



**Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar**

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio básico de un sistema de calefacción de distrito en la
ENM*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Jesús García Buendía

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

*Estudio básico de un sistema de calefacción de distrito en la
ENM*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

La calefacción de distrito consiste en la generación centralizada de calor para su posterior distribución a través de una red de tuberías a los distintos centros de consumo. Este tipo de sistemas destacan, fundamentalmente por sus beneficios económicos y medioambientales, con respecto a los sistemas clásicos descentralizados.

Este TFG tiene como objeto realizar una primera aproximación a la posibilidad de implantar un sistema de red de calor de distrito, en la Escuela Naval Militar, que satisfaga sus necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS).

Para ello, es preciso analizar de entre las distintas posibles soluciones existentes, cuales serían las más adecuadas teniendo en cuenta aspectos como las necesidades energéticas térmicas de los centros consumidores, la posibilidad de emplear diferentes combustibles o limitaciones inherentes a actuaciones en la ENM.

Como consecuencia se establecen dos propuestas basadas en sistemas centralizados (con gas natural y pellets como combustibles) y se obtiene, como resultado, una solución final que incluye un estudio básico de viabilidad técnico y económico, con una caldera de 6.064 MW que utiliza biomasa (pellets) como combustible y que proporciona un periodo de amortización simple de 7 años con una inversión estimada de 922.725 €.

PALABRAS CLAVE

Calefacción, ACS, red de distrito, gas, biomasa, ahorro.

AGRADECIMIENTOS

A mi paciente tutor, Guillermo Lareo, sin cuya ayuda el demonio que habita las oscuras profundidades de Microsoft Word habría acabado con la poca sanidad mental que a estas alturas de carrera queda en mi cabeza. Gracias por su sinceridad y apoyo.

Al SGT1º Don David Rico, por su indispensable ayuda y total disposición, sea la hora que sea.

A Pau, por haberme querido, apoyado y aguantado durante estos 5 largos años de carrera y haber estado ahí en las buenas, en las malas y en las malísimas.

A mis padres, mis abuelos y mi hermana, por su cariño y su apoyo incondicional.

A todos mis profesores de la carrera, por haber intentado, con éxito, que algo de ellos y de sus asignaturas quede en nuestras cabezas para siempre.

A mi promoción 148 de Infantería de Marina y la 418 de Cuerpo General, por haber hecho estos 5 años un poco más llevaderos y entretenidos.

CONTENIDO

Contenido	4
Índice de Figuras	6
Índice de Tablas.....	8
1 Introducción y objetivos.....	11
2 Estado del arte	13
2.1 La búsqueda del bienestar térmico.....	13
2.2 Hacia el fin de la era fósil	14
2.3 La Escuela Naval Militar y su compromiso con la eficiencia energética	15
2.4 Personal de la Escuela Naval Militar	16
2.5 Los sistemas de calefacción de distrito.....	18
2.5.1 Descripción básica.....	18
2.5.2 Tipos.....	19
2.5.3 Elementos característicos	23
2.5.4 Tipos de fuentes energéticas empleables.....	30
2.6 Los sistemas de calefacción de distrito en la actualidad.....	32
2.6.1 A nivel mundial.....	32
2.6.2 España	33
2.7 Trabajos de Fin de Grado de años anteriores relacionados.....	35
2.7.1 “Estudio de alternativas de climatización en el cuartel Francisco Moreno”	35
2.7.2 “Estudio del potencial de aprovechamiento de la energía solar para usos térmicos en las instalaciones de la Escuela Naval Militar”	36
3 Desarrollo del TFG.....	37
3.1 Situación actual y selección de edificios.....	37
3.2 Análisis de las necesidades energéticas térmicas de la ENM	39
3.2.1 Consumos energético de las instalaciones.....	39
3.2.2 Precios del Gasóleo C y gas natural durante el año 2017 y método de tasación.....	40
3.2.3 Estimación económica coste Gasóleo C y gas natural en 2017	42
3.3 Propuestas de actuación	43
3.3.1 Elementos comunes.....	44
3.3.2 Aspectos específicos según el tipo de combustible: gas natural	49
3.3.3 Aspectos específicos según el tipo de combustible: biomasa	53
3.4 Inversión total	60
3.4.1 Sistema de gas natural	61
3.4.2 Sistema de biomasa	61

