura 1-1). Para ello, es necesario tener un conocimiento de la instrumentación utilizada para realizar este tipo de mediciones, los procesos que se llevan a cabo y los

métodos utilizados para así poder escoger de entre las posibles herramientas la que mejor se ajuste a los condicionantes.

Se busca conseguir un sistema de monitorización portátil o replicable que se trate de una herramienta versátil que pueda utilizarse en otras instalaciones. Una vez localizada la herramienta de medida, llevar a cabo su instalación y obtener la información necesaria para realizar el estudio.



Figura 1-1. Instalación a monitorizar. Elaboración propia

Para la realización del trabajo, primero se plantea la introducción y la fijación de objetivos a cumplir, junto con la situación y descripción de la instalación en la que se va a trabajar. Más adelante, durante el desarrollo del mismo basándose en los objetivos que se han propuesto alcanzar, se comienza con una búsqueda de instrumentación, material y métodos necesarios para llevar a cabo las mediciones. Entre todas las opciones barajadas se elige la que mejor se ajuste a lo deseado. Una vez instalado se comienza a hacer uso de esas adquisiciones. Por último, se almacenan los datos para poder realizar un estudio y análisis de los consumos, obtener una conclusión y valorar la fiabilidad del resultado.

2 LA ESCUELA NAVAL MILITAR

2.1 Situación. Descripción y uso de las instalaciones

La Escuela Naval Militar junto al Centro Universitario de la Defensa (CUD) ligado a la Universidad de Vigo, es el centro de formación de Oficiales de la Armada Española. Lleva asentada en la villa de Marín en Pontevedra desde julio de 1943, momento en que se decide trasladarla desde su antigua ubicación en San Fernando, Cádiz. Hoy en día, se asienta sobre el antiguo Polígono de Tiro y Escuela de Artillería y Tiro Naval (Figura 2-) fundado por el capitán de Corbeta Jaime Janer Robinson.



Figura 2-1 Escuela de artillería y tiro naval. Fuente ENM

Durante estos 70 años en Marín, todos los que han sido y son Oficiales de la Armada han pasado por esta escuela para formarse como tales. Este cometido de Escuela Naval Militar se remonta a 1717 año en el que se fundó lo que en aquel momento se conocía como Real compañía de Guardiamarinas.

El día 2 de junio de 2017 en Marín (Pontevedra) tuvo lugar el acto central de Conmemoración del 300 Aniversario de la Creación de la Real Compañía de Guardiamarinas. El Acto Central de Conmemoración albergó una parada naval en la Ría de Pontevedra y posteriormente se celebró un acto militar en la explanada de la ENM. Ambos eventos fueron presididos por S.M. el Rey Don Felipe VI,

acompañado de S.M. el Rey Don Juan Carlos y a su vez presenciados por la ministra de Defensa Doña María Dolores de Cospedal y el Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada.



Figura 2-1. Promoción 418-148 con S.M. los Reyes. Fuente Minisdef

La Escuela contiene un gran número de edificios utilizados para diferentes cometidos. A continuación, se presenta una lista de los principales con sus cometidos correspondientes, situados en la Figura 2-2.

- A. Edificio Príncipe de Asturias. En este edificio se ubica la Jefatura de Instrucción albergando los despachos de los Comandantes de Brigada de los alumnos. En la parte posterior se lleva a cabo el mantenimiento del velamen de los diferentes buques a vela atracados en el muelle adyacente.
- B. Cuarteles Francisco Moreno y Marques de la Victoria. Lugar en el que se alojan los alumnos.
- C. Edificio Isaac Peral. Aulas y laboratorios para la enseñanza.
- D. Patio de aulas, don Álvaro de Bazán: Centro Universitario de la Defensa (CUD) y despachos de profesores militares. También se encuentran en esta zona algunas aulas, laboratorios, simuladores (navegación y táctico), y biblioteca.
- E. Edificio de Dirección.
- F. Casino de alumnos, Comandante de la guardia.
- G. Zona de servicios (lavandería, garaje, mantenimiento, etc.).
- H. Gimnasio Barrutia, con piscina y campo de fútbol.
- I. Enfermería y residencia de suboficiales
- J. Alojamiento de marinería.



Figura 2-2. Distribución de los edificios, principales cometidos. Elaboración Propia

2.2 Cuartel Almirante Francisco Moreno

El cuartel “Almirante Francisco Moreno” se encuentra situado dentro de la Escuela Naval Militar (Pontevedra). Es uno de los edificios que alberga a una gran parte de los Alumnos que realizan sus estudios en ella. Fue inaugurado oficialmente el 22 de marzo de 1977, tras una ceremonia que presidió el entonces ministro de Marina, Almirante Pita da Veiga.

Esta construido sobre una superficie aproximada de 3.168 m² y consta de tres plantas. El edificio tiene una forma de “H” Orientada al E-SE como se observa en la Figura 2-3



Figura 2-3. Cuartel Almirante Francisco Moreno. Fuente ENM

Cuenta con dos patios exteriores, separados por un salón interior de 130 m². De la planta baja (Figura 2-4) se puede apreciar en la zona norte un patio cubierto junto a un gimnasio y en la zona sur se sitúa la biblioteca cubierta. La entrada principal del edificio se encuentra en la parte Este. [1]



Figura 2-4. Plano planta baja edificio AFM. Fuente ENM

La primera y segunda planta del edificio son prácticamente simétricas. En ellas se encuentran las habitaciones, aseos y zonas comunes. Cada planta se divide en 2 módulos también simétricos, y a su vez cada módulo se divide en dos pasillos denominados alas. Ambos módulos se encuentran separados por un salón común en la zona central de ambas plantas de 201 m². Cada módulo consta de 22 habitaciones con dos literas cada una, lo que hace un total de 88 habitaciones entre ambas plantas y una capacidad para 352 alumnos [1]. Por cada dos habitaciones del edificio, hay un estudio con una mesa para 8 alumnos. La superficie total de cada planta es de 2127,28 m² (Figura 2-5).

En total la superficie a la hora de tener en cuenta la climatización del edificio es de 4254 m², suma de la superficie útil de la primera y segunda planta, puesto que es aquí donde los alumnos pasan la mayor parte de su tiempo y donde se sitúan las duchas y lavabos.

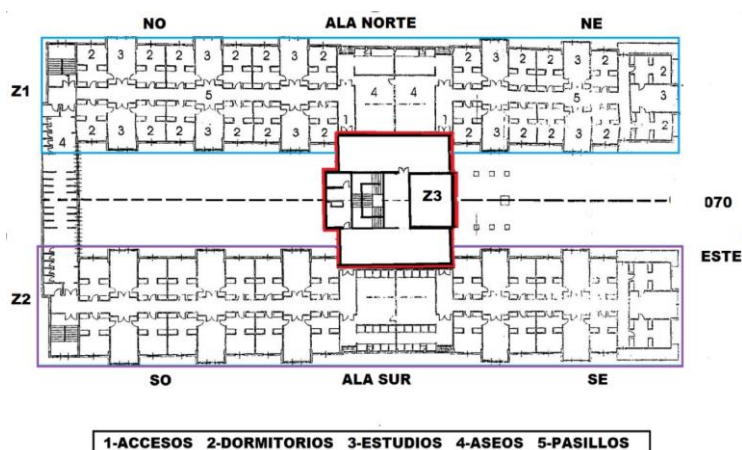


Figura 2-5. Planta AFM. Fuente ENM

Desde el inicio de su vida útil, el Cuartel Almirante Francisco Moreno ha sufrido varias reformas, en concreto tres. La primera tuvo lugar en el año 1987, con el objetivo de mejorar los aseos y la escalera principal. La segunda, en 2004 afectó a todo el sistema de calefacción, fontanería y ACS reformando las camaretas y estudios, los aseos, las fachadas y cubiertas de las alas Norte de la primera y de la segunda planta. Por último, en 2010 se llevó a cabo la implementación de la biblioteca cubierta “Gabriel Ciscar y Ciscar” en la cara Sur de la planta baja.

3 ANTECEDENTES

Antes de comenzar el desarrollo del trabajo se van a exponer ciertos conocimientos previos que han sido necesarios para realizar el estudio.

3.1 Conceptos básicos

3.1.1 *El calor y la temperatura.*

La termodinámica es parte de la Física que se ocupa de las leyes que rigen la transformación de la energía y su intercambio entre los cuerpos.

La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir un trabajo o bien la actividad que tienen esos cuerpos a partir de la cual desarrollan el trabajo. Un cuerpo por el hecho de tener energía no tiene por qué producir trabajo, pero cuando lo realiza es en base a su energía.

La energía ni se crea ni se destruye, sino que se transforma. De esta forma, el calor se transforma en trabajo mecánico; éste a su vez en energía eléctrica; ésta a su vez en luz, etc.

La unidad de energía, trabajo o cantidad de calor es el julio (J). Es el trabajo producido por una fuerza de 1 Newton, cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza.

El calor es una forma de la energía cinética, la manifestación del movimiento molecular en la masa de un cuerpo sólido, líquido o gaseoso. Se define por su intensidad medida en unidades de temperatura y la cantidad, medida en unidades de calor. El calor expresa un estado físico de la materia. En un material sólido, las moléculas se encuentran en un estado de equilibrio sometidas a una fuerza de atracción intermolecular. Si se suministra calor a ese sólido, las moléculas se mueven alrededor de esa posición de equilibrio, yendo más deprisa proporcionalmente a la temperatura a la que se llegue. Al alcanzar una determinada temperatura, la vibración de las moléculas es tan fuerte que se escapa a la fuerza que las retiene y comienzan a recorrer la masa, pasando la materia a estado líquido. Si el suministro de calor continúa, las moléculas se desplazan chocando entre sí, cada vez más rápido dentro de la masa hasta que se liberan de toda atracción y pasan a estado gaseoso.

La temperatura representa la agresividad del movimiento de las moléculas y es la intensidad del calor, manifestada por la sensación que produce al contacto. Depende de la sensibilidad del cuerpo humano. El ser humano no es capaz de medir calor, pero sí de anunciarlo y dentro de una escala de valores determinados también puede distinguir la diferencia de temperatura entre los cuerpos. Las principales escalas de medida de temperatura son la escala Celsius y la escala Fahrenheit (Ecuación 1).

La primera fija el punto de fusión del hielo a 0° y el de ebullición del agua a +100°, dividiendo estos dos puntos en cien partes. La segunda, tiene el punto de fusión del hielo a +32° y el de ebullición del agua a 212°, divide en ciento ochenta partes.

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

Ecuación 1. Relación Celsius Fahrenheit

Dos masas diferentes de una materia a una misma temperatura contienen distintas cantidades de energía calorífica. El concepto de cantidad de calor es derivado de este suceso. Para elevar la temperatura de 1Kg de agua de 0°C a 100°C se necesita una determinada cantidad de calor, y como término medio para elevar un grado la temperatura de esa agua se necesitará la centésima parte, llamando a esta unidad Kilocaloría (Kcal).

El vatio-hora, simbolizado Wh es una unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia por tiempo, con lo que se da a entender que la cantidad de energía de la que se habla es capaz de producir y sustentar una cierta potencia durante un determinado tiempo. Un Kilovatio hora (kWh) es el equivalente a mantener un consumo de potencia de 1000 vatios durante una hora. Así, un vatio-hora equivale a 3600 julios. Sus múltiplos son el kilovatio-hora y el megavatio-hora, de símbolos kWh y MWh respectivamente muy utilizados en el consumo energético.

En los países anglosajones se usa la BTU (British Thermal Unit), cantidad de calor necesaria para elevar una libra de agua un grado Fahrenheit (Ecuación 2).

$$1 \text{ Kcal} \approx 3,97 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ BTU} \approx 0,26 \text{ Kcal}$$

Ecuación 2. Relación entre unidades de energía

El calor específico es la cantidad necesaria para elevar 1 gramo de masa 1°C de temperatura. El agua es uno de los cuerpos con mayor calor específico. En el paso de un estado a otro un cuerpo cede o toma una determinada cantidad de calor, según la dirección del cambio, pero la temperatura permanece constante, hasta que toda la masa ha cambiado de estado. A esta cantidad de calor que se utiliza para cambiar de estado se le denomina calor latente.

3.1.2 Nociones de hidrodinámica

Al utilizar agua como fluido caloportador en las instalaciones de calefacción por agua caliente es conveniente tener algunas nociones básicas sobre la hidrodinámica, ciencia que estudia los líquidos en movimiento.

Si partimos de la base de que el fluido (agua para la instalación) es incomprensible y que discurre por el interior de las tuberías deslizándose a una determinada velocidad, si se estudia toda la masa de agua que se desplaza, se entiende que el fluido situado en contacto con la pared interior del tubo y adherido a dicha pared tiene una velocidad relativa nula con respecto a la tubería. Esto no ocurre a una determinada distancia de dicha pared, donde la velocidad del agua ya no es nula, de forma que cuanto más nos alejamos esta velocidad irá en aumento, hasta el centro de la corriente, existiendo una variación de la velocidad de un punto a otro de la masa líquida. La velocidad de las distintas partes del fluido, depende de la posición y en el caso de régimen no estacionario también del tiempo.

Esta hipótesis puede ser también de aplicación al movimiento de los gases, cuando las variaciones de presión sean muy pequeñas (mm. c.a.), como el caso de aplicación al flujo del aire en conductos de ventilación o salida de gases en chimeneas.

Se denomina flujo laminar al movimiento de un fluido cuando en él no existen corrientes transversales a la dirección del movimiento del mismo, ni tampoco torbellinos; esto ocurre cuando el agua llena totalmente la tubería y circula con una velocidad lenta, produciéndose un deslizamiento entre las capas contiguas de fluido, de la misma forma que los naipes de una baraja.

Por el contrario, se denomina flujo turbulento al movimiento de un fluido cuando existen en él corrientes transversales a la dirección del movimiento, produciéndose torbellinos que dan origen a una fuerte mezcla transversal; esto ocurre cuando la velocidad del fluido en puntos alejados de la pared es suficientemente elevada.

Existe por tanto un gradiente transversal de la componente de velocidad en la dirección del movimiento del flujo, produciendo una deformación de la vena del fluido por cortadura.

La resistencia que oponen los fluidos reales, a esa deformación por cortadura, que origina el régimen turbulento, se conoce como viscosidad originando otra tensión constante que se opone al deslizamiento relativo de unas capas de fluido sobre las otras.

3.1.2.1 Circulación de un fluido por una tubería

Cuando el fluido de un líquido cualquiera, se produce en el interior de un conducto lleno de líquido, la velocidad de las partículas del fluido adheridas a la pared del conducto es nula y máxima en el eje del mismo. En el caso de tuberías cilíndricas, (Figura 3-1) el perfil representativo de la velocidad es simétrico axialmente en el flujo laminar, con el perfil más puntiagudo y velocidades muy lentas, en las proximidades de la pared interior del tubo; y en el régimen turbulento, mucho más achatado y gradientes de velocidad en las proximidades de las paredes del tubo mucho mayores, lo que significa que es mayor la resistencia viscosa en el flujo turbulento que en el flujo laminar. [2]

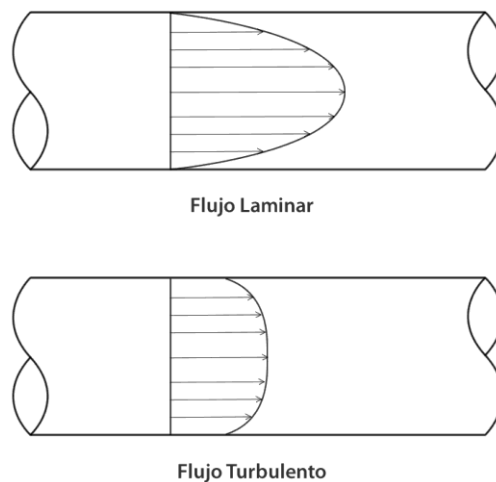


Figura 3-1. Distribución de velocidades para flujo laminar y turbulento. Fuente TxCient

La cantidad de masa que atraviesa por unidad de tiempo una sección recta de la tubería, recibe el nombre de caudal másico (Ecuación 3).

$$\dot{m} = \delta \cdot \mathcal{Q}_m \cdot S$$

Ecuación 3. Caudal másico en una tubería

La $\dot{m}$ es el caudal másico en kg/s, la δ es la densidad del fluido en kg/dm³, la $\mathcal{Q}_m$ la velocidad media del fluido en la sección considerada y la S la superficie de tubería considerada en dm².

La ecuación de la continuidad expresa la conservación de la materia. Para el flujo estacionario los caudales másicos a través de dos secciones rectas cualesquiera de un conducto han de ser iguales entre sí.

Aplicándolo a las tuberías que consumen agua en la calefacción, las velocidades, se suelen fijar a priori, los caudales son producto del gasto o consumo de cada tramo y los diámetros son consecuencia de las secciones que están ligadas por la ecuación de la continuidad. Sabiendo que la masa de fluido incomprensible que atraviesa cualquier sección de tubería en la unidad de tiempo es constante se refleja la siguiente igualdad, siendo Q el caudal en l/s, V la velocidad en dm/s y S la sección en dm²

$$Q = V \cdot S$$

Ecuación 4. Ecuación de continuidad

Por lo tanto, a igualdad de caudal, la velocidad aumenta al disminuir la sección y viceversa. Por ello, determinada la sección, el diámetro es inmediato apareciendo los valores definidos en los ábacos de tuberías.

Considerando la presión atmosférica en 1,033 g/cm² al nivel del mar, la equivalencia de esta presión en m.c.a. será de 10,33 m, y redondeando el valor 10 m.c.a. dando lugar a la equivalencia de 1 atmósfera = 100 kPa. Por ello los desniveles de un metro en tuberías de agua, suponen una variación de presión de aproximadamente 100 gr/cm².

El teorema de Bernoulli formula que, en los líquidos perfectos, la suma de las tres alturas, geométrica, piezométrica y cinética, permanece constante (Ecuación 5). Se supone que existe una tubería por la que circula un fluido ideal a presión, y se quiere definir sobre un plano de comparación la carga total H, que representa la suma de todas las acciones sobre el plano de comparación definido, teniendo en el punto A de entrada las presiones denominadas Altura geométrica (Z_A), Altura piezométrica (h_p), y la altura cinética (h_v).

$$Z_B + \frac{P_B}{\delta} + \frac{V_B^2}{2g} = Z_A + \frac{P_A}{\delta} + \frac{V_A^2}{2g} = \text{Cte.}$$

Ecuación 5. Teorema de Bernoulli

El agua no es un fluido perfecto, tiene una cierta viscosidad que hace que se creen esfuerzos tangenciales que influyen en el movimiento del líquido, a parte del rozamiento de las partículas con las paredes del tubo. Para aplicar el teorema de forma práctica es necesario introducir un nuevo concepto, la hpc (altura por pérdidas de carga), representando la suma entre el valor de pérdida de presión debido a los rozamientos del agua sobre las paredes del tubo (JL) y las pérdidas de carga que suponen los incidentes aislados del circuito ($\Sigma\lambda$), que representan los codos, válvulas, uniones, etc.

$$H_A = H_B$$

$$H_A = Z_A + \frac{P_A}{\delta} + \frac{V_A^2}{2g}$$

$$H_B = Z_B + \frac{P_B}{\delta} + \frac{V_B^2}{2g} + h_{pc}$$

$$H_A = H_B$$

$$\left(Z_A + \frac{P_A}{\delta} + \frac{V_A^2}{2g}\right) = Z_B + \frac{P_B}{\delta} + \frac{V_B^2}{2g} + (JL + \Sigma\lambda) = \text{Cte.}$$

Ecuación 6. Desarrollo teorema Bernoulli práctico aplicado al agua

Como se trabaja con unidades pequeñas, la altura cinética se puede considerar despreciable, comparada con el resto de valores. Dando lugar a un teorema de Bernoulli práctico, que se puede resumir en lo siguiente (Ecuación 7)

$$H = Z_0 + \frac{P_0}{\delta} + \frac{V_0^2}{g} + (JL + \sum \lambda) = \text{Cte.}$$

Ecuación 7. Teorema de Bernoulli práctico

En toda red de conducción de agua a presión, la suma de la altura geométrica, más la altura piezométrica, más la altura de pérdidas de carga, permanece constante.

Para el cálculo de la pérdida de carga en las tuberías (J), existen una serie de fórmulas concretas para cada clase de material. Estas fórmulas aparecen en forma de ábacos o tablas, para su uso práctico, teniendo en cuenta que la elección debe de estar conforme con la tubería que se utilice, con la gama de diámetros y velocidades a emplear, así como la elección adecuada de los coeficientes de rugosidad que se tomen, con arreglo a la lisura interna del tubo; de lo contrario los valores obtenidos no serán fiables.

Para evaluar las pérdidas de carga localizadas (λ), se emplea la Ecuación 8.

$$\lambda = K \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 8. Pérdida de carga localizada

Dependiente del coeficiente K, del tipo de elemento que produce la pérdida de carga y de determinadas relaciones dimensionales.

No obstante, estas pérdidas de carga, en la práctica, se evalúan en longitud equivalente de la tubería del mismo diámetro que la válvula, codo, etc., del que se trate.

3.1.2.2 Circuladores o bombas

Para transportar el agua junto con la energía calorífica por el circuito cerrado se utilizan las bombas (Figura 3-2), implicando una serie de ventajas entre las que destacan la posibilidad de distribución con mayor libertad, las puestas en circulación por tiempos más cortos o la reducción de las pérdidas de calor en las tuberías. Su único inconveniente se relaciona con su coste inicial y mantenimiento. Las bombas más utilizadas son las centrifugas debido a su capacidad silenciosa de trabajo.



Figura 3-2. Bomba Roca MC65. Elaboración propia

La bomba se constituye por un rodete en el interior de una carcasa, con una entrada y una salida incorporadas al circuito hidráulico de la instalación, uniendo con el eje del rodete un motor eléctrico.

Los circuladores asocian la longitud de la tubería con la capacidad de la bomba, siendo las más cortas las de menos presión y viceversa, existiendo de baja., media y alta presión. Si son usados en ACS es necesario que el motor eléctrico este separado del cuerpo de bomba para que los depósitos calcáreos no bloqueen los cojinetes lubricados por el agua.

Las bombas centrífugas se pueden instalar independientes o en forma conjunta o gemela con la posibilidad de funcionar en paralelo. La potencia de estas bombas se deduce por la siguiente fórmula:

$$P = \frac{q \cdot H_m \cdot \delta}{75 \rho}$$

Ecuación 9. Potencia en una bomba centrífuga

La potencia P se mide en C.V, el caudal máximo q se mide en l/s, la altura manométrica H_m se mide en metros columna de agua, la densidad se mide en Kg/dm³ y el rendimiento es adimensional pudiendo estimarse como media en 0,75.

La selección del tipo de bomba a instalar se lleva a cabo en función de las curvas características de estas. En estas curvas se relaciona la altura manométrica con el caudal, disponiendo de uso ábacos como se muestra en la Figura 6-4. Cada bomba tiene su curva característica entregada por el fabricante. En caso de que no haya sido creada, se puede llevar acabo de forma experimental por el usuario. Una bomba queda totalmente definida por sus curvas características.

El caudal de agua vendrá determinado por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q_0}{\Delta t \cdot C_e \cdot P_e}$$

Ecuación 10. Caudal que circula por una bomba

Donde el caudal C se mide en l/h, la potencia de la caldera Q₀ se mide en Kcal/h, el salto térmico Δt es la diferencia en °C entre la temperatura de ida y retorno, el calor específico en kcal/h Kg °C y el peso específico P_e en kg/dm³.

3.1.3 Propagación del calor

El calor pasa de los cuerpos más calientes a los cuerpos más fríos por conducción, convección o radiación. Existe la posibilidad de la combinación de ellos.

3.1.3.1 Conducción

Se denomina conducción a la transmisión de energía calorífica dentro de un mismo cuerpo de partícula en partícula, o entre cuerpos en contacto, sin producirse movimiento en sus moléculas.

La transmisión de calor en los cuerpos varía con la naturaleza del material, por ello existen buenos conductores como el agua y malos como el aluminio.

El flujo calorífico por conducción Q_{cd} y en régimen estacionario atraviesa una lámina plana, es proporcional a la superficie S de la sección transversal del flujo, a la diferencia de temperaturas (t₁-t₂) entre las caras de la lámina y al coeficiente λ de conductividad térmica, siendo inversamente proporcional al espesor e de la lámina.

$$Q_{cd} = \frac{\lambda}{e} S (t_1 - t_2)$$

Ecuación 11. Flujo calorífico por conducción

El flujo calorífico por conducción (Ecuación 11) se expresa en Kcal/h, el coeficiente de conductividad térmica en Kcal/m h °C, la sección perpendicular en m², el espesor en m y el salto de temperaturas en °C.

El coeficiente de conductividad térmica λ es la cantidad de calor que atraviesa un cuerpo homogéneo, referida a la unidad de espesor (en una superficie de 1 m² y un espesor de 1 m, siendo la diferencia de temperatura de 1°C entre las caras durante 1 hora, expresado en Kcal). La inversa λ^{-1} se conoce como resistividad térmica.

El concepto de transmisión de calor se conoce como la cantidad de este que pasa de una superficie a otra en un cuerpo que puede ser homogéneo o heterogéneo. La transmisión superficial es la cantidad de calor que pasa de una superficie de un cuerpo al aire circulante.

Las resistencias térmicas determinan la capacidad que tienen los cuerpos de transmitir calor, debido a las propiedades térmicas de las sustancias que lo componen. La resistencia total de un cuerpo es la suma de las de sus componentes. La transmisión es inversa a la resistencia total, es decir, cuanto más resistencia se aprecie menos cantidad de calor será capaz de transmitir. El coeficiente que representa a la transmisión se denomina coeficiente de transmisión o transmitancia térmica U, cuyas unidades son W/m²K.

Los materiales aislantes presentan una elevada resistencia térmica debido al pequeño tamaño que presentan las células de gas que constituyen los poros, por eso suelen ser materiales bastante ligeros.

3.1.3.2 Convección

Consiste en la transferencia de calor mediante el movimiento de las partículas de un fluido, líquido o gas. De esta manera los calefactores transmiten el calor al ambiente.

En el ámbito de las calderas, se crea ese movimiento a partir de bombas o ventiladores haciendo forzosa esa convección, como ocurre con el agua. La expresión para analizar la convección dada por Newton se reseña a continuación.

$$Q_{cv} = h_c \cdot S \cdot \Delta t$$

Ecuación 12. Flujo calorífico por convección

Siendo Q_{cv} el flujo calorífico por convección (Ecuación 12) en Kcal/h, la h_c el coeficiente de convección en Kcal/m² h °C, la S en m², y la diferencia de temperaturas Δt en °C.

El coeficiente de convección h_c depende de la velocidad del fluido, de la forma de la superficie de la transmisión y de la naturaleza y estado del mismo. Por ello, se utilizan valores basados en experimentos y experiencias.

3.1.3.3 Radiación

Los rayos de calor se propagan la línea recta a través de todos los medios. Un cuerpo caliente, emite constantemente una energía que radia en todas direcciones. Esta onda energética incide en otro cuerpo, que a su vez refleja parte de ella, trasmite otra parte y el resto lo absorbe, transformándolo en calor.

El cuadrado de la distancia es inversamente proporcional a la intensidad de calor radiante. Los cuerpos más oscuros por lo general absorben mucha radiación y reflejan muy poca, por el contrario, los cuerpos lisos o de colores claros absorben menos la radiación y reflejan mucha más. Existen cuerpos transparentes como los gases secos y el cristal que no absorben calor ni irradian, los rayos les atraviesan sin intercambios de ningún tipo. Debido a la gran dificultad que presenta la expresión de la analítica por el gran número de variables a considerar, se puede simplificar en la siguiente.

$$Q_{\text{rad}} = h_r \cdot S \cdot \Delta t$$

Ecuación 13. Expresión analítica del calor por radiación

El flujo calorífico radiado (Ecuación 13), la superficie del cuerpo radiante, el coeficiente de radiación y la diferencia de temperaturas utilizan las mismas unidades que en la ecuación de la convección. Reseñar que la radiación calorífica corresponde a una determinada longitud de onda relacionada con los rayos infrarrojos.

El coeficiente de radiación h_r depende de factores como la absorción, la emisividad del material, el estado de la superficie o la temperatura del cuerpo entre otros muchos.

En la calefacción tradicional de un edificio aparecen representados los tres medios de propagación del calor. El agua caliente llega al radiador por convección. Una vez allí, calienta a este por conducción cediendo su calor. El radiador crea una corriente de convección con el aire del interior de la habitación y por radiación transmite su calor al entorno.

3.1.3.4 Transmisión de calor a través de paredes cilíndricas

Este caso tiene lugar en las pérdidas que se producen en las tuberías por las que circula el agua caliente en los sistemas de calefacción.

Se supone una tubería de longitud L siendo las temperaturas de superficie interior y exterior t_i y t_e respectivamente. La superficie de transmisión de la tubería aumenta a medida que el calor fluye hacia fuera, por eso la gráfica de temperatura forma una curva logarítmica, nunca podrá ser recta. A su vez, una capa de espesor delgada cuyo diámetro medio sea D . En este caso, el espesor será $\frac{1}{2}$ de D y la diferencia de temperatura entre las dos superficies dt . El flujo de calor viene dado por la Ecuación 14.

$$dQ = \frac{\lambda}{\frac{1}{2}D} D\pi \cdot L \cdot dt$$

Ecuación 14. Paso de calor del interior al exterior del tubo

Donde $(D\pi \cdot L)$ representa la superficie, $\frac{1}{2} dD$ el espesor de la tubería y λ el coeficiente de conductividad térmica del material. Integrando entre los límites D_1 y D_2 se obtiene la Ecuación 15.

$$Q = \lambda \frac{2\pi}{\ln \frac{D_2}{D_1}} \cdot L(t_i - t_e)$$

Ecuación 15. Paso de calor del interior al exterior del tubo integrando entre D_1 y D_2

Para pequeñas diferencias de diámetro, se calcula el diámetro medio haciendo la media aritmética entre ambos. Con una relación entre 1,5 puede aparecer una variación del 5% mientras que con una relación de 2 llega aproximadamente a un 4%, por eso el cálculo por el valor medio logarítmico solo será necesario en tuberías aisladas de pequeño diámetro. Si existieran capas de distinto material en la misma tubería se aplicaría la siguiente expresión:

$$Q_T = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} \cdot \ln \frac{D'}{D_1} + \frac{1}{\lambda_2} \cdot \ln \frac{D''}{D'} + \dots \frac{1}{\lambda_n} \cdot \ln \frac{D_n}{D_{(n-1)}}} \cdot 2\pi L (t_i - t_e)$$

Ecuación 16. Calor cedido por una tubería con capas de distinto material

Donde λ_1, λ_2 , etc son los coeficientes de conductividad térmica de cada material y $D', D'',$ etc. son los diámetros exteriores de las capas de materiales.

La contabilidad energética que se conoce hoy en día es imprescindible para cualquier empresa que quiera ser competitiva y aspire a obtener un conocimiento exacto de sus costes productivos. En otras palabras, la obtención de la información precisa y relevante sobre los parámetros energéticos con los que trabaja es fundamental.

3.2 Instalaciones térmicas

La principal función del estudio de consumo de energía tiene fundamentalmente un enfoque económico. Medición, reparto y consumo son los pilares en los que se apoya. Antiguamente, las viviendas representaban una distribución en columnas de sus instalaciones de calefacción lo que concluía con una vía de entrada y salida de agua mutua para todos los pisos. Sin embargo, posterior al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios [3] se comenzaron a construir edificios de una forma distinta. La innovación en el diseño dio lugar a un nuevo sistema de distribución en forma de anillo (Figura 3-3) de manera que la entrada y la salida del agua se realizan de forma individual para cada vivienda, con el objetivo de mantener un control del gasto térmico de cada particular con mejor exactitud.

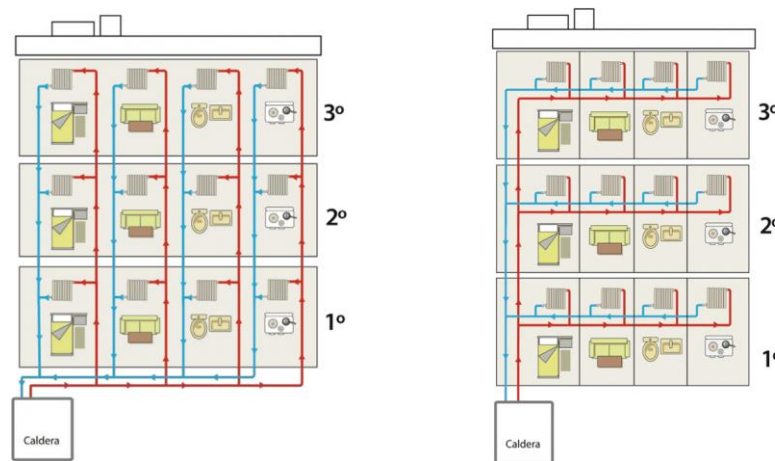


Figura 3-3. Distribución en forma de Columna (izq.) vs Distribución en forma de Anillo (dcha.).

Fuente [4]

Los equipos de calefacción y ACS para una edificación representan casi la mitad del consumo energético del mismo. Existen múltiples opciones y posibilidades de combinación de sistemas de calefacción y ACS. Decidirse por uno u otro a la hora de instalarlos dependerá de muchos factores entre los que destacan el número de metros cuadrados existentes o la existencia de suministro de gas en la zona. Sin duda, no hay una única solución ya que generalmente estas características determinan el sistema a instalar. Las más utilizadas son la calefacción de gas y la calefacción eléctrica. También hay que tener en cuenta el uso moderno de energías renovables por las posibilidades que aportan para mejorar la eficiencia energética y el ahorro de energía.

3.2.1 Sistemas de calefacción por agua caliente

Es el sistema más utilizado para edificios medianos como el Cuartel Almirante Francisco Moreno. La utilización del agua tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Entre las ventajas destacan los saltos térmicos que pueden experimentar entre las idas y retornos permitiendo circular un caudal menor para las mismas necesidades caloríficas demandando tuberías con diámetros más pequeños, lo que se traduce en un ahorro de coste en instalación. Por otro lado, presenta como inconvenientes. La alta presión a la que pueden llegar a trabajar las tuberías es uno de ellos, aumentando la posibilidad de aparición de averías de manera más común.

Básicamente se diferencian dos sistemas principales, la instalación abierta y la instalación cerrada. La instalación abierta es aquella que se comunica con la atmósfera mientras que la cerrada no lo está, pudiendo llegar a alcanzar temperaturas por encima de los 100°C, manteniendo una determinada presión teniendo un rendimiento superior.

Los elementos importantes en una instalación de calefacción por agua caliente son las calderas, las tuberías, los emisores de calefacción y los elementos auxiliares entre los que destacan las bombas o los quemadores.

El funcionamiento de este sistema es sencillo de comprender. Como regla general el agua se calienta en las calderas hasta una temperatura de 90°C. Con la instalación completamente llena de agua y el fluido a esta temperatura, el agua caliente transporta una cantidad de calor determinada hasta llegar a los radiadores que ceden su calor al medio, produciéndose un descenso en la temperatura de aproximadamente 20°C. El movimiento se puede conseguir por bomba o por termosifón

Por todo esto, hoy en día casi todas las instalaciones disponen de circulación forzada, permitiendo una circulación de agua totalmente homogénea, admitiendo utilización de tuberías de menor sección con el consiguiente ahorro económico.

Cuando existe un incremento de volumen en la instalación debido a las elevadas temperaturas se absorbe por el depósito de expansión y el aire que queda dentro se elimina gracias a los purgadores.

3.2.1.1 Instalaciones de ACS

El objeto es aportar agua caliente a los aparatos sanitarios que la demanden, generalmente refiriéndose a los cuartos de baño, aseos y servicios de cocina. Se encuentran íntimamente ligados a la red de agua fría. Las temperaturas demandadas del agua se representan en la Tabla 3-1.

Lavabos, baños, duchas, bidés, etc.	de 40°C a 50°C
Cocinas (fregaderos)	de 55°C a 60°C
Lavadoras de ropa	de 55°C a 80°C
Lavavajillas	de 50°C a 70°C

Tabla 3-1. Temperaturas demandadas del agua. Fuente [5]

Al mezclarse con agua fría la temperatura es inferior a las anteriores. El agua caliente se preparará a la temperatura mínima que resulte compatible con su uso, considerando las pérdidas en la red de tuberías, según el reglamento [3]. La temperatura de referencia suele ser de 60°C.

El gasto de agua caliente presenta variaciones de consumo pronunciadas, lo cual obliga a disponer en ocasiones de una reserva acumulada capaz de compensar el requerimiento en un determinado momento con un caudal punto elevado, sin uso de un foco calorífico excesivamente potente.

3.2.2 Sistemas de calefacción mixtos.

Se conoce como sistema de calefacción mixto al que sirve al mismo tiempo al servicio de calefacción y al servicio de ACS. En las viviendas los sistemas de calefacción pueden ser individuales o colectivos, pudiendo en los dos casos abastecer de ACS con el mismo foco calorífico.

En edificio como hospitales, industrias, oficinas, etc., donde existe una instalación de climatización para todo el año el agua caliente resulta del propio sistema de climatización que utilizan la refrigeración de los condensadores y con los recuperadores de calor se obtiene la energía necesaria para el ACS. Centrando el tiro en las viviendas, se puede decir que el sistema mixto de calefacción afecta tanto a las instalaciones centralizadas como a las individuales.

Las instalaciones mixtas centrales utilizan conjuntamente calefacción y ACS producidos centralmente, aunque hoy en día por la normativa es necesario un generador por separado para cada servicio. En cambio, al haberse descentralizado las calefacciones en los edificios, las instalaciones mixtas individuales combinadas con producción de ACS individualmente son el sistema más utilizado.

3.2.2.1 Gas natural

Las redes de distribución de gas natural se realizan a diferentes presiones por tuberías. Existe la Distribución a alta presión B, siendo esta la usada en el transporte desde la planta productora, utilizando presiones mayores a 16 bares. La Distribución a alta presión A, como red de suministro a industrias, utilizando presiones entre 16 y 4 bares. La Distribución a media presión B, para consumo doméstico, comercial o industrial, utilizando presiones entre 4 y 0,4 bares. La Distribución en media presión A, igual que la B, pero con presiones menores a 0,4 bares y, por último, la Distribución a baja presión, únicamente para consumos domésticos y comerciales con presión inferior a 0,05 bares.

Todas las instalaciones de calefacción se completan con un sinnúmero de elementos especiales que son de vital importancia para conseguir llevar a cabo una buena regulación. Algunos de los cuales se destacan en la Figura 3-4.



Figura 3-4. Elementos auxiliares en una instalación. Fuente [8]

Se denomina instalaciones a gas natural a aquellas que utilizan como fuente calorífica una caldera donde se quema el gas natural como combustible para aportar energía calorífica a una masa de agua, que es la que se encarga de transportar esta energía hasta los lugares a calentar.

Como se relata en la publicación [6] unos siete millones de clientes tienen acceso al gas natural en su zona de demanda. En el caso de una vivienda a la que llega la red de suministro de gas natural las calderas de condensación son una buena alternativa para la generación de calefacción y producción de ACS debido a su buena eficiencia, su rapidez y su comportamiento medioambiental.

Al añadir la posibilidad de combinación con radiadores con el objetivo de una mejor distribución y sistemas de regulación y control de la temperatura a estas instalaciones se consigue un especial ahorro de energía y buen confort. También sería posible la combinación con suelo radiante o junto a bombas de calor, conocido como sistema híbrido. Estos son uno de los sistemas con mejor rendimiento para la

generación de calefacción y ACS, al estar formado por tuberías instalables desde el suelo, techo o incluso paredes lo hace ideal para trabajar con agua a temperaturas bajas, repartiendo el calor de forma uniforme.