3.5	Estudio económico básico.....	62
3.5.1	Período de amortización simple	62
3.5.2	VAN	63
4	Resultados	67
5	Conclusiones y líneas futuras	71
5.1	Conclusiones	71
5.2	Líneas futuras	72
6	Bibliografía.....	73
	Anexo I: capítulo 2 del manual de gestión ambiental	78
	Anexo II: especificaciones y características de las instalaciones objeto de estudio.....	79
	Anexo III: Presupuesto de ejecución de estructura metálica laminada	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Detalle de ubicación de la ENM en Marín (Google Earth)	11
Figura 2-1 Esquema de hipocausto romano [32].....	13
Figura 2-2 Ubicación de la ENM en España (Google Earth).....	16
Figura 2-3 Esquema del sistema de calefacción de distrito [2].....	18
Figura 2-4 Concepto caldera-intercambiador-reflujo en una red de calefacción de distrito [23]	19
Figura 2-5 Ejemplo de red con trazado ramificado [27]	20
Figura 2-6 Ejemplo de red con trazado en malla [29]	20
Figura 2-7 Esquema de red con trazado en anillo [28].....	21
Figura 2-8 Sistema de cuatro tubos [30]	21
Figura 2-9 Polígono Industrial Cabezo Beaza en Cartagena (Google Earth).....	22
Figura 2-10 Esquema de funcionamiento de la caldera de condensación [33]	24
Figura 2-11 Esquema elemental de una central térmica (Fuente: [51])	27
Figura 2-12 Conducto de dos tuberías preaislado para una red de distrito de calefacción [40].....	28
Figura 2-13 Esquema IC de placas (Fuente: [55]).....	29
Figura 2-14 Subestación (Fuente: [56]).....	29
Figura 2-15 Fuentes de energía empleables en una red de distrito (Fuente: [59])	30
Figura 2-16 Central geotérmica en Finlandia de 40 MW, Espoo (Fuente: [57])	33
Figura 2-17 Central de calefacción y ACS de Cuéllar (Fuente: [58]).....	34
Figura 2-18 Redes por comunidad autónoma [62].....	35
Figura 2-19 Sugerencia de diseño de instalación (Obtenido del TFG [41]).....	35
Figura 2-20 Captadores solares cuartel Almirante Francisco Moreno [8]	36
Figura 3-1 Edificios de la ENM. Google Earth.....	38
Figura 3-2 Localización y potencia de cada caldera (Elaboración propia)	44
Figura 3-3 Coste de adquisición de subestaciones [10].....	48
Figura 3-3 Distancia radial desde la caldera central al resto de edificios (Google Earth)	50
Figura 3-4 Sala de calderas del cuartel Marqués de la Victoria (Google Maps).....	51
Figura 3-5 Detalle general de la red de distribución (Google Earth)	51
Figura 3-7 Propuesta de trazado de la red de distribución de calor con biomasa (Google Earth) ...	52
Figura 3-11 Esquema de funcionamiento de una caldera de biomasa [63].....	54
Figura 3-12 Tornillo de succión de biocombustible [38]	55
Figura 3-10 Zona destinada para sala de calderas (Google Earth).....	56
Figura 3-11 Nave metálica prefabricada [14].....	56
Figura 3-12 Propuesta de trazado de la red de distribución de calor con biomasa (Google Earth) .	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Número de alumnos durante el 1 ^{er} semestre de 2017 (Elaboración propia)	16
Tabla 2-2 N° de alumnos durante los meses de septiembre a diciembre de 2017 (Elaboración propia)	17
Tabla 2-3 N° de integrantes de la ENM en 2017 (Detall ENM)	17
Tabla 2-4 Número máximo de personal en la ENM en 2017 (Detall ENM)	17
Tabla 3-1 Instalaciones térmicas en la ENM de uso habitual (Elaboración propia)	37
Tabla 3-2 Instalaciones térmicas en la ENM de uso residual (Elaboración propia)	38
Tabla 3-3 Consumo en L de las calderas de gasóleo C (Elaboración propia)	39
Tabla 3-4 Consumo en m ³ de las calderas de gas natural (Elaboración propia)	39
Tabla 3-5 Consumo en MWh de las calderas de la ENM	40
Tabla 3-6 Precios de venta del gasóleo C de CEPSA a la Armada en 2017 (Oficina de Mantenimiento).....	41
Tabla 3-7 Peajes aplicables a Gas Natural a partir del 01/01/2017 [34]	41
Tabla 3-8 Términos Tarifa Óptima Gas de Fenosa [36]	42
Tabla 3-9 Términos Tarifa Gas Supra Prima Fenosa [35]	42
Tabla 3-10 Estimación de factura de gasóleo C en 2017 (Elaboración propia)	42
Tabla 3-11 Estimación de factura de gas natural en 2017 (Elaboración propia).....	43
Tabla 3-12 Gastos en concepto de combustible 2017 (Elaboración propia)	43
Tabla 3-13 Elementos comunes y específicos de las redes (Elaboración propia).....	43
Tabla 3-14 Régimen de funcionamiento de los equipos térmicos de la ENM (Oficina de Mantenimiento).....	45
Tabla 3-15 Equipos en funcionamiento simultáneo y potencia máxima necesaria (Elaboración propia)	45
Tabla 3-16 Porcentaje de sobredimensionado sin coeficiente de simultaneidad (Elaboración propia)	46
Tabla 3-17 Potencia de las subestaciones (Elaboración propia)	47
Tabla 3-18 Precio de adquisición de las subestaciones del sistema (Elaboración propia).....	48
Tabla 3-19 Simulación de gasto de calderas con gas natural (Elaboración propia).....	49
Tabla 3-20 Simulación de gasto de calderas con gasóleo C (Elaboración propia)	49
Tabla 3-21 Longitud de los tramos de la red de distribución del sistema de gas natural (Elaboración propia)	53
Tabla 3-22 Importe en concepto de red de distribución (Elaboración propia).....	53
Tabla 3-23 Longitud de los tramos de la red de distribución del sistema de biomasa (Elaboración propia)	58
Tabla 3-24 Importe en concepto de red de distribución (Elaboración propia).....	58