3.2.3 Calefacción eléctrica

La calefacción eléctrica presenta como principio la producción de calor por efecto Joule, es decir, la transformación de la energía eléctrica en calor, expresada en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{0,24R \cdot I^2 \cdot T}{1000}$$

Ecuación 17. Transformación de la energía eléctrica en calor

Siendo la Energía calorífica Q en Kcal, la Resistencia eléctrica R en ohmios, la intensidad I en Amperios y por último el tiempo T en segundos. Interesa tener alta resistencia puesto que la cantidad de calor producida es directamente proporcional a la Resistencia.

Cuando se lleva a cabo la instalación de una calefacción eléctrica aparecen unas ventajas considerables para los usuarios. Entre las cuales destacan la elección de la temperatura de la sala individualmente a gusto del consumidor aprovechando las aportaciones gratuitas de calor y evitando el sobrecalentamiento del ambiente interior, el uso eficiente de la energía, la disponibilidad durante todo el día puesto a que se consume electricidad, la no exigencia de instalaciones complicadas, ni espacios delicados para estas, el costo inicial bajo o el sistema silencioso. Además, es fácil de programar y automatizar.

Dentro de los sistemas utilizados en la calefacción eléctrica destacan los de calefacción eléctrica directa: transmitiendo directamente el calor al medio que se va a calentar; los de calefacción indirecta: que calientan un fluido caloportador que transporta el calor hasta los puntos a los que se quiere caldear; los de calefacción por acumulación: que almacenan energía calorífica durante un periodo de tiempo devolviéndola con posterioridad con un flujo controlable; y los de calefacción eléctrica por radiación y mixta: consiste en una resistencia eléctrica que cubre gran superficie del suelo, techo o pared y actúa como una fuente de calefacción a baja temperatura, haciendo de estos un emisor de calor por radiación.

Como ejemplo de calor eléctrico indirecto se aprecian Las calderas eléctricas, últimamente opción bastante popular. Sirven tanto para regular la calefacción como para el uso de ACS. Estas calderas se clasifican en dos grupos en función de la potencia a desarrollar, pudiendo ser de corriente monofásica 220v o corriente trifásica 380v para las que van a desarrollar mayor potencia.

Los acumuladores de calor son un ejemplo de calefacción eléctrica por acumulación. Funcionan a través de resistencias eléctricas que calientan el núcleo acumulador y almacenan el calor producido, posteriormente liberándolo en forma de energía calorífica. A parte de ser sistemas que requieren un alto coste económico inicial, los radiadores no se pueden recargar en todo momento, limitando el uso a determinadas horas. Pueden ser estáticos o dinámicos. Los acumuladores de calor estáticos liberan la energía de manera natural mientras que los dinámicos incluyen un ventilador para ayudar a la transmisión de la energía.



Figura 3-5. Acumulador de calor estático. Elaboración propia

Los convectores se encuadran en la calefacción eléctrica directa. Consisten en una resistencia eléctrica que calientan el aire frío que entra por el inferior y lo expulsan por la parte superior de forma localizada ofreciendo así una expulsión localizada de aire regulada por un termostato.

El suelo radiante eléctrico (Figura 3-6.) ya mencionado, es un ejemplo de calefacción eléctrica por radiación. Instalada bajo el pavimento de una edificación cuyo funcionamiento se controla con un termostato o sistema inteligente. Proporciona de esta forma una distribución del calor uniforme y a baja temperatura dando lugar a una sensación de confort única.



Figura 3-6. Instalación de un suelo radiante en una vivienda. Fuente [7]

Los radiadores de aceite o termoeléctricos, ejemplos de calefacción eléctrica directa son uno de los sistemas más antiguos, funcionado a través del calentamiento de un aceite térmico. Entre sus ventajas destaca su fácil instalación. Únicamente se necesita un enchufe para conectarlo a la red eléctrica. Una vez apagados, continúan emitiendo calor debido al aceite que incorporan y a la manera gradual en la que disminuye la temperatura.

La bomba de calor (Figura 3-7) es uno de los sistemas de calefacción eléctrica más revolucionarios. Su funcionamiento se basa en la termodinámica. Consiste en transportar energía en forma de calor de un ambiente (aire, agua o suelo) a otro. Este proceso se genera a través del cambio de gas a líquido de un fluido refrigerante por medio de la temperatura ambiente con ayuda de un compresor. Puede llegar a producir un ahorro del 70% respecto a un sistema de calentamiento tradicional.

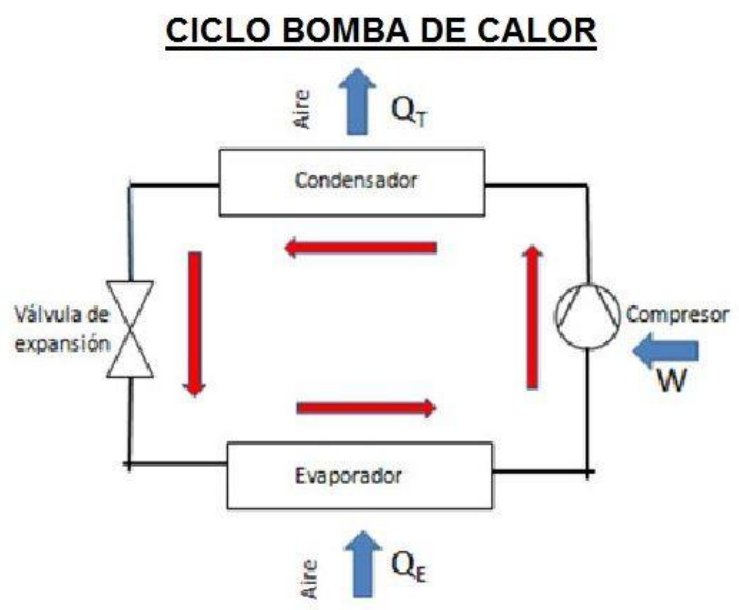


Figura 3-7. Ciclo de una bomba de calor. Fuente [8]

Realizando una comparativa de enfoque económico, se observa que la calefacción eléctrica es uno de los sistemas que más energía demanda por ello teniendo en cuenta el precio del kWh hace que su coste sea más elevado que el de calefacción con gas natural. A continuación, en la Tabla 3-2 se demuestra.

Número de ocupantes	Calefacción eléctrica (coste anual)	Calefacción de gas (coste anual)	Ahorro si se contrata gas natural (anual)
1 persona en vivienda de 50 m ²	856,75 €	448,96 €	407,79€
2 personas en vivienda de 80 m ²	1.208,06 €	605,08 €	602,98 €
4 personas en vivienda de 110 m ²	1.630,68 €	792,89 €	837,8 €
6 personas en vivienda de 150 m ²	2.146,63 €	1.022,18 €	1124, 45 €

Tabla 3-2. Comparativo económico entre tipos de calefacción. Fuente [4]

3.2.4 Energías renovables

La energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables a escala humana se denomina energía renovable. Entre las fundamentales destacan la energía hidráulica, solar térmica, biomasa, solar, eólica, geotérmica o mareomotriz. Las que presentan más relación con el ACS y la calefacción son las procedentes de la biomasa, la aerotermia y la energía solar que a continuación se mencionan.

La biomasa consiste en la materia orgánica de origen vegetal o animal susceptible de ser aprovechada energéticamente, uno de sus aprovechamientos consiste en la combustión de pellets de madera en una caldera automática de alto rendimiento para la producción de ACS y calefacción.

La aerotermia es la tecnología que utiliza la energía gratuita que se encuentra en el aire exterior para obtener calefacción, refrigeración y ACS con un bajo consumo, ya que la mayor parte de la energía se recupera del ambiente.

La energía solar térmica es obtenida directamente del sol y aprovecha a través de los captadores solares térmicos para la producción de ACS y apoyo a la calefacción.

Hoy en día las energías renovables representan un 20% del consumo mundial de electricidad, siendo el 90% de origen hidráulico (Figura 3-8). El resto lo constituye un 5% biomasa, un 1,5% geotérmica, un 0,5% eólica y 0,5% la solar. La mayoría de las aplicaciones a gran escala de la energía renovable se concentra en la producción de electricidad.



Figura 3-8. Central hidroeléctrica en Rusia. Fuente Denis Belevic

4 CUANTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA

Gracias a la monitorización se puede controlar el estado de un sistema, observar cualquier situación de cambio que aparezca, corregir los errores detectados o prevenirlos de cara al futuro. Dentro de los ámbitos que utilizan este concepto destacan los reseñados a continuación.

Para el correcto funcionamiento de una empresa los sistemas informáticos presentan una prioridad para el buen funcionamiento. La monitorización de estos sistemas les aporta la capacidad de responder en cualquier momento y situación. De esta forma se consigue aprovechar al máximo los recursos de la empresa, prevenir las incidencias, detectar problemas y sus orígenes o ahorrar costes y tiempo entre otras muchas ventajas.

El control es uno de los aspectos importantes en la conducta humana y juega un papel muy importante en la generación y mantenimiento de los problemas psicológicos. Puede influir en problemas como la ansiedad, la depresión o el dolor crónico. La habilidad para hacer que algo se comporte exactamente como se quiere, es el principal objetivo de la psicología, en este caso extrapolado al comportamiento humano. A través de la monitorización en este campo se puede asegurar que el proceder del ser está encaminado hacia un resultado final, evitando posibles desviaciones que pudieran presentarse.

El término medicina procedente del latín hace referencia a la ciencia que permite prevenir y curar las enfermedades del cuerpo humano. Dentro del ámbito de esta, la aparición de la monitorización supone uno de los cambios más importantes al tratarse en casos extremos de la capacidad de prevenir la pérdida de vidas humanas. Figura 4-1



Figura 4-1. Sala de operaciones en hospital. Fuente Ecured

La monitorización fetal antes del parto es uno de los avances más importantes en el mundo de la medicina. Consiste en una prueba prenatal indolora que se realiza para controlar el bienestar del bebé al final del embarazo mediante la monitorización gráfica del latido cardiaco del bebe y de la actividad uterina de la embarazada [9].

La monitorización de los cultivos pretende la mejor producción con la mejor calidad mediante una buena gestión de los recursos hídricos y nutricionales [10]. Al ser un sistema adaptado específicamente al mundo agrícola, presenta un funcionamiento y mantenimiento simple, fácil de instalar y con la posibilidad de configurarlo según las demandas de cada productor.

Como se puede observar la monitorización aparece en muchos de los campos existentes en la vida humana [11]. El estudio de este trabajo se relaciona con la monitorización de la energía térmica en una instalación en concreto basándose en la Ecuación 18.

La cantidad de calor tomada (o cedida) por un cuerpo es directamente proporcional a su masa y al aumento (o disminución) de temperatura que experimenta. La expresión matemática de esta relación es la ecuación calorimétrica.

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t$$

Ecuación 18. Ecuación calorimétrica

Donde Q representa el calor cedido o absorbido, m la masa del cuerpo y Δt el salto térmico. Q será positivo si la temperatura final es mayor que la inicial ($T_f > T_i$) y negativo en el caso contrario ($T_f < T_i$). La letra *ce* representa la constante de proporcionalidad correspondiente y su valor es característico del tipo de sustancia que constituye el cuerpo en cuestión. Dicha constante se denomina calor específico.

El calor específico de una sustancia equivale, por tanto, a una cantidad de calor por unidad de masa y de temperatura; o, en otros términos, es el calor que debe suministrarse a la unidad de masa de una sustancia dada para elevar su temperatura un grado. A continuación, se va a analizar la instrumentación necesaria para medir la temperatura y el caudal.

4.1 Instrumentación para medir temperatura

La temperatura de los cuerpos en un concepto que el hombre primitivo captó a través de sus sentidos. Si se tocan dos piedras iguales una calentada por el sol y otra a la sombra, se encuentran diferentes, pudiendo captar a través de nuestro tacto el concepto de temperatura, independientemente del movimiento o fragmentación de esa piedra. Con el diseño de herramientas se establecieron escalas para una valoración óptima de la temperatura.

La palabra instrumento al igual que herramienta, máquina o utensilio se utiliza para definir a un elemento que, al ser combinado con otras piezas, se usa en el ámbito de los oficios o las artes para determinados propósitos. En la realidad física la temperatura se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, siguiendo el principio cero de la termodinámica. Esto quiere decir que la temperatura es la cuantificación de la actividad molecular de la materia. Según el margen de temperaturas o la precisión exigida a estudiar se diferencia entre varios tipos de instrumentos.

4.1.1.1 Termómetros de mercurio

Capacidad de medición de -39°C (punto donde el mercurio se congela) a 358°C (punto de ebullición). Permiten una lectura directa y son portables. Para aplicaciones científicas no son precisos, pero son considerados los mejores para medir temperaturas corporales (Figura 4-2). Como inconveniente destaca su fragilidad y toxicidad.



Figura 4-2. Termómetros de mercurio. Fuente [12]

4.1.1.2 Termómetros de alcohol coloreado

Los termómetros de alcohol coloreado son capaces de medir temperaturas desde -112°C (congelación del etanol) hasta 78°C (punto de evaporación), cubriendo todas las que normalmente se encuentran en el entorno. Inventado por el científico René Antoine Ferchault de Réaumur. Consiste en el uso de un tubo capilar de diámetro diminuto y paredes muy gruesas con uno de sus extremos dilatado y bañado en alcohol, cuyas propiedades hacen subir o bajar la marcación a escala de la temperatura. Se utiliza principalmente para medir la temperatura del ambiente.



Figura 4-3. Termómetro de alcohol coloreado. Fuente [5]

4.1.1.3 Termómetros de gas

Capaces de medir temperatura desde los -27°C hasta los 1477°C , exacto y con un margen de aplicación muy amplio. Se utilizan para la graduación de otros termómetros. Se compone de una ampolla de gas y un manómetro medidor de presión. Su funcionamiento se basa en la colocación de la ampolla en el ambiente, ajustándose la columna de mercurio en conexión con la misma y proporcionando un volumen fijo a esta. La altura de la columna del mercurio indica la presión del gas y a partir de esta se podrá calcular la temperatura.

4.1.1.4 Termómetros de resistencia de platino

Son los más precisos en el rango de -259°C a 631°C , pudiéndose emplear para medir temperaturas de hasta 1127°C . Usa una espiral de alambre de platino y su reacción lenta a los cambios de temperatura para trabajar. Por eso se utiliza para medir temperaturas fijas. En la Figura 4-4 se observa el

revestimiento de vidrio en morado, la varilla de cerámica que lo envuelve, la espiral de alambre de platino y las guías.

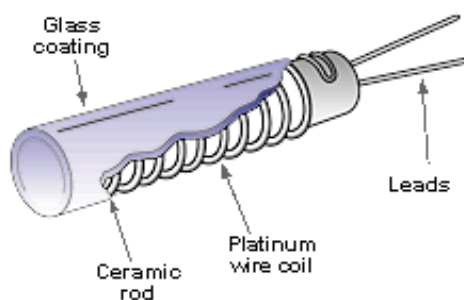


Figura 4-4. Termómetro de resistencia de platino. Fuente [13]

4.1.1.5 Par térmico o pila termoeléctrica

Presenta dos cables de distintos metales unidos produciendo un voltaje que varía en función de la temperatura de conexión. Debido a la amplia variedad de metales empleados, tiene un margen de -631°C a 1064°C , siendo capaz de responder rápidamente a los cambios de temperatura.



Figura 4-5. Termómetro de pila termoeléctrica. Fuente [14]

4.1.1.6 Termómetro de vidrio

Contienen un depósito de vidrio que alberga sustancias como el mercurio que al calentarse sube por el tubo capilar. Con un depósito o bulbo Realiza el mismo funcionamiento que los termómetros de alcohol (Figura 4-6)



Figura 4-6. Termómetro de vidrio. Fuente [15]

4.1.1.7 Termómetros bimetálicos

Los termómetros mecánicos bimetálicos (Figura 4-7) consisten en dos láminas enrolladas en una tira espiral metálica. A un lado la espiral está fijada y al otro se encuentra la aguja giratoria del termómetro.

El sistema bimetálico consta de dos metales como, por ejemplo, hierro y bronce, que se expanden a diferentes grados de calor. Esto hace que, ante un determinado aumento de temperatura el lado pasivo del bimetálico con menos coeficiente de dilatación se curve hacia afuera. Ante una disminución de la temperatura por el contrario el puntero gira en la dirección opuesta. La resistencia a la curvatura es en definitiva la que determina la temperatura que se puede leer en el termómetro.

Los termómetros bimetálicos se usan en diferentes ámbitos y situaciones. Se utilizan tanto en medios gaseosos como líquidos y son válidos para diferentes zonas. Por ejemplo, se emplean en la construcción de maquinaria, en depósitos, aparatos, tuberías o en instalaciones de Calefacción.



Figura 4-7. Termómetros bimetálicos. Elaboración propia

4.1.1.8 Termómetros de bulbo y capilar:

Consisten en un bulbo conectado por un capilar a una espiral como se observa en la Figura 4-8. Cuando la temperatura de bulbo cambia, el gas o el líquido se expanden y la espiral tiende a desenrollarse marcando con la aguja a escala la temperatura.



Figura 4-8. Termómetro de Bulbo y Capilar. Fuente [16]

4.1.1.9 Termómetros de Resistencia metálica:

En los termómetros de resistencia metálica el elemento de detección muestra un papel fundamental puesto que el rango de temperaturas a medir está en función de sus características. Normalmente, este elemento consiste en un arrollamiento de hilo muy fino bobinado entre capas de material aislante y

protegido con un revestimiento de vidrio de cerámica. Se utiliza comúnmente en el mundo de la pastelería.

4.1.1.10 Pirómetros:

Conocidos como pirómetros de radiación o pila termoeléctrica son utilizados cuando se pretenden medir temperaturas muy elevadas, superiores a los 1477°C siendo este el único capaz de hacerlo. Se basa en el calor y la radiación emitida por objetos muy calientes. Es utilizado para medir metales incandescentes en fundiciones o molinos de acero. [17]. Cuando la energía radiante es a la vez luminosa, como sucede con las flamas y los metales fundidos se utiliza un pirómetro óptico, cuyo principio se basa en la radiación de la resistencia de una fotocelda al variar la intensidad de la luz a la que está expuesta. Figura 4-9



Figura 4-9. Pirómetro. Fuente [18]

4.2 Instrumentación para medir flujo másico

Para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido, (el término m de la Ecuación 18) se utilizan los caudalímetros como instrumentos de medida. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros.

4.2.1 Caudalímetros de área Constante

Este tipo de caudalímetros se caracterizan por aprovechar el cambio entre el aumento de energía cinética y la consecuente disminución de la presión. Representan el 40% dentro de su mercado.

4.2.1.1 Diafragmas

Se trata de una placa de metal que se interpone en la tubería (Figura 4-10), presentando un agujero normalizado a través del cual se produce el salto de presiones. Presenta gran sensibilidad cuando se tratan de los flujos en aguas arriba debido a la existencia de una pérdida de presión muy marcada. Es el sistema más económico.

Aplica Bernoulli con la ecuación de la conservación de la masa entre ambos puntos entre los que se quiere medir el caudal, teniendo también en cuenta las pérdidas existentes (Ecuación 5) obtiene así el caudal teórico.

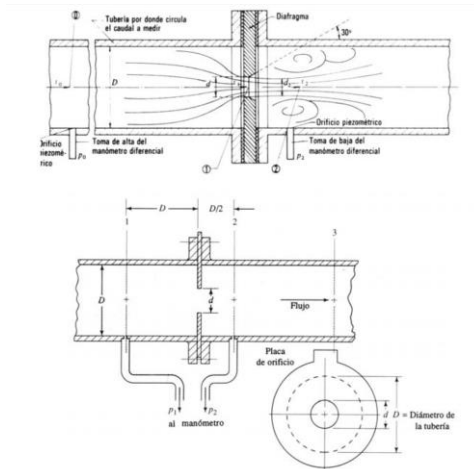


Figura 4-10. Disposición de un diafragma en una tubería. Fuente [19]

4.2.1.2 Toberas

EL principio de funcionamiento es idéntico al del diafragma, convirtiendo energía potencial en cinética, midiendo la depresión entre el flujo aguas arriba y el flujo en la tobera. Como se observa en la Figura 4-11 la toma de baja presión se sitúa en la parte baja. Experimentalmente, queda demostrado que la toma de presión en ese punto se asemeja a la presión existente en el centro de la tobera. La pérdida de presión es menos importante pero su coste es superior.

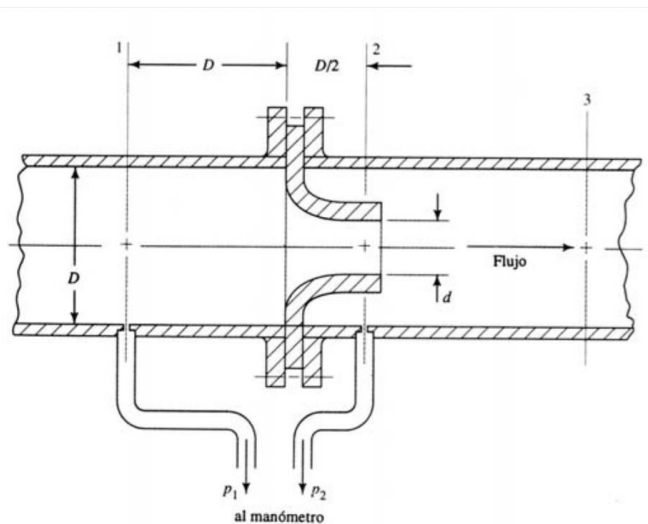


Figura 4-11. Disposición de una tobera. Fuente [19]

4.2.1.3 Tubo Venturi

Dispositivo inicialmente diseñado para medir la velocidad de un fluido aprovechando el efecto Venturi. Consiste en un tubo con un estrechamiento (Figura 4-12), de modo que las secciones antes y después del estrechamiento son A_1 y A_2 siendo A_1 mayor que A_2 . En cada parte del tubo existe un manómetro que indica las presiones P_1 y P_2 . Tiene la pérdida de presión más reducida, sin embargo, es el sistema más grande y de mayor coste. Cuando más larga sea la parte convergente, menores pérdidas tendrá.



Figura 4-12. Tubo Venturi. Fuente [20]

Una de las diferencias más importantes entre estos tres sistemas de mediciones es la caída de presión que introduce el sistema de medida en la tubería, siendo esta uno de los factores fundamentales a la hora de su elección. Siendo grande la caída de presión en el diafragma y la tobera, mientras que el Venturi introduce una caída mucho menor. Otros factores a tener en cuenta serán la economía, el tipo de flujo a medir o el diámetro de la tubería.

4.2.2 Caudalímetros de área variable

Los medidores de agua variable son sistemas en los que el flujo arrastra un flotador sometido a la fuerza de su peso propio hacia abajo y el empuje más el arrastre del propio fluido hacia arriba. Cuando se alcanza un equilibrio, conociendo el área se puede correlacionar la velocidad del fluido y la posición del flotador obteniendo el caudal que pasa.

Existe una gran variedad de modelos de rotámetros teniendo en cuenta el caudal, la naturaleza del fluido a medir y las condiciones de utilización entre otros. Se pueden dividir en Rotámetros de Purga, de indicación directa, armados con indicación magnética, neumática o eléctrica y de Bypass. Suelen ser aplicados a tuberías con diámetro menor de 100mm.



Figura 4-13. Medidor de caudal de área variable (rotámetro). Fuente [21]

4.2.3 Caudalímetros mecánicos

4.2.3.1 Turbinas

Los caudalímetros de Turbina van provistos de una hélice que realiza un giro cuando una corriente de líquido incide sobre su superficie.

El caudal que trasiega es proporcional a la velocidad de giro. Para determinarla, se emplea un captador que genera pulsos de manera que envía un pulso cada vez que un aspa de la hélice pasa sobre el captador (en el caso de turbinas de acero inoxidable y los de plástico de líquido corrosivos) y dos pulsos por cada vuelta de la hélice (en el caso de turbinas económicas). De esta forma se obtiene la frecuencia que permite determinar el caudal.

En cuanto a su precisión cabe reseñar que depende del modelo y del rango de medición, variando el error máximo entre el 0,1% y el 1,5%. Están pensados para medir líquidos limpios. Normalmente son fabricados de acero inoxidable, de diferentes plásticos o incluso de latón. Conviene instalarlos entre tramos rectos delante y detrás para conseguir mejor precisión.

4.2.3.2 Desplazamiento positivo

Se utilizan para medir directamente el volumen del fluido que pasa a través del mismo. Esto se consigue atrapando cantidades de fluido entre componentes rotativos encadenados dentro del mismo compartimento de alta precisión (Figura 4-14). Como el paso del caudal del fluido es la razón de movimiento, se puede afirmar que es directamente proporcional a la velocidad del rotor.

Una de las principales ventajas que ofrecen estos medidores es el alto nivel de exactitud que presentan debido a la precisión en la colocación de sus componentes internos. Otra ventaja es la capacidad que tienen de procesar fluidos de alta viscosidad, debido a su reducción de desviación. Al ser una tecnología que remonta sus principios de uso a hace casi sesenta años, aporta una gran fiabilidad. No precisa de un alto mantenimiento y como limitación destaca su poca efectividad con fluidos de partículas grandes sin haber sido previamente retiradas o fluidos que presentan grandes cantidades de aire en su interior.

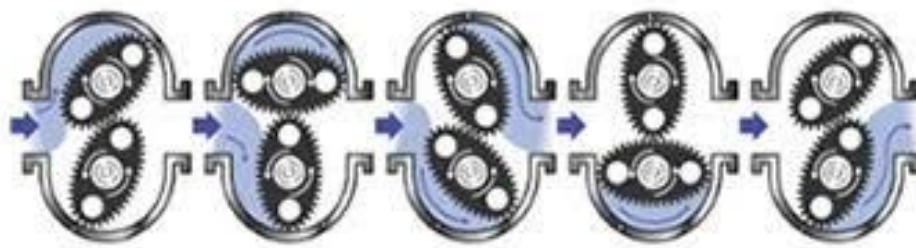


Figura 4-14. Desplazamiento positivo. Fuente [22]

4.2.4 Otros medidores de caudal volumétrico

Existen una gran variedad de dispositivos que sirven para medir el caudal. Entre ellos a continuación se citan los más extendidos y habituales.

4.2.4.1 Vortex

Cuando un fluido con número de Reynolds moderado o elevado con una cierta velocidad encuentra un cuerpo dentro de la tubería se producen unos remolinos que viajan por una corriente denominada Pista de remolinos Karman. A partir de estos remolinos aplicando Strouhal es capaz de saber el caudal.

La frecuencia de los remolinos es proporcional a la velocidad del flujo. Como líneas generales presentan diámetros entre DN15 y DN300 de acero inoxidable. Se utilizan para realizar mediciones de vapor, medición de consumo en quemadores, monitorización de calderas, control del caudal en compresores, para medición en sistemas de aire comprimido y para medición de gases industriales (Figura 4-15).



Figura 4-15. Caudalímetro Vortex. Fuente [23]

4.2.4.2 Electromagnéticos

Se basan en la ley de inducción electromagnética de Faraday, siendo el voltaje inducido entre dos puntos de un conductor. En este caso el fluido que se mueve perpendicularmente a las líneas del flujo de un campo magnético es proporcional a la velocidad del conductor. El caudalímetro es lo que mide es el voltaje entre ambos electrodos.

4.2.4.3 Ultrasonidos

Se puede contemplar uno en la Figura 4-16. Existen dos tipos, los medidores por tiempo de tránsito y los medidores por efecto Doppler.

Los medidores de ultrasonidos por tiempo de tránsito se basan en la velocidad de recepción de los ultrasonidos entre un emisor y un receptor. Los ultrasonidos viajarán más rápidamente en el sentido de avance del fluido. Midiendo el retraso entre los receptores se conoce la velocidad del mismo.

Los medidores de ultrasonidos por efecto Doppler se basan en el cambio de frecuencias de las ondas ultrasónicas debidas a la velocidad del medio por el que se propagan averiguando de esta forma la velocidad del fluido.



Figura 4-16. Caudalímetro de ultrasonido. Fuente [23]

4.2.4.4 Coriolis

Se basan en la fuerza de Coriolis que aparece en el fluido cuando pasa a través de un tubo, normalmente en forma de U, al cual se aplica una vibración muy controlada. Los tubos de medición están obligados a oscilar, produciendo de esta forma una onda senoidal. A caudal cero, los dos tubos vibran en fase entre sí. Cuando el caudal es introducido, las fuerzas Coriolis ocasionan que los tubos se tuerzan creando un desplazamiento de fase. Se mide la diferencia en tiempo entre las ondas, que es directamente proporcional al caudal másico (Figura 4-17).

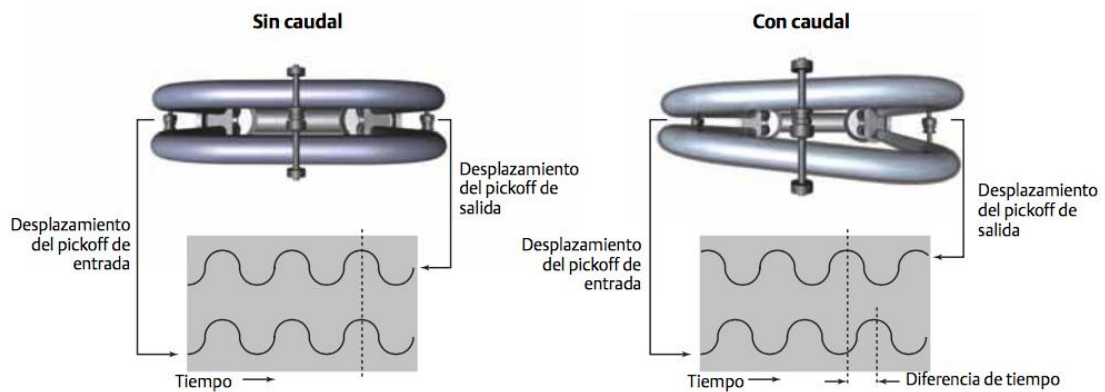


Figura 4-17. Funcionamiento Coriolis. Fuente [24]

Como ventajas presenta la capacidad de conseguir la mejor adaptación para su medición de caudal con una amplia gama de diseños, sus prestaciones para utilizarse en aplicaciones sanitarias reguladas estrictamente y su plataforma escalable aplicable en higiene, criogenia y altas presiones.

4.3 Contadores de energía térmica

Un contador de energía térmica consta siempre de tres componentes: un sensor de flujo, un par de sensores de temperatura y un calculador. El flujo de agua que circula por el circuito de calefacción se registra con un sensor de flujo, existiendo sensores de chorro hasta tecnología de ultrasonidos.

Con los sensores de temperatura se registra la diferencia de temperatura entre la ida y el retorno de la instalación de calefacción que se necesita para calcular la energía térmica. Suelen ser sondas de platino sumamente precisas.

A partir de las informaciones de temperatura y volumen, así como del coeficiente térmico correspondiente (factor k), el calculador electrónico calcula la cantidad de calor consumida. En adición, el calculador muestra los valores actuales de potencia térmica, flujo, temperatura de ida y de retorno y la diferencia. Están los contadores compactos y los modulares (Figura 4-18).

En los contadores de energía térmica compactos, los tres componentes vienen integrados de fábrica. El aparato se calibra a modo de unidad y debe sustituirse íntegramente al realizar el cambio de calibración. Este tipo de aparato ofrece una relación calidad-precio óptima.

Se habla de contadores de energía térmica modulares cuando los tres componentes están calibrados por separado o con declaración de conformidad y el usuario puede unirlos para formar un contador de energía térmica. Cada uno de los componentes se puede sustituir por separado.



Figura 4-18. Contador compacto (izquierda) y modular (derecha). Fuente [25]

5 DESARROLLO

La implementación de un sistema de monitorización para desagregar el porcentaje de energía destinado a satisfacer las necesidades de ACS y el destinado a calefacción plantea una serie de condicionantes (denominadas C1, C2, C3 y C4) que deben ser tenidos en cuenta y que se describen a continuación, ya que determinan las características de la solución de monitorización finalmente propuesta.

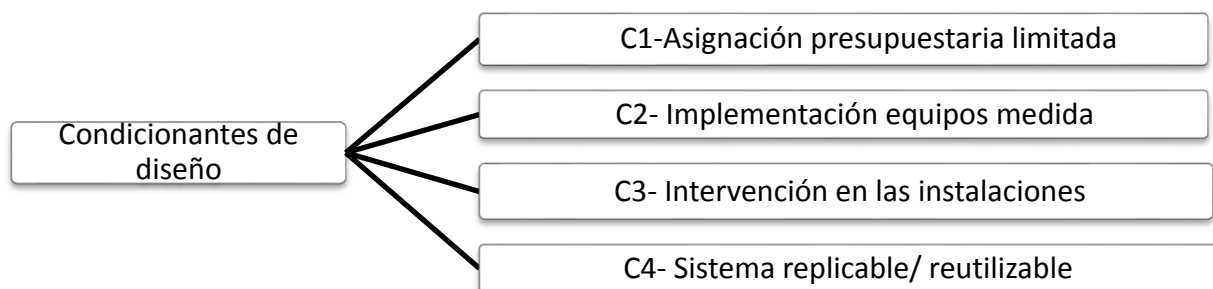


Figura 5-1. Condicionantes de diseño. Elaboración propia

- **C1-Asignación presupuestaria del TFG**

Constituye un factor limitante clave, ya que algunos de los sistemas de monitorización comerciales existentes que podrían ser adecuados para los fines de este trabajo no pueden ser implementados.

- **C2-Implementación equipos de medida**

El sistema de medida debe poder ser implementado en tiempo y forma durante el proceso de realización de este trabajo, de modo que se pueda realizar la adquisición de datos durante el mayor periodo de tiempo posible. Serán descartados equipos cuya adquisición/ disponibilidad no se ajuste a los límites temporales de este trabajo.

- **C3-Limitaciones de intervención en la instalación existente**

Se ha considerado como criterio de diseño la utilización de un método de diseño del sistema de monitorización preferiblemente no intrusivo, de modo que se eviten costes asociados a la mano de obra y periodos de inactividad de las instalaciones existentes.

- **C4-Sistema de monitorización replicable/ reutilizable**

El ámbito de desarrollo de los TFG y la posibilidad de reinvertir el material de medición/ monitorización constituye un factor clave. Es indudable el valor añadido que supone que el material utilizado pueda ser reutilizado en futuros trabajos.

5.1 Flujograma de desarrollo del TFG

La Figura 5-2 refleja un flujograma con las acciones que se llevan a cabo durante el trabajo con el fin de encontrar una solución acorde a los Objetivos propuestos.

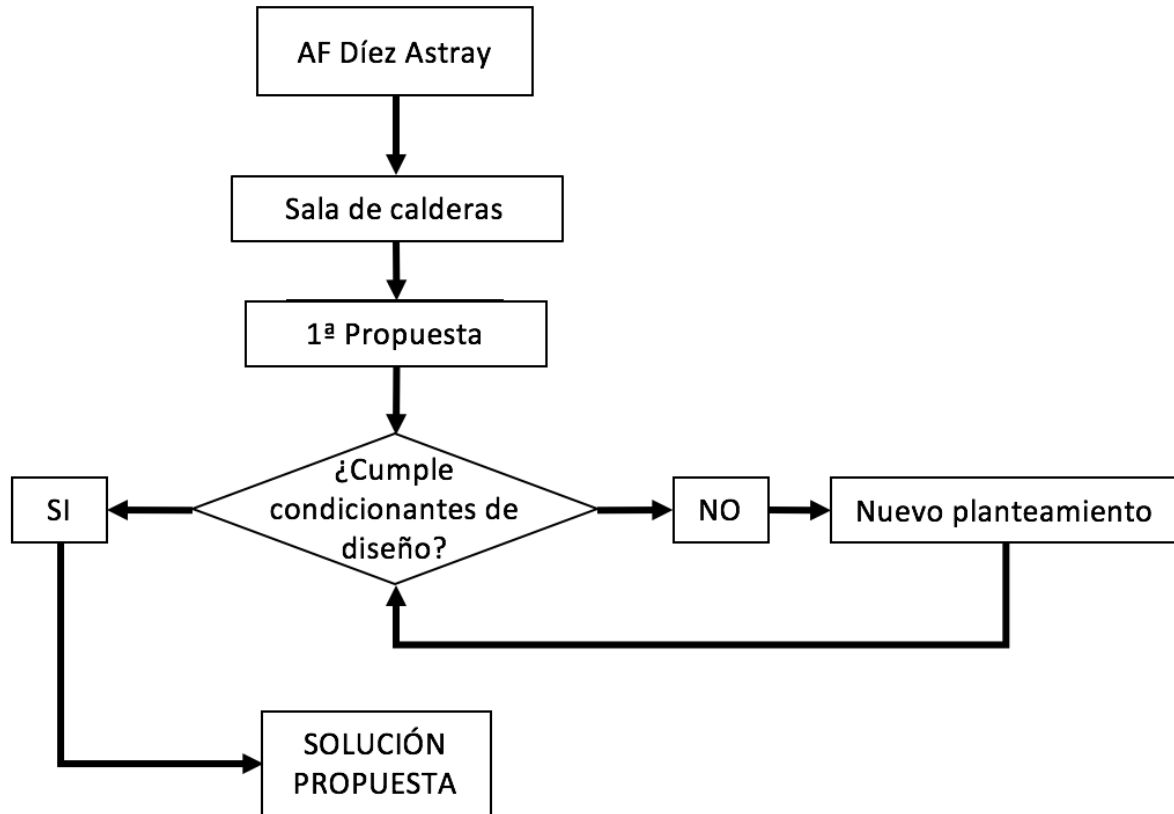


Figura 5-2. Desarrollo del trabajo. Elaboración propia

Como se observa, si un planteamiento no cumple alguno de los condicionantes de diseño se debe replantear hasta que esto no ocurra.

5.2 Descripción de la instalación térmica

Se trata de una instalación térmica que responde a una tipología ampliamente utilizada basada en calderas de baja temperatura (con gas natural como combustible), de las que se obtiene agua caliente para satisfacer las necesidades de ACS y calefacción. Está ubicada en la fachada oeste del cuartel.

Debido a que el uso de las instalaciones se centra en el período académico (septiembre-mayo) y las condiciones climáticas correspondientes a su ubicación (Marín, Pontevedra), no es necesario tener en cuenta las necesidades de refrigeración.

La Figura 5-3 muestra un esquema básico de la instalación. Los conductos que tienen las flechas azules apuntando hacia abajo transportan el agua que proporcionan las calderas, llegando a un colector conectado de izquierda a derecha que, a su vez, presenta tres salidas marcadas con flechas azules señalando hacia arriba. Los dos conductos situados a la izquierda se utilizan para los circuitos de calefacción, mientras que el de la derecha del todo, destinado al ACS, irá directo a los intercambiadores de calor.

Este sistema consta de dos calderas de gas con sus correspondientes quemadores (Q1, Q2) y dos circuitos de agua como fluido caloportador, que se describen a continuación:

- Circuito de ACS: consta de dos intercambiadores de calor (INT1, INT2) y dos acumuladores de agua caliente, de modo que se pueda satisfacer la demanda máxima en los periodos de máximo uso de duchas. Su uso es durante todo el año.
 Para la producción de ACS se parte del circuito de agua caliente procedente de las calderas de gas que a través de los dos intercambiadores calienta el agua fría. El agua calentada se dispondrá o bien de forma directa con ayuda de una bomba impulsadora a los puntos de demanda o bien se almacenará en los dos acumuladores conectados entre sí a la espera de ser demandada de la misma manera. En caso de enfriarse dentro de los mismos, estando la temperatura cinco grados por debajo de la temperatura de consigna se realizará un proceso de recirculación por los intercambiadores para mantenerla caliente. El uso de los intercambiadores es casi interrumpido debido a su gran demanda y a la recirculación.
- Circuitos de calefacción: zona norte y zona sur. Utilización desde finales de octubre a comienzos de mayo. De los dos circuitos destinados a calefacción, el que se sitúa más a la izquierda servirá para la zona norte del cuartel y el que está a su derecha para la zona sur.