Tabla 3-25 Presupuesto de elementos exclusivos del sistema de calefacción de biomasa (Elaboración propia)	58
Tabla 3-26 PCI de combustibles [15]	59
Tabla 3-27 Inversión total de la propuesta con gas natural (Elaboración propia).....	61
Tabla 3-28 Inversión total de la propuesta con biomasa (Elaboración propia).....	61
Tabla 3-29 Datos centralizados gas natural (Elaboración propia).....	62
Tabla 3-30 Datos centralizados biomasa (Elaboración propia).....	63
Tabla 3-31 Operaciones VAN propuesta de gas natural (Elaboración propia)	64
Tabla 3-32 Operaciones VAN propuesta N° 2 (Elaboración propia)	65
Tabla 4-1 Confrontación de características de ambas calderas (Elaboración propia).....	68
Tabla 4-2 Resumen datos económicos (Elaboración propia).....	69
Tabla 5-1 Posibles ahorros (Elaboración propia)	72
Tabla 5-2 Porcentaje de ahorro (Elaboración propia)	72

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La sociedad actual es consciente del deber de integrar el ahorro y la sostenibilidad en el ámbito en el que tienen lugar sus actividades, y en concreto en instalaciones que precisan satisfacer necesidades energéticas térmicas (como calefacción y agua caliente), de alcanzar la máxima eficiencia energética.

Este es el caso de la Escuela Naval Militar, ubicada en Marín (Pontevedra).



Figura 1-1 Detalle de ubicación de la ENM en Marín (Google Earth)

Este trabajo tiene por objeto realizar una primera aproximación a la posibilidad de la implantación de una red de calefacción de distrito dentro de la Escuela Naval Militar, del que pudiesen derivarse beneficios económicos, en lugar del sistema instalado actualmente consistente en generación independiente de calor para cada punto de consumo.

Para ello es preciso estudiar las diferentes alternativas para este tipo de sistemas y seleccionar aquella o aquellas que mejor se adapten a las características del centro objeto de estudio, de acuerdo al siguiente esquema:

1. Estudio básico de viabilidad técnica
 - a. Necesidades energéticas térmicas de la ENM (consumos).
 - b. Características del sistema propuesto:
 - i. Sistema generador de calor (tipo de centro generador y emplazamiento).
 - ii. Red básica de tuberías.
 - iii. Tipo de combustible.

2. Estudio básico de viabilidad económica
 - a. Presupuesto básico.
 - b. Periodo de amortización simple.
 - c. VAN.
 - d. Ahorros potenciales del sistema propuesto.

La memoria del proyecto está estructurada de tal manera que expone la información comenzando por una introducción y puesta en situación, pasando por una breve introducción histórica a la materia y definición detallada del concepto de red de distrito de calefacción y ACS. El TFG continúa con un análisis de las necesidades energéticas actuales de la ENM basado en los consumos energéticos correspondientes al año 2017 y termina con las propuestas de dos sistemas centralizados, uno alimentado con gas natural, y otro con pellets.