En el caso de la calefacción, existen dos circuitos destinados uno para la zona Norte y otro para la zona Sur (como se aprecia en la Figura 5-4) que transportarán el agua hasta los radiadores situados en las camaretas, estudios, baños y zonas comunes del cuartel. Ambos circuitos destinados a la calefacción funcionan de la misma forma. Llevan implantados una válvula motorizada de tres vías, con la posibilidad de cerrar el circuito y que el agua vuelva al retorno directamente o bien de abrirlo y permitir el paso del fluido para que transcurra por los circuitos del cuartel en función del horario programado elegido. Actualmente se trabaja en horario de invierno que conlleva un uso de cinco a siete de la mañana y de cinco de la tarde a doce de la noche.

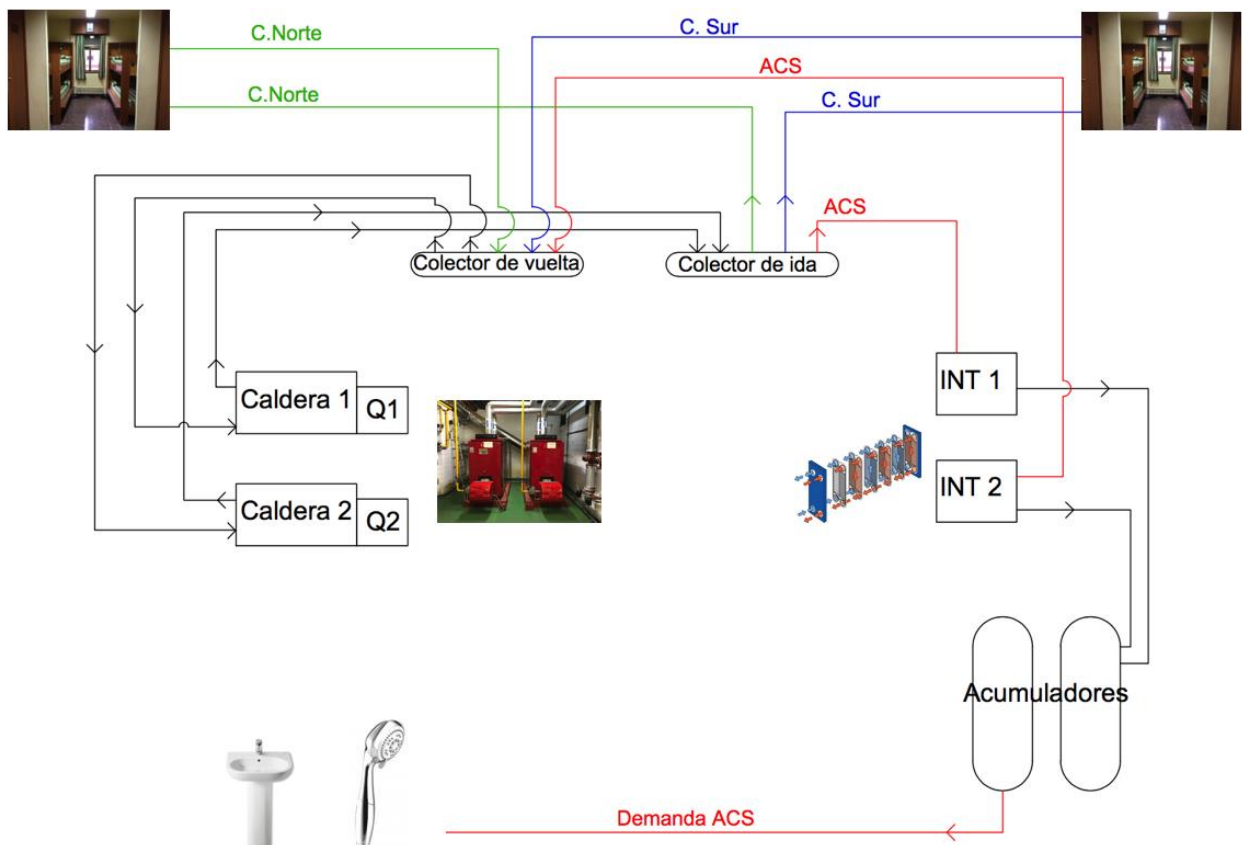


Figura 5-3. Esquema general de la caldera. Elaboración propia

Ambas calderas se encuentran operadas mediante una centralita de control que mandará el encendido o el apagado de las mismas en función de la demanda existente, con la posibilidad de funcionar una sola o ambas a la vez.



Figura 5-4. Circuitos de calefacción y ACS. Elaboración propia

5.2.1 Elementos de la instalación

A continuación, se describen los principales dispositivos de los que se compone la instalación.

5.2.1.1 Grupo generador

En la Figura 5-5 se pueden observar las dos calderas de gas Roca BT 450 de las que consta este sistema fabricadas en 2003. Como caldera, su principal misión es calentar el agua que circula por un circuito cerrado. Al ser una caldera de gas, la energía calorífica viene generada por la combustión de un combustible gaseoso como es el gas natural procedente de los quemadores. La caldera recibe un caudal de agua a través de la bomba de circulación que calienta a partir del calor de la combustión y distribuye con posterioridad por el edificio.



Figura 5-5. Calderas Roca BT 450. Elaboración propia

El modelo es la caldera BT 450 distribuida por la Compañía Roca Radiadores de Barcelona en el año 2003. Esta caldera es generadora de calor presurizado de combustión con inversión de llama de rendimiento útil superior al 91%. La chapa de acero es el material base utilizado para su fabricación.

Este material junto con las soldaduras y la forma constructiva está de acuerdo con las normas existentes en la CE.

Cabe destacar que todas las puertas están dotadas de aislamiento cerámico para disminuir las pérdidas. En la parte superior de la estructura se sitúan las conexiones de ida y retorno como se observa en la Figura 5-5, con la dirección de los flujos marcada por las flechas azules. Los turbuladores son de acero inoxidable. A su vez, están formados por dos cuerpos superpuestos entre sí, la cámara de combustión y el haz tubular por el que pasan los humos de la reacción.

Entre las principales características de la caldera destacan su capacidad de trabajo a bajas temperaturas en el agua sin generar condensación (pudiendo trabajar a temperaturas de retorno del gas a 35°C) y su adaptable estructura estrecha aportando un acceso cómodo a las salas dispuestas.

Su caudal específico máximo es de 580 kW y su caudal específico mínimo es de 406 kW. La presión de servicio a la que trabaja es de 5 bares. Con una temperatura máxima de 100°C y una alimentación eléctrica de 230V-50Hz.

En función del Grupo Térmico y la altura a la hora de la expulsión de humos se dispondrá de un cierto diámetro según la gráfica proporcionada [26]. En este caso al tratarse de una BT 450 y una altura h de 20 metros, se calcula un diámetro de 37 cm.

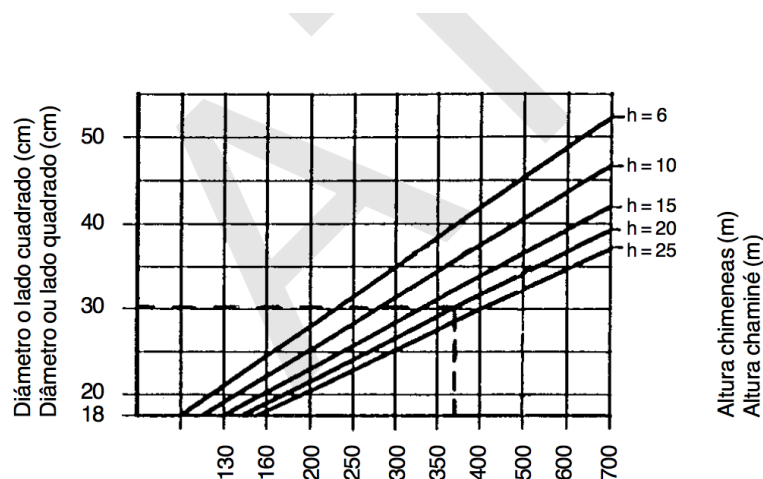


Figura 5-6. Relación diámetro-BT y altura. Fuente [7]

La empresa Jocar Vigo es la encargada del mantenimiento de la instalación. Realizan mediciones temporales para verificar el funcionamiento correcto de las mismas y evitar posibles fugas o emisiones de productos derivados de la combustión que puedan afectar a la salud de las personas.

5.2.1.2 Quemador

Los quemadores utilizados para la quema de gas y producción de calor mediante la llama son de diseño italiano, modelo TECNO 50-GM, de la compañía ROCA. Como se puede observar en la Figura 5-7, presentan unas dimensiones de 476x474x797 mm, un peso de 41Kg y una emisión sonora de 72 dB. Entre sus características principales destacan su potencia máxima de 290-580 kW y mínima de 85 kW, capacidad para combustible G20 o G25, un poder calorífico inferior de 10 kWh/Nm³, una densidad absoluta de 0,71kg/Nm³, un caudal máximo de 58 Nm³/h con una presión máxima de 7,2 mbar. Demanda una alimentación eléctrica de 230V/50 Hz.



Figura 5-7. Quemadores TECNO 50-GM. Elaboración propia

5.2.1.3 Intercambiadores de calor

Estos dispositivos están diseñados para tomar calor de un medio y transferirlo a otro. Su misión principal consiste en transmitir energía térmica al circuito de ACS a partir del agua previamente calentada por la caldera sin que exista contacto entre fluidos. Este procedimiento se lleva a cabo entre las placas creando una corriente alternando los fluidos a diferentes temperaturas para aportar el máximo intercambio energético.

En esta instalación se utilizan dos intercambiadores de calor de placas fabricados en el año 2006, tipo M3 FM. La presión de diseño es de 10 bares y la temperatura mínima y máxima es de 110/150 °C respectivamente. Se encuentran situados uno encima de otro espacialmente, sobre unos soportes de acero transversales por medio de unos tornillos.



Figura 5-8. Intercambiadores de calor de placa. Elaboración propia

Con respecto a su funcionamiento cabe reseñar que se encuentran activos prácticamente todo el tiempo, independientemente de la demanda de los usuarios, aportando la temperatura demanda al circuito de ACS.

5.2.1.4 Acumuladores

Normalmente las horas en que se produce la demanda de ACS por parte de los usuarios en el cuartel se centran en periodos temporales entorno a determinadas actividades (ducha matutina, deporte, actividades vespertinas fundamentalmente). Es preciso pues disponer de

algún elemento que almacene agua caliente de tal forma que acumulando la que se produce en las horas en que no hay consumo pueda suministrar la que se demanda en las horas punta. Para ello este sistema dispone de unos depósitos de agua acumuladores.

La relación entre el consumo, acumulación y producción de agua caliente es un dato muy específico de cada instalación, precisando los períodos de tiempo en los que se suelen consumir las cantidades previstas de ACS. En esta instalación existen dos depósitos acumuladores de 3000 litros cada uno (Figura 5-9), posicionados verticalmente con respecto al suelo. Se encuentran fabricados de acero inoxidable AISI 316L, con una capa de vinilo como aislante de capa exterior y una funda de manta que los envuelve con una plastificación alrededor. Cuentan con elementos auxiliares como manómetros, termómetros, termostatos, válvulas de seguridad y protección catódica (magnesio).

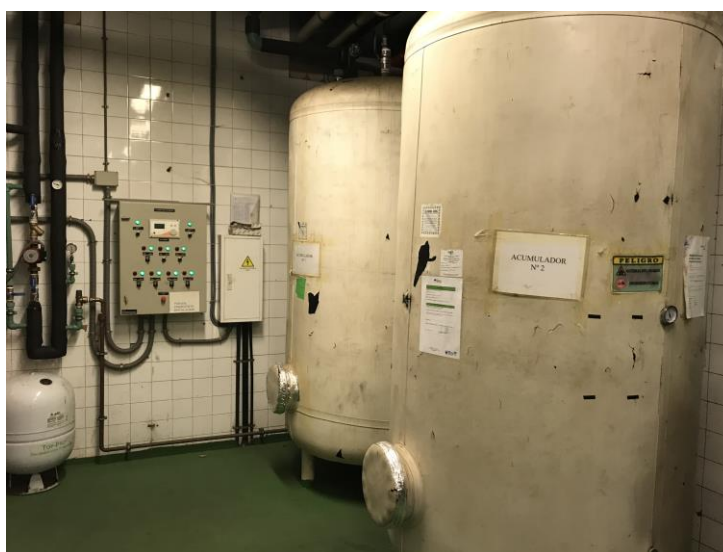


Figura 5-9. Acumuladores en la sala de calderas. Elaboración propia

5.2.1.5 Control de la Legionelosis en el sistema.

Según la ley para los circuitos de ACS todos los circuitos deberán de ser capaces de mantener una temperatura de 60°C durante más de 20 minutos para que la bacteria se incapaz de sobrevivir. Se siguen los criterios establecidos higiénico-sanitarios para la prevención y control de legionelisis publicados en el BOE 865/2003.

Para realizar tratamientos de desinfección por choque térmico es necesario elevar la temperatura hasta los 70°C. Estos acumuladores pasan una revisión cada 6 meses, por parte de la empresa Agronerga S.L. habiendo realizado la última el 18/09/2017 con una limpieza y desinfección de los dos acumuladores ACS, circuitos ACS, red de ACS, redes de distribución y difusores finales para tratamiento contra Legionella.

5.2.1.6 Centralita de control

En todo el sistema existe integrado un control de válvulas motorizadas de tres vías, termostatos y funciones preprogramadas entre otros instrumentos que permiten actuar y controlar su correcto funcionamiento en base a lo que se programe. Por ejemplo, para este sistema se puede programar el horario de trabajo de verano o de invierno con respecto a la calefacción. En el caso de los acumuladores, cuando el agua baja cinco grados de la temperatura consigna la centralita recibe esa información y activa el modo recirculación para volver a calentarla.



Figura 5-10. Cuadro de control de instalaciones térmicas Fco Moreno. Elaboración propia

En adición, al estar conectada a un termostato exterior que mide la temperatura ambiental tiene la posibilidad de encender las calderas en caso de que esta disminuya bruscamente y baje de un valor fijado. La forma de regular la calefacción en las distintas estancias se realiza a través de una válvula de cinco posiciones existente en todos los radiadores.

5.3 Elección de instrumentación para la toma de datos

5.3.1 Situación de partida

La instalación dispone de dos contadores de energía térmica (kWh) que utiliza la compañía de suministro de combustible (gasNatural fenosa) para facturación (en rojo en la Figura 5-11).

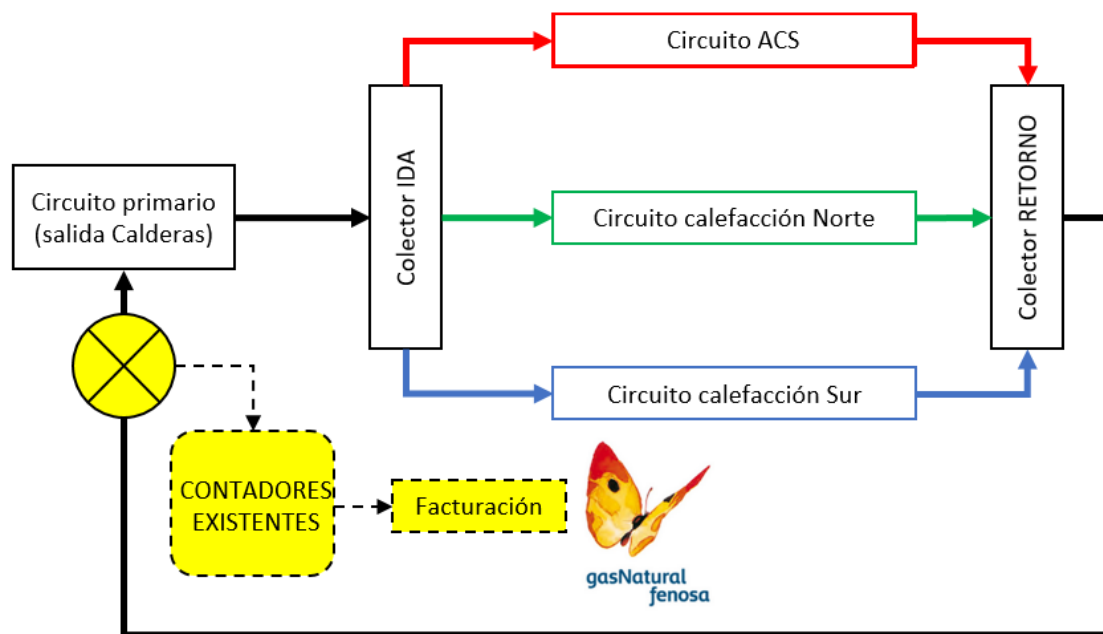


Figura 5-11. Esquema instalación con CONTADORES gasNatural fenosa. Elaboración propia

En particular estos contadores (Figura 5-13) utilizan dos caudalímetros Ista 25M3/H (Figura 5-12) y unas sondas de temperatura, una introducida en la tubería de salida de la caldera para registrar la temperatura de ida del fluido en ese punto y otra en el retorno del sistema justo encima de los caudalímetros para, en este caso, captar la temperatura de regreso del fluido. De esta manera se consigue el salto térmico generado en la aportación de calor empleándose de base para el cálculo de consumo de calorías reflejado en los medidores (Figura 5-13).



Figura 5-12. Caudalímetros. Elaboración propia

Contemplada la ventaja de conocer el consumo total se puede obviar la necesidad de realizar el cálculo a partir de los m^3 de gas natural reflejados por el contador de gas y los rendimientos de las calderas entre otros factores. De esta forma, al conocer uno de los tres miembros de la igualdad (Figura 5-14), existen dos formas de obtener los datos objetivos. Bien conociendo el consumo de calefacción o bien conociendo el consumo ACS.



Figura 5-13. Contadores de la instalación. Elaboración propia

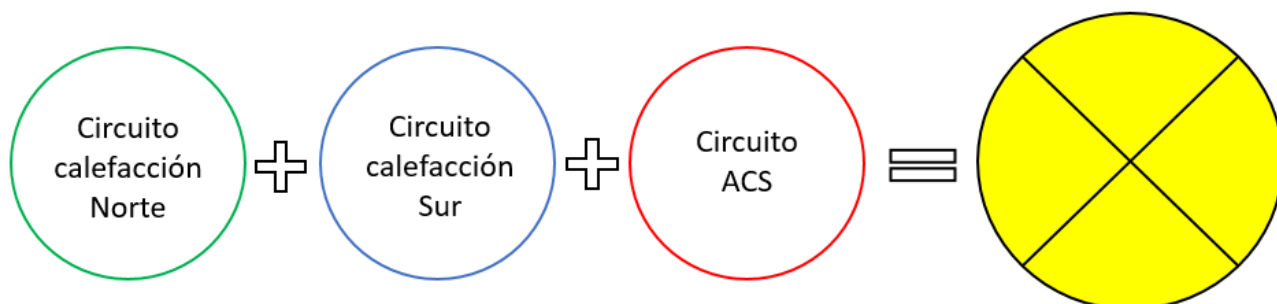


Figura 5-14. Relación consumos. Elaboración propia

En primer lugar, se plantea el estudio de la monitorización del consumo de ACS en la instalación puesto que en un principio parece la forma más sencilla, dado que es un único circuito y se encuentra en continuo funcionamiento. Será preciso cuantificar caudal y salto térmico. A partir de este dato, por diferencia con los consumos totales se obtendrá el consumo destinado a calefacción. El condicionante económico juega un papel fundamental en este trabajo, de modo que se plantean soluciones lo más simples posible, teniendo en cuenta las condiciones de partida que se han planteado.

5.3.2 Primera propuesta

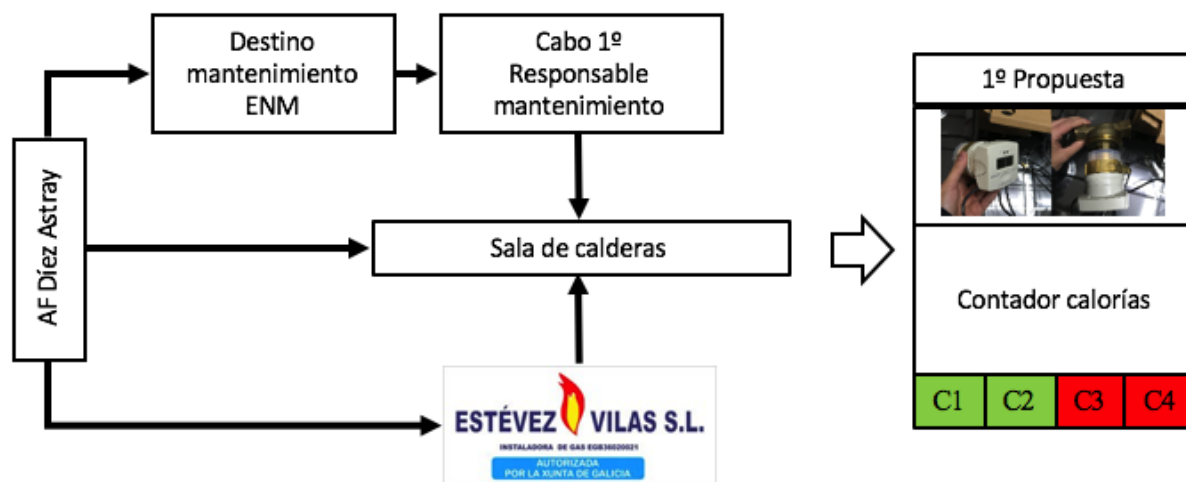


Figura 5-15. Desarrollo 1º Propuesta. Elaboración propia

Con los condicionamientos en mente la primera idea sólida que se maneja se relaciona con el montaje de dos contadores en los intercambiadores de calor del circuito de ACS. Tras barajar diferentes alternativas de empresas instaladoras, se elige a la empresa Butano y Propano Estévez Vilas SL, situada en Cangas de Morrazo para la visita a las instalaciones y valoración de implementación en tiempo y forma de posibles propuestas. (Anexo I: Presupuesto primera propuesta (contadoresButano y Propano Estevez Vilas SL).

Cabe reseñar que en un principio no sería necesaria la mano de obra para la instalación de los contadores puesto que existe la capacidad de instalarlos por el personal en el destino de mantenimiento de la ENM, evitando así gastos innecesarios en mano de obra.

La instalación conlleva una manipulación con respecto a los intercambiadores de calor, sujetos por un soporte metálico de acero con barras transversales como se muestra en la Figura 5-16 así como por las propias tuberías de entrada y salida de agua caliente y fría Figura 5-17.



Figura 5-16. Sujeción de los intercambiadores. Elaboración propia

La forma más sencilla para realizar la medición requiere de un espacio de una longitud de trece centímetros suficientemente ancho como para introducir el medidor entre las tuberías y los intercambiadores. Por ello, es necesario un desplazamiento de estos hacia la izquierda.

Se trata de una operación sencilla y viable. El soporte metálico se encuentra anclado por medio de cuatro tornillos verticalmente a la pared, y a su vez sujetado a los intercambiadores por medio de cuatro barras transversales y una serie de tuercas y tornillos. A la izquierda de la base del soporte en posición original se sitúan unos tubos de vaciado que no suponen problema alguno para el desplazamiento.



Figura 5-17. Entradas y salidas en los intercambiadores. Elaboración propia

Tras el movimiento de la sujeción es necesaria la instalación de un contador para cada intercambiador de calor sin llevar a cabo una modificación de importancia, teniendo en cuenta que se realiza una operación parecida al menos una vez al año para una limpieza general con el objetivo de mantener su efectividad por la empresa responsable Jocar Vigo.

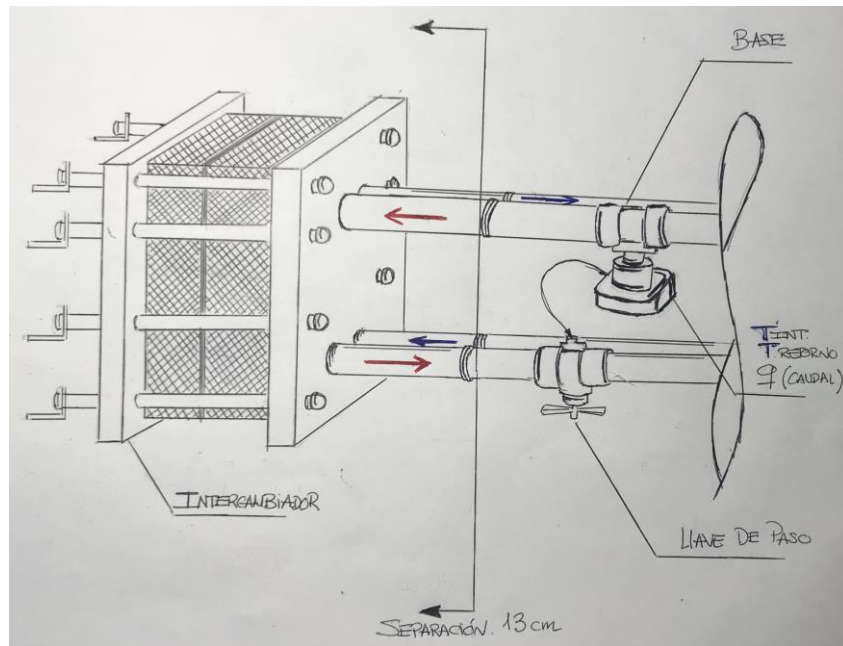


Figura 5-18. Representación gráfica 1ª Propuesta. Colaboración AF Carvajal

Una vez movido el soporte, se introducen los contadores. Los contadores de calorías ISTA sensonic II integran una unidad de cálculo, un contador volumétrico y sensores de temperatura [27]. Se le llama base (Figura 5-19) a la pieza que se coloca en la entrada de agua caliente. En ella, un contador de turbina volumétrico de chorro múltiple registra electrónicamente el giro de la turbina para datificar la cantidad de agua que circula en función del tiempo. A su vez, una sonda obtiene la temperatura a la que circula el agua. Con una llave de paso (Figura 5-19) situada en la salida del agua caliente dispone de otra sonda de temperatura de manera que se consigue el salto térmico. La información se almacena en un sistema electrónico que a través de un monitor se muestra en pantalla (Figura 5-20). Los vendedores los califican como sencillo de montar, sustituible sin problemas, flexible en su aplicación y fiable en cuanto a su medición. Presenta una estabilidad de medición muy elevada a lo largo de toda su duración de vida.



Figura 5-19. Base (izquierda) y Llave de paso (derecha). Elaboración propia

Entrando en detalle para llevar a cabo esta instalación la primera acción a tomar será el cierre temporal de las vías de entrada y salida de agua caliente y fría. Más adelante, se sueltan las cuatro tuercas unión que unen las tuberías de entrada y salida del agua. Al estar estas sueltas, actuando en la tubería de entrada de agua caliente se desenrosca el machón con la contratuerca, creando así un espacio de trece centímetros, necesario para introducir la base del contador de calorías. El macho se vuelve a enroscar en la salida de la base volviendo a conectar todas las piezas, a falta de apretar las tuercas unión. El mismo

procedimiento es aplicado para la inserción de la llave de paso con entrada de temperatura a la salida de agua caliente.

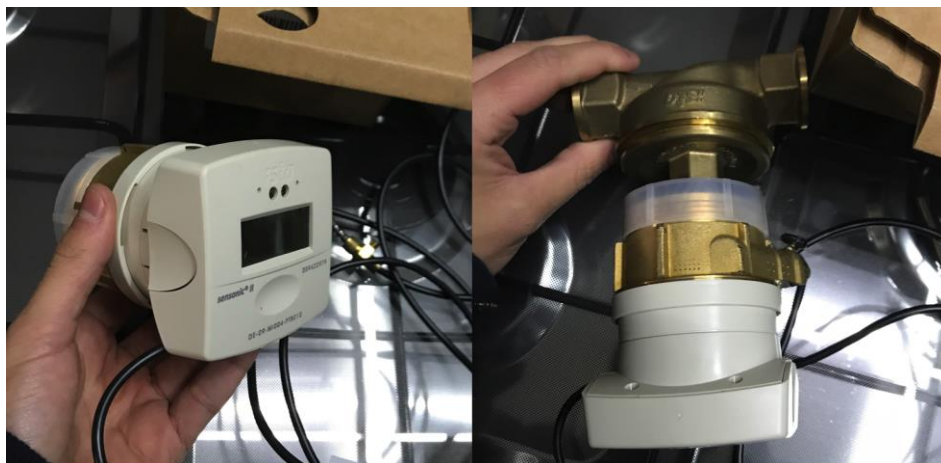


Figura 5-20. Monitor (izquierda) y Montaje (derecha). Elaboración propia

Una vez realizadas ambas acciones, es necesario rellenar el espacio existente en las tuberías de agua fría por medio de unas alargaderas de latón o policloruro de vinilo de iguales dimensiones y misma longitud que la base.

A partir de aquí, con los dispositivos instalados, se puede conocer la cantidad de calorías que se destinan del porcentaje total a la producción de ACS y en consecuencia la cantidad dedicada a calefacción.

Siendo esta solución posible, simple y válida para los objetivos propuestos en este trabajo pero incumpliendo dos de los condicionantes básicos (evitar intervención en la instalación y no ser replicable) se descarta y se pasa la siguiente fase del trabajo, siguiendo el algoritmo explicado en la Figura 5-2.

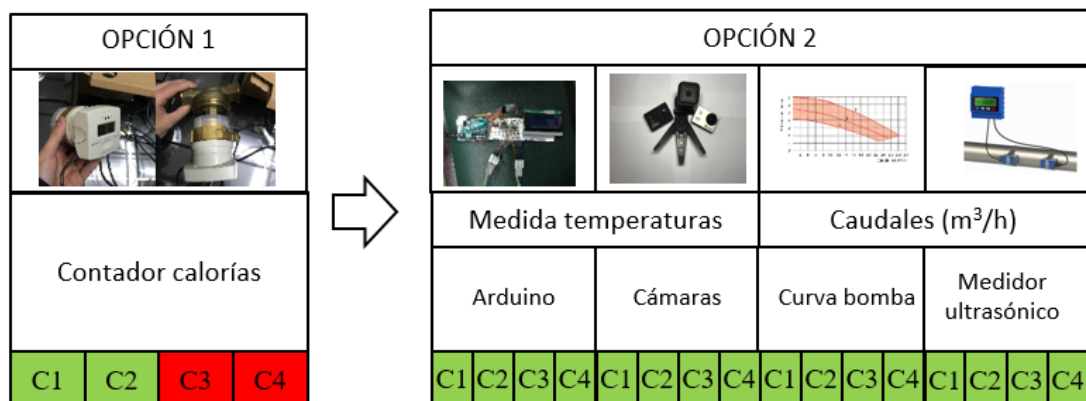
6 RESULTADOS

6.1 Solución técnica final: Segunda propuesta

Teniendo en cuenta lo explicado en el apartado 5.3.2 y de acuerdo a lo esquematizado en la Figura 6-1, se aborda el problema de la monitorización una vez más, y se estudian alternativas de cuantificación de energía mediante el conocimiento del caudal y el salto térmico en el circuito de ACS.

A partir de aquí, se desecha la utilización de contadores y se opta por el empleo de caudalímetros u otros sistemas de medida de caudal y la medida de temperaturas en dicho circuito.

Se mantiene la idea principal del estudio del circuito de ACS debido a su simplicidad con respecto a las otras opciones.



C1	Ajuste al presupuesto disponible
C2	Posibilidad de implementación en tiempo y forma
C3	Sin intervención en las instalaciones
C4	Sistema replicable/ reutilizable

Figura 6-1. Búsqueda de segunda opción. Elaboración propia

Como se observa en la Figura 6-2 tras la unión de los circuitos procedentes de las dos calderas en el colector, el agua se distribuye en tres vías señalizadas en la imagen por flechas azules en dirección hacia arriba. La de la izquierda está destinada a la calefacción de la zona norte del cuartel, la del medio a la calefacción de la zona sur y la de la derecha al circuito para ACS.



Figura 6-2. C. Norte, C. Sur y ACS. Elaboración propia

6.1.1.1 Determinación del caudal

En primer lugar, es necesario conocer el flujo de agua que transcurre por el sistema primario de ACS. Para ello se tienen en cuenta las bombas que se utilizan en los sistemas en concordancia a lo explicado con anterioridad en el apartado Circuladores o bombas. En esta instalación existen varias bombas MC-65, trabajando esencialmente en dos modos de funcionamiento, el dos y el tres. El modo 2 es utilizado por las bombas de los circuitos de aporte de agua al colector desde las calderas como se muestra en la Figura 6-2 con flechas azules direccionadas hacia abajo y el modo 3, es utilizado por las bombas de distribución para la Calefacción Norte, para la Sur y para el ACS. Como se puede observar en la Figura 6-3. Dependiendo del modo en el que se encuentre la bomba tendrá unas características de funcionamiento diferentes.

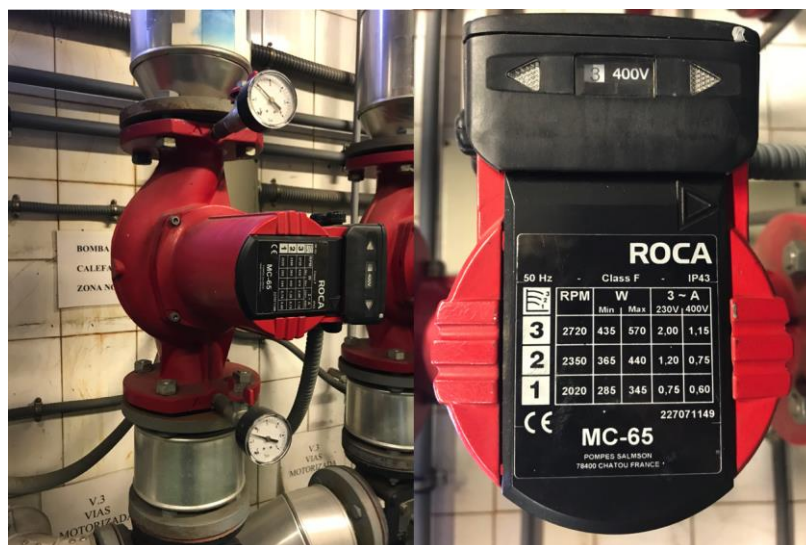


Figura 6-3. Funcionamiento bomba MC-65. Elaboración propia

En las entradas y salidas de las bombas se sitúan unos manómetros hidráulicos fabricados por VKtech de montaje 2.3 pulgadas, con capacidad de medida de hasta 6 bares, precisión decimal de 0.2, un peso de 90 gramos, unas dimensiones de 82x62x22 mm y una pantalla analógica que aporta información sobre la presión a la que se encuentra el agua cuando entra y la que experimenta cuando sale.

De esta manera, conociendo la diferencia de presión que existe entre ambos puntos en m.c.a. y el modo de funcionamiento en el que se encuentra la bomba se puede conocer el caudal con las curvas características Figura 6-4) en m^3/h . Al tratarse de un circuito cerrado en continuo funcionamiento, el circuito de ACS primario tiene un caudal constante, siendo la diferencia de temperaturas lo que marca el consumo.

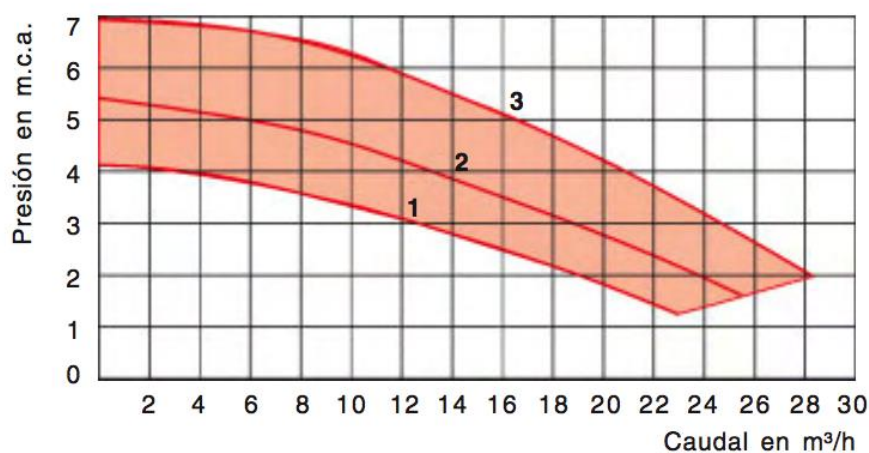


Figura 6-4. Curva característica para la bomba Roca MC65. Fuente [25]

Los cálculos se llevan a cabo con el caudal de las curvas características de la bomba, aunque este método no es el único que se va a utilizar. El segundo método para medir el flujo másico que existe en el circuito primario de ACS contempla la adquisición de un medidor de flujo ultrasónico.

Los medidores de flujo ultrasónicos utilizan una señal de sonido que viaja desde un sensor emisor a otro que recibe la señal y la envía de vuelta. El tiempo de tránsito entre la señal enviada es comparada con el tiempo de tránsito de la señal recibida. Los medidores utilizan dos transductores, uno actúa como emisor y el otro como receptor.

Cuando no hay flujo el tiempo de tránsito de las dos señales es el mismo mientras que cuando hay flujo el tiempo de tránsito en el sentido de flujo es menor que el tiempo en sentido contrario al flujo. La señal debe atravesar la tubería varias veces por ello la presencia de burbujas o sólidos en el fluido no es conveniente puesto que muestra posibles interrupciones en el recorrido. Los transductores operan a frecuencias entre 1 y 2 MHz. Las tuberías pequeñas requieren frecuencias mayores que las tuberías grandes.

Se selecciona dicho dispositivo por su compatibilidad con las razones por las que no se ha instalado el contador como primera opción. No solo es un instrumento que no contempla manipulación del sistema para integrarlo, sino que también puede ser aplicado en futuras investigaciones y supone un desembolso económico asequible para llevarlo a cabo.

El conjunto consta de cinco elementos: un módulo central, unos sensores, unos aros de sujeción y un cableado de conexión (Figura 6-5).



Figura 6-5. Conjunto del TUF2000. Fuente Ficha Técnica

El montaje en W se utiliza para las tuberías de 10-100 mm, el montaje en Z se utiliza en las tuberías de más de 100 mm y el montaje en V para tuberías entre 20-300 mm de diámetro.

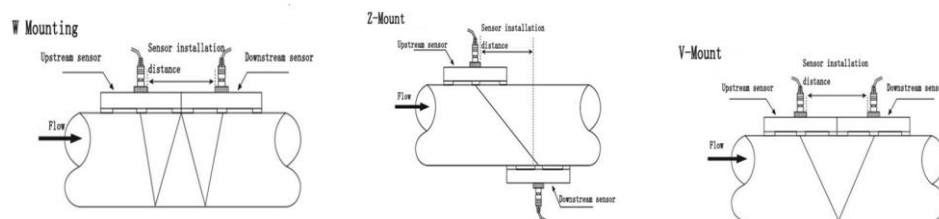


Figura 6-6. Montajes del TUF2000. Fuente ficha técnica

Existe una guía a seguir (Figura 6-7) antes de colocar los sensores en las tuberías, dependiendo de la situación o los elementos que tenga presentes en ella.

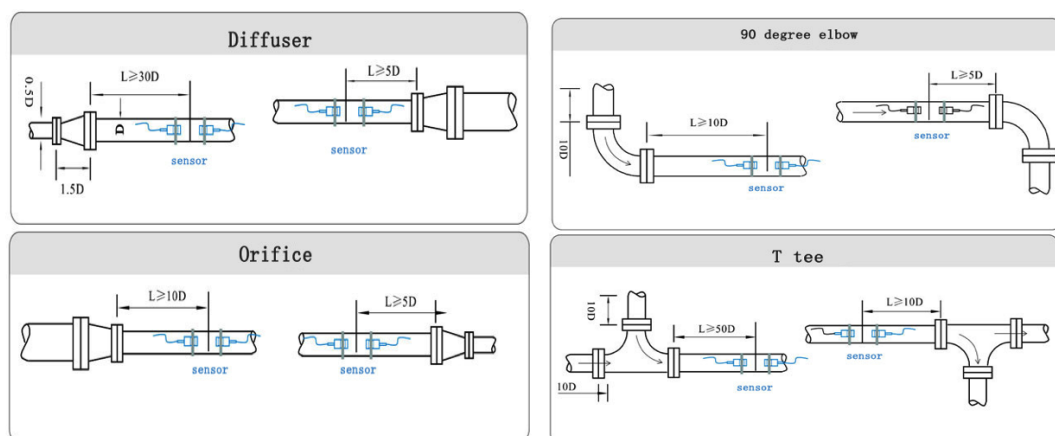


Figura 6-7. Colocación de los sensores. Fuente Ficha Técnica

Adquirido por medio de la compañía AliExpress procedente de la empresa Aimee Zhang'Store desde China, de marca ESM conocido como TUF-2000M este dispositivo tiene unas características que cumplen las necesidades requeridas y se ajustan al presupuesto disponible, además de constituir un método totalmente replicable para futuros usos.