El último capítulo de esta memoria se emplea para presentar los resultados y las conclusiones obtenidas a lo largo de la realización del TFG y seleccionar la propuesta más adecuada. Además, se presentan varias líneas futuras de investigación.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 La búsqueda del bienestar térmico

De lo primero que el ser humano tuvo necesidad de recibir un abastecimiento continuo, fue de agua potable, fuente de la vida, y debido a ello las civilizaciones se establecían en las inmediaciones de los ríos. Para poder satisfacer esta necesidad en aquellas civilizaciones alejadas de los ríos, el ser humano descubrió que se podía acceder a acuíferos subterráneos mediante pozos. Sin embargo, con el avance de las civilizaciones, el agua de los ríos comenzó a llevarse a las casas y a los depósitos empleando cañerías y acueductos, acuñando el término “agua corriente” (agua potable que llega a las viviendas).

Suponiendo el concepto clave de este TFG, el mero hecho de mantener un ambiente cálido en los hogares y en las estancias que más se frecuentan constituye la otra gran necesidad básica del ser humano junto con el agua y la comida. Para ello se necesita una fuente de calor, obtenida de un combustible o de energía eléctrica y un sistema de calefacción adecuado para distribuir dicho calor.

En el siglo I a.C., el ingeniero romano Cayo Sergio Orata inventó el Hipocausto, un sistema de calefacción de suelo que consistía en un horno situado en el exterior de una vivienda cuyo aire caliente producido por unas brasas era dirigido por unas canalizaciones de barro situadas debajo del suelo de la vivienda. Se obtenía una temperatura no superior a los 30 °C.

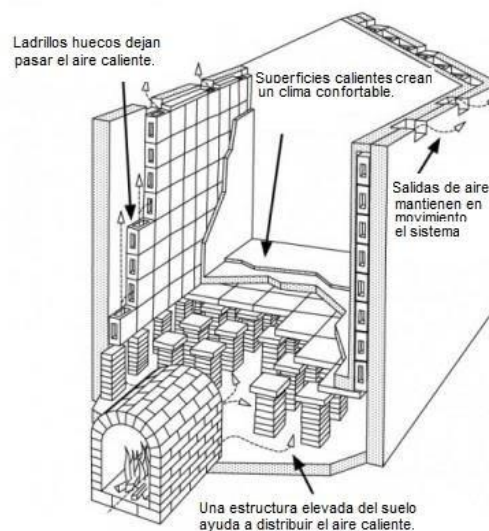


Figura 2-1 Esquema de hipocausto romano [1]

En la Edad Media española, en la región de Castilla, apareció el Gloria. Un ingenioso sistema de canales repartidos por todo el suelo de una estancia alimentado por el aire caliente de un horno situado en el exterior, como los dos casos anteriores, pero que además permitía regular la cantidad de aire entrante para poder seleccionar la temperatura de la vivienda en cuestión. Esto le daba opción de emplear materiales combustibles menudos¹ en sustitución de la madera.

Sin embargo, y no constituyendo una necesidad primordial, desde la época del Imperio Romano hasta la Edad Media, fue muy común la construcción de baños termales, piscinas de aguas calientes minerales que los pudientes de las épocas empleaban para relajarse e incluso realizar sus negocios, y es en el primer período mencionado donde el concepto de la transmisión de calor mediante canalizaciones se extendió al ámbito de este agua caliente, siendo en Pompeya el primer lugar conocido hasta la fecha donde se empleó una serie de canales abiertos para suministrar a las viviendas y a los baños termales el agua caliente.

Durante la Revolución Industrial, en la segunda mitad del siglo XVIII, haciendo que los hábitos de vida cotidianos cambiaran por completo, apareció la caldera de mano de la máquina de vapor de James Watt. Ésta calienta fluidos empleando un combustible (o electricidad en la actualidad) que, a continuación, son transportados a través de tuberías para calentar locales y viviendas. Fue a partir de este período cuando las viviendas unifamiliares comenzaron a tener una caldera individual, las cuales gastaban cantidades de combustible desproporcionadas.