6.1.1.2 Determinación de temperaturas de ida y retorno de ACS

En este paso del proyecto se plantean las mayores dificultades presentadas hasta el momento, puesto que tras una exhaustiva búsqueda del instrumento considerado clave en esta medición no se obtiene en el mercado (téngase en cuenta que se trata de medir y MEMORIZAR las temperaturas a lo largo del tiempo).

El instrumento buscado consiste en un termómetro que sea capaz de memorizar temperaturas en una base de datos. Tras varios días de búsqueda se llega a la conclusión de la no disponibilidad en el mercado de tal instrumento, siendo tan simple y tan complejo de encontrar. Por ello en este momento se plantean varias opciones que conllevan un plus de ingenio para alcanzar el objetivo. Al no existir un termómetro capaz de memorizar, se necesita algún método válido y efectivo que haga exactamente lo mismo, guardar las temperaturas en una base de datos para después poder analizarlas con respecto al tiempo y sacar unas conclusiones válidas.

Se utilizan tres métodos de los cuales uno exige presencia en la sala para anotación de datos mientras que los otros dos restantes no la contemplan.

- El primer método consiste en la presencia en la sala y la anotación directa de los valores que se muestran en los contadores, termómetros, manómetros y en la centralita.
- El segundo método se relaciona con las cámaras fotográficas
- El tercer método está relacionado con un Arduino.

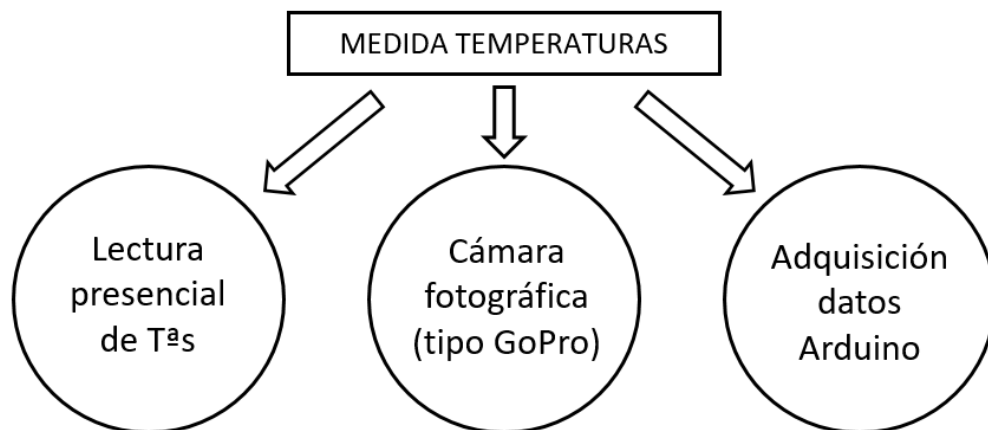


Figura 6-8. Métodos propuestos medida temperatura. Segunda propuesta. Elaboración propia

Para conseguir los valores de las temperaturas se puede hacer uso de los termómetros bimetalicos ya integrados en el sistema, mencionados con anterioridad en Termómetros bimetalicos. Como se puede observar en la Figura 6-9, existe una distribución de estos termómetros que aportan conocimiento de la temperatura a la que se encuentra el agua de cada circuito en el que se están integrados. A través de ellos, se puede conocer el salto de temperatura entre una entrada y un retorno de cualquier circuito en todo momento.



Figura 6-9. Termómetros bimetalicos (izq.) y Retornos (dcha.). Elaboración propia

6.1.1.2.1 Cámaras fotográficas

El uso de las cámaras portátiles no conlleva ningún desembolso económico puesto que se trata de material propio en posesión del alumno realizador del TFG

La ventaja principal de la utilización de estas cámaras aporta la posibilidad de estar ausente durante la toma de datos, aportando así fotografías en horarios complicados de presenciar.

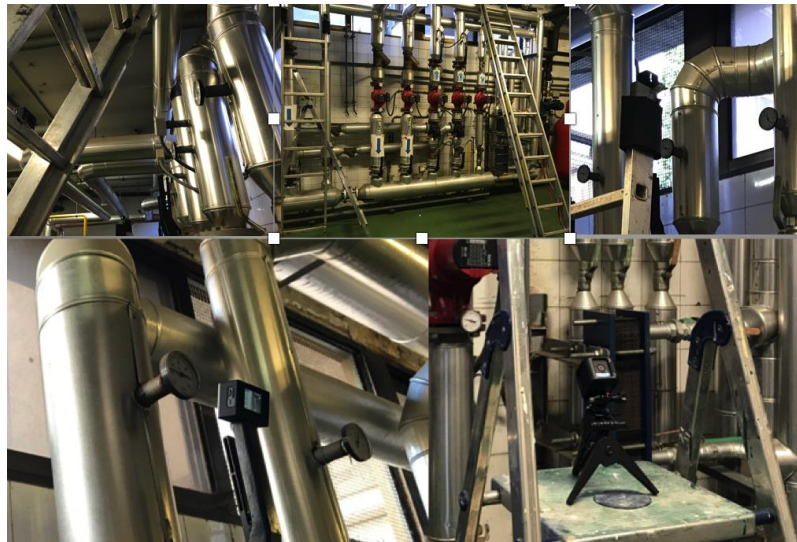


Figura 6-10. Posicionamiento de cámaras en la instalación. Elaboración propia

Estas cámaras son utilizadas para la toma de fotografías o pequeños vídeos de termómetros y manómetros que se encuentran incorporados en el sistema de estudio

6.1.1.2.2 Sistema adquisición de datos mediante Arduino

Para conocer la diferencia de temperaturas entre la ida y el retorno del circuito primario de ACS se utiliza la herramienta diseñada por el Alférez de fragata Álvaro Diufaín Flethes en su trabajo de fin de grado “Diseño e implantación de una plataforma de registro de datos en tiempo real en prácticas de Termodinámica y Transmisión de Calor e Ingeniería Térmica I” tutorizado por D. Guillermo Rey González y D. Carlos Ulloa Sande.

A esta herramienta se incorpora un cableado de alargue para poder alcanzar la longitud necesaria y llevar a cabo la medición en las sondas de temperatura.

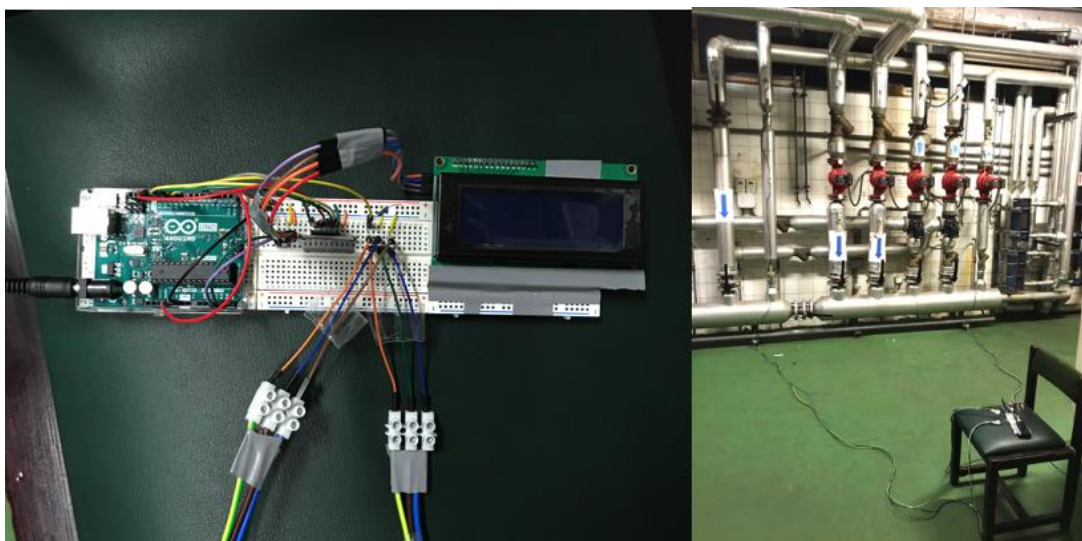


Figura 6-11. Sistema de adquisición con Arduino. Elaboración propia

El material adquirido para el montaje del conjunto se muestra en la Figura 6-12.



Figura 6-12. Material obtenido para el montaje del Arduino. Elaboración propia

De esta forma, se puede utilizar el sistema como si fuera un termómetro con memoria capaz de registrar las temperaturas y almacenarlas en una base de datos para su posterior análisis.

6.2 Proceso de toma de datos

Se necesitan conocer los parámetros que aparecen en la Ecuación 18 para realizar los cálculos.

Durante un periodo de diecisiete días se realizan mediciones a 23:59 horas cada día para saber el consumo de energía diario de la instalación. Este consumo diario es la diferencia que existe entre el número que aparece en pantalla en los contadores en ese mismo día y el número que aparecía el día anterior (Figura 5-13). Se realiza esa operación de manera individual en ambos contadores y a continuación se suman los valores para obtener el consumo total de las últimas 24 horas. Un proceso parecido se realiza una vez al mes por parte de la empresa gasNatural fenosa para conocer el consumo total del mes y poder emitir la factura.

De esta forma se conocen los consumos diarios de la instalación para un periodo de estudio de diecisiete días, información a partir de la cual se van a analizar los porcentajes de consumos destinados a calefacción y ACS.

Día	C1(Mwh)	Consumo C1 (Mwh)	C2(Mwh)	Consumo C2 (Mwh)	Consumo total diario
Lunes	1358,960	1,078	2164,614	1,609	2687 kWh
Martes	1359,631	0,671	2166,688	2,074	2745 kWh
Miércoles	1360,539	0,908	2168,682	1,994	2902 kWh
Jueves	1361,801	1,262	2170,496	1,814	3076 kWh
Viernes	1362,645	0,844	2172,670	2,174	3018 kWh
Sábado	1363,289	0,644	2175,841	3,171	3815 kWh
Domingo	1363,982	0,693	2178,913	3,072	3765 kWh

Tabla 6-1. Consumos diarios durante una semana. Elaboración propia

La Tabla 6-1 representa un ejemplo de los datos adquiridos la semana del 19 al 25 de febrero.

Para conocer el consumo de destinado a ACS diario, se utilizan las cámaras fotográficas y el Arduino. Gracias a estas herramientas se conoce el salto térmico que existe entre la temperatura de entrada a los intercambiadores y la temperatura de retorno al colector. El Arduino crea un archivo de texto en el que aparecen reflejados para cada minuto durante 24 horas las temperaturas de entrada y retorno y la diferencia entre ambas (Tabla 6-2) mientras que las cámaras realizan fotografías en momentos puntuales de los termómetros bimetálicos.

MINUTO	T. ENTRADA	T. RETORNO	DIFERENCIA
1	71,25	69,62	1,63
2	71,19	68,50	2,69
3	69,81	66,69	3,13
4	68,31	65,44	2,88
5	68,12	66,06	2,06
6	68,87	66,69	2,19
7	69,69	67,25	2,44
8	70,06	67,12	2,94
9	70,00	67,75	2,25
10	69,69	67,69	2,00

Tabla 6-2. Archivo de texto del Arduino. Elaboración propia

Conociendo el salto térmico que hay en cada minuto, se decide realizar una media entre los 1440 datos de diferencia de temperatura que tiene el fichero. Se toman siete ficheros durante la semana del 26 de febrero al 4 de marzo, y se hace el valor medio de los siete valores medios de cada día. Este proceso obtiene un valor de 1,84°C de salto térmico medio, la misma diferencia de 1,84 en grados Kelvin.

Una vez conocido el salto térmico medio se necesita conocer el flujo másico de agua que circula por la tubería del sistema primario de ACS.

Al tratarse de un circuito cerrado, se está recirculando continuamente la misma cantidad de agua en él, por ello se deduce que el caudal que presenta el circuito es constante. Este valor se calcula utilizando la diferencia de presiones en los manómetros que se encuentran a la entrada y a la salida de la bomba del circuito primario destinado a la producción de ACS.

En adición, se estudian los valores de las presiones que proporcionan estos manómetros horariamente durante los quince días con ayuda de las cámaras fotográficas y se llega a la misma conclusión de que el caudal es prácticamente constante, con excepciones mínimas. Existiendo una diferencia de presión de 0.5 bares, aplicando la igualdad de la Ecuación 19 se obtiene una diferencia de 5.1 metros de columna de agua (m.c.a).

$$1 \text{ bar} = 10,2 \text{ m.c.a}$$

Ecuación 19. Conversión bar a m.c.a

Haciendo uso de la curva característica de la bomba (Figura 3-2) en modo 3 con 5.1 m.c.a se obtiene como se muestra en la Figura 6-13 un caudal de 14.2 m³/h.

En adición, se pretende utilizar el medidor ultrasónico para verificar ese flujo.

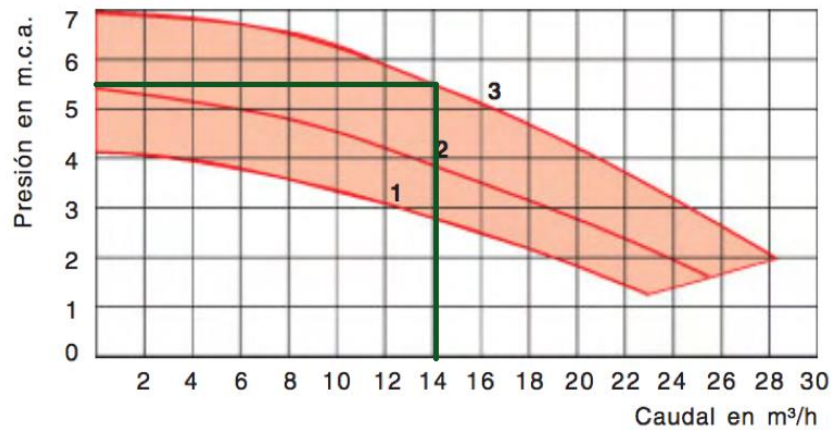


Figura 6-13. Caudal en el circuito primario de ACS. Elaboración propia

El calor específico (3.1.1) del agua es una magnitud física tabulada cuyo valor a una temperatura media en el circuito de 68 °C es de 4.189 kJ/K Kg.

El valor del peso específico (densidad) del agua caliente se puede obtener de la gráfica en la Figura 6-14 creada a partir de la Tabla 6-3.

T(°C)	ρ (kg/m³)	T(°C)	ρ (kg/m³)	T(°C)	ρ (kg/m³)
0.01	999.8	35	994.1	70	978
5	1000	40	992.3	75	975
10	999.7026	45	990.2	80	972
15	999.1026	50	988	85	968
20	998.2071	55	986	90	965
25	997.0479	60	983	95	962
30	995.6502	65	980	100	958

Tabla 6-3. Peso específico del agua en función de su temperatura. Elaboración propia

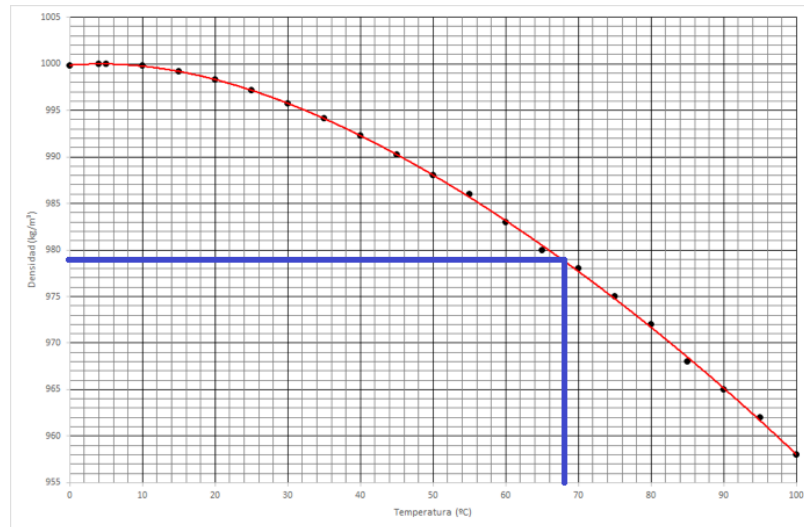


Figura 6-14. Gráfica Peso específico – Temperatura. Elaboración propia

Para el agua a una temperatura de 68°C se obtiene un peso específico de 978,8Kg/m³.

6.3 Estimación de porcentajes de consumo de ACS y calefacción

Una vez se conoce el salto térmico, el caudal, el calor específico y el peso específico es posible determinar la cantidad de calor por unidad de tiempo en dicho circuito.

$$\dot{Q} = \text{Flujo de calor} \quad 978,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,189 \frac{\text{KJ}}{\text{K Kg}} \cdot 14,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot 1,84 \text{ K} = 29,758 \text{ kW}$$

Este valor, extrapolado a un día completo nos proporciona la cantidad de energía transferida en el circuito de ACS:

$$\text{Consumo energía ACS diario estimado} \quad 29,758 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 714,192 \text{ kWh}$$

Para conocer el consumo total (calefacción y ACS) demandado para el mes de febrero, mes en el que se han llevado a cabo la toma de datos se decide realizar una media diaria de consumos con todas las medidas que se han tomado a partir de los contadores de gasNatural fenosa, obteniendo como resultado un valor de 3,026470 MWh por día. De ese consumo 714,192 kWh son destinados al sistema primario de ACS y suponen un 23,6% del consumo diario. El consumo restante es del 76,4% y se destina a la calefacción, suponiendo un valor de 2,312278 MWh.

El mes de febrero de 2017 tiene 28 días, por lo que el consumo esperado de todo el mes será la media diaria multiplicada por veintiocho, dando lugar a un consumo de 84,74 MWh.

De ese total, 64,741360 MWh los consumen los circuitos de calefacción y 19,998640 MWh lo consume el circuito primario destinado a la producción de ACS.

De las facturas de gas de los últimos años para esta instalación se recopilan los datos a continuación representados en el gráfico de la Figura 6-15. Este gráfico compara los consumos mensuales en los últimos cuatro años.