Empleando este invento, y con con la esperanza de que los ciudadanos de Nueva York podrían ahorrar su dinero en combustibles para la calefacción, en el año 1877, Birdsill Holly Jr estableció el primer sistema comercial de sistema de calefacción común para todos los habitantes de Lockport; un sistema de calefacción de distrito, en el cual todos los vecinos aportaban la misma cantidad de dinero en carbón para su caldera en común. La idea comenzó siendo una caldera instalada en la propia casa de Holly, la cual abastecía de agua caliente a la misma casa y a la de su vecino, a 40 m de ella. Sin embargo, Holly ya era conocido en la sociedad americana de la época por instalar un sistema de Contra Incendios en varias ciudades de Norte America, y presentó la idea de extender su sistema de calefacción de distrito a su barrio entero, en una conferencia a la que incluso asistió Thomas Edison. De esta manera, se le conoce como el padre de los sistemas de calefacción de distrito.

Durante la crisis del petróleo entre los años 1973 y 1979, se promovió en Occidente retomar y actualizar este concepto, sustituyendo antiguas centrales térmicas por centrales de cogeneración y empleando materiales orgánicos residuales para generar calor en grandes centrales para su posterior distribución.

2.2 Hacia el fin de la era fósil

“La humanidad tiende a incrementarse a una tasa más grande que sus medios de subsistencia.” Palabras del naturalista inglés Charles Darwin hacia el final de su vida maestra, en la década de 1870.

Estas palabras adelantan el estado en el que se encuentra el panorama mundial actual del sector energético primario². Según pronosticaron los expertos de la firma británica “British Petroleum” (mundialmente conocida por sus siglas, BP) en junio del año 2014, durante el XXI Congreso Mundial de Petróleo, celebrado en Moscú, “las reservas mundiales de petróleo se acabarán en el año 2067 y, unos años antes, no definidos con exactitud, las reservas de gas natural”. Actualmente existen 1.680 billones de barriles, y al ritmo de consumo actual únicamente durarán hasta esa fecha. Sin embargo, y siendo la

¹ Materiales sobrantes de la actividad agrícola y ganadera, precursores de la actual biomasa.

² Sector industrial dedicado a la obtención de aquellas formas de energía disponibles en la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Consiste en la energía contenida en los combustibles crudos, la energía solar, la eólica, la geotérmica y otras formas de energía que constituyen una entrada al sistema.

situación más desfavorable y manteniendo este ritmo, se prevé que, para el año 2038, no se podrá satisfacer la demanda mundial actual de petróleo.

El descubrimiento del petróleo y, con él, el descubrimiento de sus derivados, tales como las gasolinas líquidas (incluyendo el gasóleo y el queroseno), los lubricantes, los plásticos o las ceras, permitieron a los químicos, ingenieros e inventores de los siglos XIX y XX dar rienda suelta a su imaginación y aplicar la combustión de los primeros y del gas natural a ciertos ingenios, como los motores y calderas ya existentes que previamente funcionaban con carbón.

Las energías fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural proveen el 85% de la energía primaria que consumimos a nivel mundial³. Este es un dato que inevitablemente la humanidad reducirá en algún momento de su historia hasta alcanzar el valor nulo. La misión de los Gobiernos del mundo y de las Instituciones globales, en este ámbito, no debe ser otra que la de amortiguar el fuerte impacto que podría suponer en la población mundial que de un día para otro se alcanzase este nivel nulo.

Especialmente en la Unión Europea -pionera en cuanto a sostenibilidad se refiere- pero también en el resto del mundo -y especialmente en aquellos países donde abundan los yacimientos y puntos de extracción y, por tanto, se obtiene un beneficio notable- está aumentando la preocupación con respecto a la producción de energía, el medio ambiente y la continuidad del suministro eléctrico, lo cual está incentivando a los ingenieros de todo el mundo a proponer ideas innovadoras para mitigar este negativo efecto.

La famosa cita del jeque Zaki Yamani, ministro saudí de Petróleo durante los años setenta y ochenta dice: "así como la edad de piedra no terminó por falta de piedras, la edad del petróleo no terminará con el agotamiento total de las reservas, como ingenuamente piensan algunos". El ministro Yamani quiso hacer ver al mundo que, en algún momento de la historia, el precio del barril de petróleo será tan alto que el ciudadano de a pie ya no podrá permitirse llenar el depósito de su coche sin dejar en ello todo su salario y que estará disponible únicamente para los grandes gerifaltes. Por ello el mundo debe responder a esta preocupante situación, y así lo está haciendo. Las redes de calefacción de distrito, definidas en el apartado 2.5 y como se demostrará a lo largo de este proyecto, son un método muy eficiente para conseguir el bienestar térmico, la economía y la sostenibilidad.