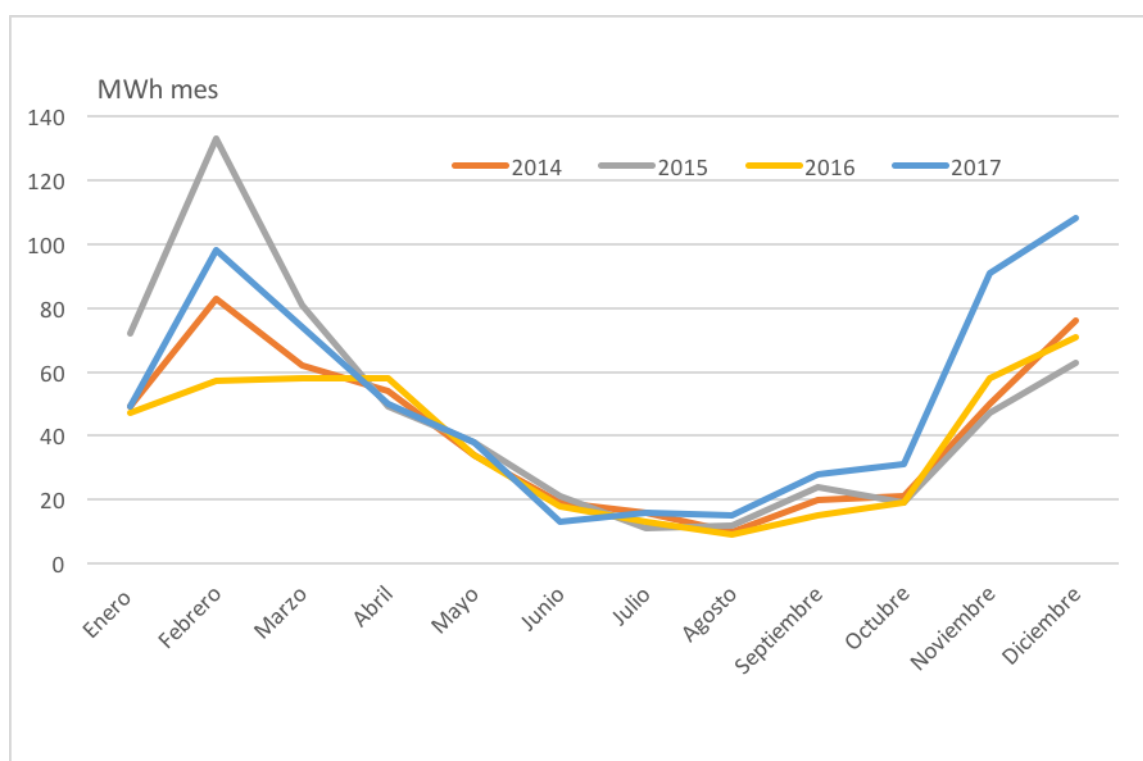


Figura 6-15. Histórico de consumos de los cuatro últimos años. Elaboración propia

Como se puede observar en el histórico de consumos de los últimos cuatro años (Figura 6-15) el consumo total es distinto para cada mes y para cada año. Esas variaciones se deben a la cantidad de factores que influyen en el valor final, entre los cuales para este estudio destacan:

- La temperatura exterior: Se puede observar con claridad que durante los meses de invierno se consume más cantidad que en los meses de verano, apreciando una diferencia importante.
- Los alumnos alojados: El cuartel Almirante Francisco Moreno se caracteriza por alojar temporalmente a las incorporaciones de alumnos cuya estancia en la Escuela Naval Militar es temporal y no permanente. Por este motivo, durante los meses de noviembre y diciembre aparte de ser de los meses más fríos también hay que tener en cuenta que son los períodos en los que un mayor número de alumnos se alojan en el cuartel. Sin ir más lejos, en el año 2017 durante el mes de noviembre el cuartel se encontraban 350 alumnos con un 99% de ocupación (capacidad para 352 alumnos)
- Períodos vacacionales: Principalmente destacan las vacaciones de Navidad (del 22 de diciembre al 9 de enero), las de semana santa (una semana de marzo-abril) y el permiso de verano (del 16 de julio al 1 de septiembre) durante los cuales el cuartel queda prácticamente deshabitado a excepción de los exámenes a finales de agosto y posibles arrestos.
- El número de alumnos por curso: El tamaño de una brigada en la Escuela Naval militar lo determina el número de plazas de ingreso que se oferten ese año y el número de bajas que se den en la misma.

Mes	2014	2015	2016	2017	Media MWh
Enero	49	72	47	49	54,25
Febrero	83	133	57	98	92,75
Marzo	62	81	58	74	68,75
Abril	54	49	58	50	52,75
Mayo	34	38	34	38	36
Junio	19	21	18	13	17,75
Julio	16	11	13	16	14
Agosto	10	12	9	15	11,5
Septiembre	20	24	15	28	21,75
Octubre	21	19	19	31	22,5
Noviembre	50	47	58	91	61,5
Diciembre	76	63	71	108	79,5

Tabla 6-4. Media de consumos en los últimos cuatro años. Elaboración propia

Como es lógico la calefacción del sistema no está en funcionamiento durante todo el año. Normalmente, a petición de los usuarios y a decisión del Jefe de Mantenimiento de la Escuela Naval Militar, se suele encender cuando empieza entrar el frío a finales de octubre principios de noviembre y se apaga cuando ya no es necesaria, a finales de abril. Al principio presenta un horario reducido de varias horas al día más adelante comienza con el horario completo hasta su finalización.

Partiendo de las medias mensuales calculadas a partir del histórico de consumos de los últimos años (Tabla 6-4), los porcentajes de consumo ya calculados y el encendido y apagado de la calefacción durante el año se puede representar la siguiente gráfica (Figura 6-16) de consumos aproximados esperados para el año 2018.

Como se observa en la gráfica de consumos esperados para el año 2018, se habla de un consumo anual de 542,74 MWh, de los cuales 236 MWh estarán destinados a la producción de ACS constituyendo un 48,5% del total anual y 279,68 MWh están destinados a la calefacción siendo un 51,5% de este.

Mes	Media MWh	Calefacción %	MWh	ACS %	MWh
Enero	72	76,4%	55,00	23,6%	17,00
Febrero	84,74	76,4%	20,00	23,6%	64,74
Marzo	68,75	76,4%	52,5	23,6%	16,25
Abril	52,75	76,4%	40,3	23,6%	12,45
Mayo	36	0%	0	100%	36,00
Junio	17,75	0%	0	100%	17,75
Julio	14	0 %	0	100%	14,00
Agosto	11,5	0%	0	100%	11,50
Septiembre	21,75	0%	0	100%	21,75
Octubre	22,5	19,1%	4,30	80,9%	18,20
Noviembre	61,5	76,4%	46,90	23,6%	14,60
Diciembre	79,5	76,4%	60,74	23,6%	18,76

Tabla 6-5. Consumos esperados para 2018. Elaboración propia

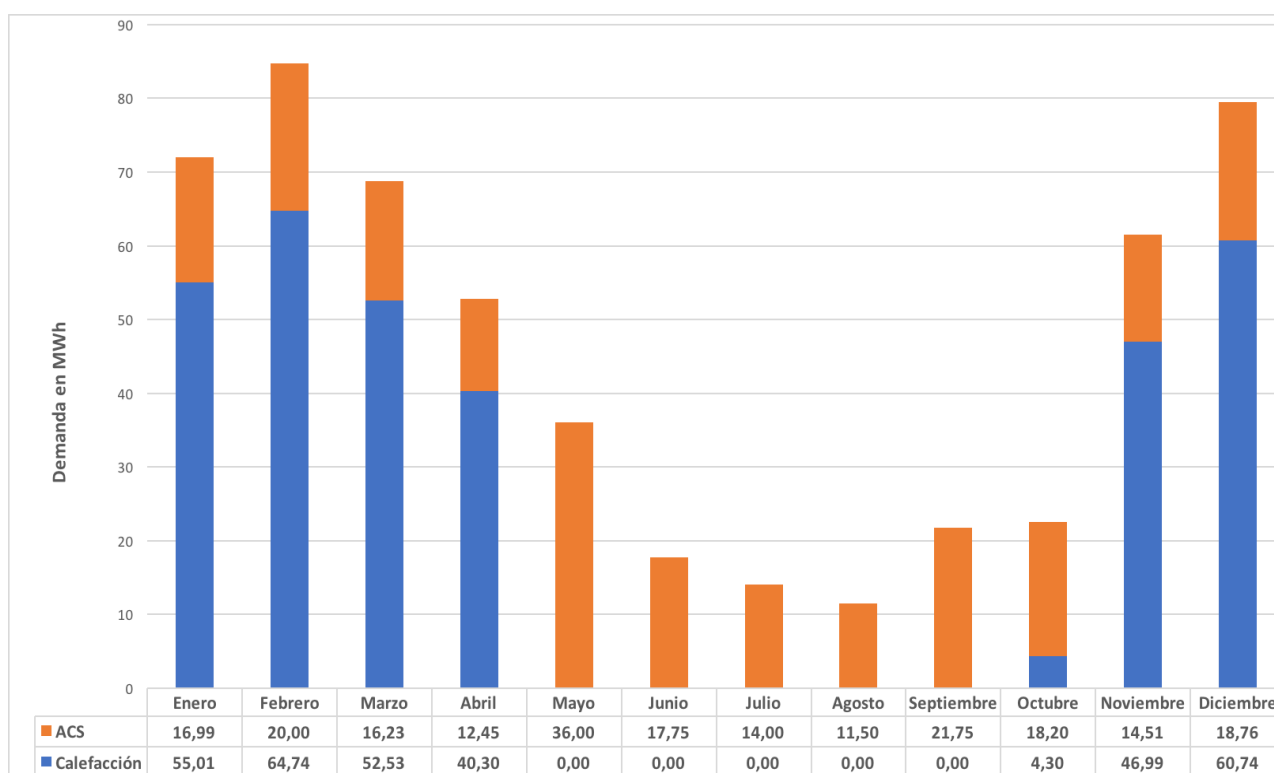


Figura 6-16. Gráfica consumos esperados para 2018. Elaboración propia

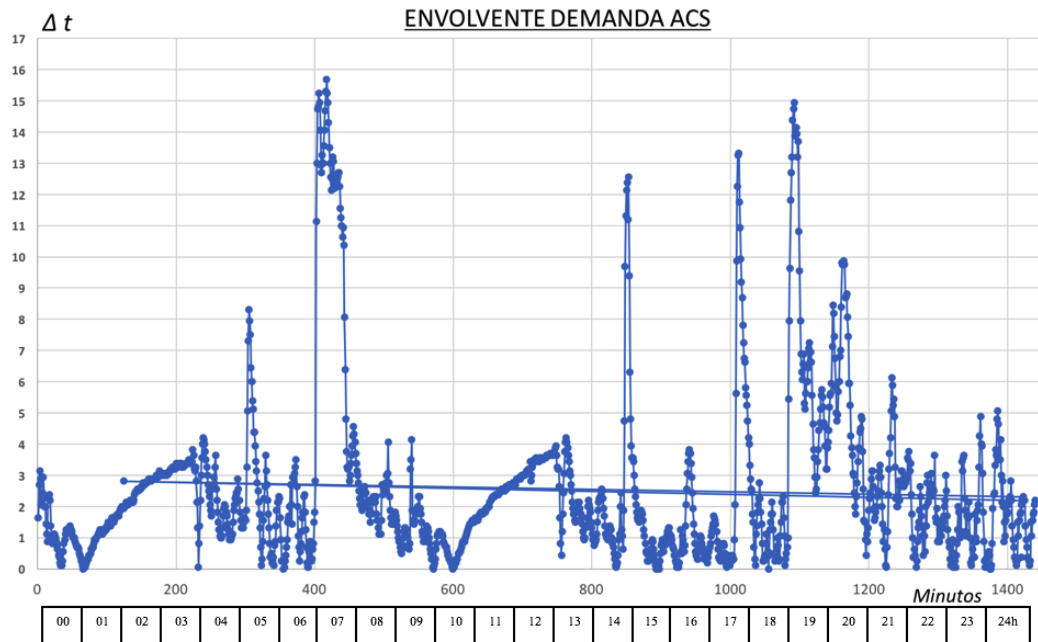


Figura 6-17. Curva demanda ACS durante 24h. Elaboración propia

Como última reflexión se puede observar en la curva de demanda (Figura 6-17) diaria que existen varios períodos puntuales marcados en los que la demanda de ACS es evidente. Al comenzar el día, los alumnos entre las 0645 y las 0715 utilizan las duchas y aseos por ello la demanda aumenta considerablemente en ese rango horario. Del mismo modo ocurre por la tarde, a 1425 finaliza deporte y a las 1740 finalizan las actividades.

7 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

7.1 Conclusiones

Los objetivos planteados han sido alcanzados. Se ha conseguido desagregar el consumo energético térmico total en porcentajes de ACS y calefacción, siendo preciso para ello la búsqueda de soluciones técnica y económicamente viables en el marco temporal de desarrollo del presente trabajo.

El trabajo presenta un planteamiento de carácter ingenieril, al ser necesario satisfacer los condicionantes de diseño que se han tomado como referencia:

- C1. Asignación presupuestaria limitada
- C2. Implementación equipos de medida en tiempo y forma
- C3. Necesidad de la no intervención en las instalaciones
- C4. Replicabilidad de los sistemas de medición propuestos

En concreto, se ha tenido que trabajar con responsables de las instalaciones y empresas externas especializadas en los diferentes ámbitos técnicos que incumben al presente trabajo.

Asimismo, es fundamental el conocimiento de la instrumentación existente a efectos de monitorización de este tipo de instalaciones, tanto en los equipos de medición de caudales como de medición de temperaturas (incluyendo la posibilidad de memorizar datos mediante instrumentación basada en Arduino).

De forma colateral, aunque sin constituir un objetivo del trabajo, se ha logrado la optimización de la instalación, al identificarse una posibilidad de mejora en el circuito de demanda de ACS realizando un cambio de posición del termoestado, dando lugar a un incremento en la temperatura de los acumuladores mejorando de esta forma la eficiencia.

7.2 Líneas futuras

La monitorización de instalaciones pretende lograr un mayor conocimiento de las mismas. De ahí que el sistema de monitorización propuesto, teniendo en cuenta su replicabilidad y que no es intrusivo, podría permitir su instalación y uso en otros edificios de la ENM, de modo que su mejor conocimiento pudiera repercutir en mejoras en la eficiencia de sus instalaciones térmicas.

En concreto, conocer de la forma más precisa posible el consumo de ACS de un edificio ayuda a un correcto dimensionado de instalaciones especialmente utilizadas para este tipo de consumo, como las instalaciones solares térmica

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Miguel Ángel Gómez Rodríguez, Arturo González Gil. Álvaro de las Heras. «Estudio de implantación de una bomba de calor geotérmica en el cuartel Almirante Francisco Moreno de la Escuela Naval Militar», Marín, Pontevedra, 2017.
- [2] Franco Martín Sánchez, Manual de Instalaciones de calefacción por agua caliente, Madrid: AMV Ediciones , 2003.
- [3] RITE, RITE. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, Coleccion de leyes, normas y reglamentos, 1997.
- [4] Conthindra, Tarifa de precios, Conthindra S.L, 2017.
- [5] «Ecured,» [En línea]. Available: <http://www.ecured.cu/Termómetro>.
- [6] CNWS, «Mercado del Gas en España,» 2013.
- [7] «Maxilife.me,» [En línea]. Available: <http://maxilife.me/calefaccion-por-suelo-radiante-precio/calefaccion-por-suelo-radiante-precio-mas-calefaccion-por-suelo-radiante-electrico-precio/>.
- [8] Tecnología industrial, «Bombas de calor,» [En línea]. Available: <http://www.tecnologia-industrial.es/BOMBA%20DE%20CALOR.htm>.
- [9] Guillermo Lima Gómez, Interviewee, *Parto libre: derecho a conquistar*. [Entrevista]. lunes 14 noviembre 2016.
- [10] José Antonio Oncins, «La monitorización de los cultivos,» *Horticultura* , Diciembre 2005.
- [11] «Medicine Answers,» [En línea]. Available: <http://www.medicineinanswers.com/fever-occur/>.
- [12] «NPL,» [En línea]. Available: <http://www.npl.co.uk/content/ConMediaFile/113>.

- [13] «Livejournal,» [En línea]. Available: <https://ru-sku.livejournal.com/443518.html>.
- [14] «Prosemedic,» [En línea]. Available: <http://prosemedic.pimientadigital.com/es/productos/detalle/termómetro-classic-geratherm>.
- [15] WIKA. [En línea]. Available: https://www.wika.es/70_es_es.WIKA.
- [16] Ana Torres , «Tipos de instrumentos de medición de temperatura».
- [17] «Agriculture Solutions,» [En línea]. Available: <https://www.agriculturesolutions.com/extech-ir-thermometer-digital-laser-video-vir50>.
- [18] «Medidores de flujo,» [En línea]. Available: https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/A0099/descargar.php?secc=0&id=A0099&id_inc=202, <https://www.google.es/>.
- [19] «Direct Industry,» [En línea]. Available: <http://trends.directindustry.fr/dandong-top-electronics-instrument-group-co-ltd/project-81505-129904.html>.
- [20] «Incobuil S.L.,» [En línea]. Available: http://www.incobuil.com/catalogo/38/Rotametros_y-caudalímetros/.
- [21] «Omega,» [En línea]. Available: <https://es.omega.com/technical-learning/medidor-de-flujo-de-desplazamiento-positivo.html>.
- [22] «Interempresas.net,» [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Medicion/FeriaVirtual/Producto-Caudalímetros-Vortex-Endress-Hauser-Serie-Prowirl-112151.html>.
- [23] Emerson Project Management, «Medidores de caudal y densidad tipo Coriolis ELITE® de Micro Motion®,» [En línea]. Available: <http://www.emerson.com/documents/automation/hoja-de-datos-del-sensor-elite-data-sheet-spanish-es-64388.pdf>.
- [24] Zenner, «Contadores de energía térmica».
- [25] ROCA calefacción, Grupos Térmicos de baja temperatura.
- [26] Sensonic, Caderno Sensonic . La nueva sensibilidad, Madrid : Ista.
- [27] Jose Javier Piñeiro Paredes, «Certificación energética del Cuartel "Almirante Francisco Moreno",» Pontevedra, 2015.
- [28] Anthony Kohan, Manual de calderas. Principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas, Aravaca, Madrid: McGraw-Hill, 2000.

ANEXO I: PRESUPUESTO PRIMERA PROPUESTA (CONTADORES)

 ESTÉVEZ VILAS S.L. INSTALADORA DE GAS 12-B-D30-36017461 CAT. A AUTORIZADA POR LA XUNTA DE GALICIA CIF: B36206415	Desde 1975 a su servicio.	EMPRESA COLABORADORA: 
--	----------------------------------	--

CLIENTE: BORJA DIEZ ASTRAY

DNI / CIF:

FECHA

TELEFONO:

18/01/2018

DIRECCIÓN:

SUMINISTRO CONTADORES DE CALORIAS

PRESUPUESTO

cant	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
2	CONTADORES DE CALORIAS ISTA SENSONIC II	124,00 €	248,00 €

TOTAL	248,00 €
IVA 21%	52,08 €
TOTAL CON IVA	300,08 €

BUTANO Y PROPANO

ESTEVEZ VILAS SL

Avenida de Vigo 86

CIF: B-36206415

Cangas de Morrazo 18/02/2016

AVDA. DE VIGO, 86 - 36940 - CANGAS

Telf: 687 47 00 13 - butano@aboubeta.com

gasconfort

gasNatural
fenosa

¿Cuál ha sido tu consumo este mes?



Consumo calefacción y ACS 1

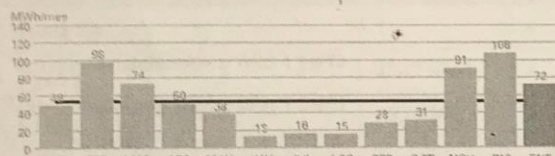
Contador		Importe consumo total: 2.997,09 €	
Inicial	→ X	Fecha: 19/12/2017	Lectura: * 3.701,49 MWh (CE)
Final	→	Fecha: 31/12/2017	Lectura: 3.729,26 MWh (E)
Tarifa 1: 41,131 €/MWh		Consumo 1: 27,77 MWh	
Inicial	→	Fecha: 01/01/2018	Lectura: 3.729,26 MWh (E)
Final	→ X	Fecha: 19/01/2018	Lectura: 3.773,00 MWh (CE)
Tarifa 2: 42,407 €/MWh		Consumo 2: 43,74 MWh	

(R) Lectura Real

(E) Lectura Estimada

(CE) Cálculo energético

¿Cuál es tu histórico de consumo?



Tu media de consumo mensual: 52 MWh/mes

¿POR QUÉ HAY DOS TARIFAS DIFERENTES EN TU FACTURA?

- ✓ Cada tres meses el gobierno revisa el precio del gas.
- ✓ El precio fluctúa dependiendo del coste del gas natural en el mercado.



Más información

Forma de pago de la factura

Transferencia

Te informamos que el número de cuenta al que debes realizar el pago de esta factura es el IBAN ES87 0182 4649 80 0201511674

Si deseas información sobre medidas de eficiencia energética, perfiles comparativos de su consumo de energía y las especificaciones técnicas de los electrodomésticos que puedan servir para reducir el consumo de los mismos, puedes consultar en:

IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
www.idae.es
C / Madera, 8 - 28004 Madrid
Tel.: 913 14 66 73

CNMC
www.cnmc.es
Sede Alcalá: Alcalá 47 (28014 Madrid)

Instituto Energético de Galicia (INEGA)
www.inega.es
R/ Avelino Pousa Antelo, 5 (San Lázaro)
15781 Santiago
Telf: 981 54 15 00