2.3 La Escuela Naval Militar y su compromiso con la eficiencia energética

La Escuela Naval Militar es el centro donde se forman los oficiales de la Armada Española de los cuerpos General, Infantería de Marina, Intendencia e Ingenieros. En sus inicios, en 1717, la primera Compañía de Guardias Marinas se estableció en Cádiz con el propósito de impartir a los oficiales de marina una formación mixta científico-práctica. Es el antecedente de la actual ENM y contaba con un total de 37 alumnos. Desde 1769 hasta 1943, aunque bajo distintos nombres y consideraciones (Academia de GGMM y Colegio de GGMM), se instaló en San Fernando, variando su ubicación dentro del mismo municipio. En 1943 se instaló en el polígono de Tiro Naval de Jaime Janer de la villa de Marín, Pontevedra, en la Comunidad Autónoma de Galicia (Figura 2-2).

La Armada Española es una institución que responde de manera positiva ante situaciones en las cuales se requiere un añadido de concienciación social y de actuar a favor del ahorro, tanto energético como económico. Todas sus unidades son conocedoras de la importancia del ahorro energético y de la necesidad de la optimización energética.

³ Obtenido de ([District heating documentary film, YouTube](#)).



Figura 2-2 Ubicación de la ENM en España (Google Earth)

El C.N. Comandante Director de la ENM, además, formula y promulga la Política Ambiental del centro conforme a los principios redactados en el Capítulo 2 del Manual de Gestión Mediambiental, Declaración del Mando, adjunto en el Anexo I: , en el cual hace alusión a la búsqueda del ahorro y eficiencia energética, prevenir la contaminación, alcanzar la mejora continua en estos ámbitos, sustitución progresiva de los combustibles tradicionales a formas de energía más limpias, como el gas natural y, en especial, al fomento de la I+D+I en relación al medioambiente y nuevas tecnologías en los TFG's de los alumnos.

2.4 Personal de la Escuela Naval Militar⁴

A lo largo del primer semestre del año 2017 (enero-julio 2017), perteneciente al segundo semestre del curso escolar 2016/2017, la ENM contaba con 6 brigadas, distribuidas entre ambos cuarteles de alumnos, ocupando 135 alumnos el cuartel Marqués de la Victoria y 229 el cuartel Almirante Francisco Moreno. Como se refleja en la Tabla 2-1, éstos formaban un total de 352 alumnos.

BRIGADA	Nº DE ALUMNOS
1 ^a	73
11 ^a /12 ^a	13
2 ^a	67
3 ^a	76
4 ^a	49
5 ^a	74
TOTAL DE ALUMNOS EN LA ENM	352

Tabla 2-1 Número de alumnos durante el 1^{er} semestre de 2017 (Elaboración propia)

Sin embargo, durante los meses de septiembre a diciembre del mismo año, correspondiente con el primer cuatrimestre del curso escolar 2017/2018, el número de alumnos es mayor que durante el segundo debido a dos motivos. El primer motivo consiste en que los alumnos del Cuerpo de Ingenieros, los cuales solo tienen una formación de un año, realizan su primer cuatrimestre de carrera militar en la ENM, y el segundo en la ETSIAN (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales), en Madrid. El segundo motivo es que se incorpora al batallón de alumnos la 10^a brigada, alumnos de los Cuerpos Comunes de las Fuerzas Armadas, constituida por una media de 100 alumnos. Durante el primer cuatrimestre, la ENM albergó un total de 491 alumnos, como se puede comprobar en la Tabla 2-2.

⁴ Los datos expuestos corresponden a aquéllos del año 2017, debido a que el presente proyecto se realiza en base a los mismos.

BRIGADA	Nº DE ALUMNOS
1ª	70
11ª/12ª	64
2ª	70
3ª	62
4ª	51
5ª	75
TOTAL DE ALUMNOS EN LA ENM	491

Tabla 2-2 Nº de alumnos durante los meses de septiembre a diciembre de 2017 (Elaboración propia)

Por otro lado, para que la labor principal de la ENM pueda ser llevada a cabo con éxito, existe una extensa plantilla de personal, civil y militar, destinada en la misma en diferentes puestos. En cada una de las correspondencias de la ENM existe una figura militar, o civil, encargada de cada destino. En total, la ENM contó a lo largo del año 2017 con una plantilla compuesta por 422 integrantes (Tabla 2-3). A comienzos del año 2018, la plantilla de personal se ha visto reducida a 391 integrantes, pertenecientes estos a personal de marinería en su gran mayoría.

CATEGORÍA	Nº INTEGRANTES
OFICIALES	66
SUBOFICIALES	98
CABOS MAYORES/CABOS 1 ^{OS}	37
MARINERÍA	101
FUNCIONARIOS	27
PERSONAL LABORAL	93
TOTAL EN ENM	422

Tabla 2-3 Nº de integrantes de la ENM en 2017 (Detall ENM)

Por lo tanto, el número máximo de personal, tanto alumnado como funcional, destinado en la ENM en el año 2017 corresponde con un 913 integrantes (Tabla 2-4).

FUNCIÓN	Nº DE INTEGRANTES
PERSONAL ENM	422
ALUMNADO	491
TOTAL	913

Tabla 2-4 Número máximo de personal en la ENM en 2017 (Detall ENM)

A todo este personal, la ENM ha de ser capaz de proporcionarle un servicio adecuado de calefacción y agua caliente sanitaria, lo cual precisa de una demanda de energía térmica de grandes dimensiones.

2.5 Los sistemas de calefacción de distrito

También denominadas redes de calefacción urbana, calefacción de barrio o incluso telecalefacción, son aquellas instalaciones de calefacción en las cuales el calor se produce en una central y se distribuye en forma de vapor, agua caliente y/o agua fría a diferentes puntos de consumo de energía mediante un sistema de tuberías subterráneas. El concepto es semejante al modo de distribución urbano de agua, gas, electricidad o los medios de telecomunicaciones.

Estos tipos de instalaciones tienen como objetivo ofrecer un servicio de climatización (calor y frío) y agua caliente sanitaria (ACS) a un conjunto de edificios a través de una red de canalizaciones convenientemente aisladas. Estas redes proporcionan una mejor eficiencia energética que una instalación descentralizada.



Figura 2-3 Esquema del sistema de calefacción de distrito [2]

El abanico de usuarios de estas instalaciones comprende desde viviendas comunes, dependencias de empresas (comercios, oficinas), edificios de la administración pública, edificios públicos (colegios, institutos y hospitales), etc. Y la principal característica que convierte a una red de este tipo es que ofrece la posibilidad de emplear la energía térmica residual procedente de otra fuente, como pueden ser las centrales térmicas, energías renovables como la eólica o la solar o combustibles ecológicos como la biomasa e incluso pellets obteniendo una rentabilidad económica, no solo por lo que implica el uso de combustibles orgánicos, sino por las facilidades que los organismos estatales de todo el mundo proporcionan a la hora de llevar a cabo un proyecto de estas características. En España, la Comunidad Autónoma de Galicia es un gran referente en cuanto a otorgar este tipo de facilidades se refiere, siendo el Instituto Energético de Galicia quien publica la Resolución de 16 de mayo de 2017 [1], por la cual se establecen las bases reguladoras y se anuncia la convocatoria de subvenciones para la realización de auditorías energéticas, implantación de sistemas de gestión y proyectos de ahorro y eficiencia energética en las empresas de los sectores industrial y hotelero, para el año 2017 y 2018, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional en el marco del programa operativo Feder-Galicia 2014-2020.

2.5.1 Descripción básica

El calor se produce en una central de producción de calor, la cual debe ser capaz de proporcionar la energía suficiente para abastecer a un conjunto determinado de subcentrales en el instante de demanda máxima. Este instante coincide con los meses de noviembre a marzo en España de acuerdo con el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía [2].

Una vez el agua caliente alcanza las subestaciones de destino, denominadas subcentrales de edificio, un intercambiador de calor, instalado en estas, hace las veces de caldera y prepara el agua con las características propias del edificio de presión y temperatura.

Por último, el agua que ya ha realizado su función y que, por tanto, ha perdido parte de su calor útil, es recirculada de nuevo a la central de producción. Allí es recalentada y empleada de nuevo.

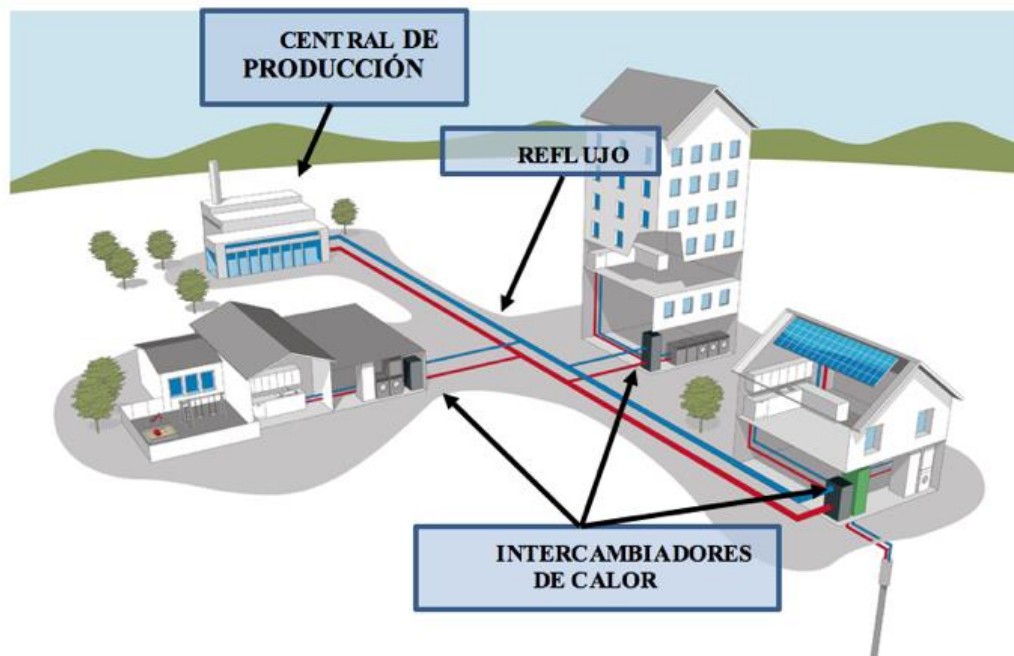


Figura 2-4 Concepto caldera-intercambiador-reflujo en una red de calefacción de distrito [23]

2.5.2 Tipos

La manera de clasificar las redes de distrito consiste en atender a aquellos parámetros que definen sus características, los cuales afectan directamente a su capacidad y a sus especificaciones. Dichos parámetros son los siguientes:

1. Demanda térmica que debe abastecer el sistema.
2. Geometría de la red, diseño y diámetro de las tuberías, interconexiones y bombas.
3. Procedimiento de operación del sistema, atendiendo al caudal y las temperaturas de impulsión y retorno

Además, el despliegue de conductos que configuran el sistema puede concebirse de una manera, o de otra, en función del sector al que vaya a prestar sus servicios. La mayor parte de este tipo de sistemas de distribución de calor son destinados a satisfacer las necesidades de calefacción y ACS, sin embargo, también existen redes de distribución de frío, consistiendo en ambos casos en trazados de dos tubos, uno de ida y otro de retorno. En la actualidad, debido al crecimiento de la demanda de aire acondicionado por razones climáticas, la implantación de sistemas que ofrezcan servicios de frío y calor es la que está en auge, y la tipología más habitual de estos es de cuatro tubos. No obstante, este proyecto está destinado a la producción de calefacción y ACS, por lo que no se hará más referencia de la ya presente a las redes de distribución de frío.

Atendiendo simultáneamente a los tres parámetros descritos anteriormente, se describen a continuación los tipos de redes de calefacción de distrito.

2.5.2.1 Por trazado

De acuerdo con el trazado que posea, una red de distribución de energía térmica puede configurarse de tres maneras:

1. Trazado ramificado (o en espina de pescado): cada edificio se conecta a una única central de producción mediante única vía de suministro. Se trata de un concepto fácil de aplicar, de fácil aplicación y de buena capacidad de respuesta ante una avería. Es empleado tanto en zonas donde el calor se debe llevar a zonas lejanas, como en microrredes, pero teniendo en cuenta que las dependencias deben contar con una demanda térmica moderada, lo que implica temperaturas de impulsión bajas y un tiempo de trabajo continuado moderado.



Figura 2-5 Ejemplo de red con trazado ramificado [27]

2. Trazado de malla: el consumidor está conectado a la central generadora mediante varias vías de manera que puede tener varias alternativas de suministro. En caso de tener varias centrales próximas, puede conectarse a más de una, permitiendo suplir la carencia de una de éstas con el servicio de otra estación en caso de avería. Consiste en un trazado complejo y un gasto más elevado que el caso anterior, pero es una red cuya fiabilidad aumenta de manera sustancial. Sin embargo, su instalación solo se justifica en caso de que sea condición necesaria garantizar el suministro de manera muy estricta o en redes más grandes, como podría ser el caso de una red encargada de abastecer a toda una población en un lugar frío, como podría ser el Norte de Europa.

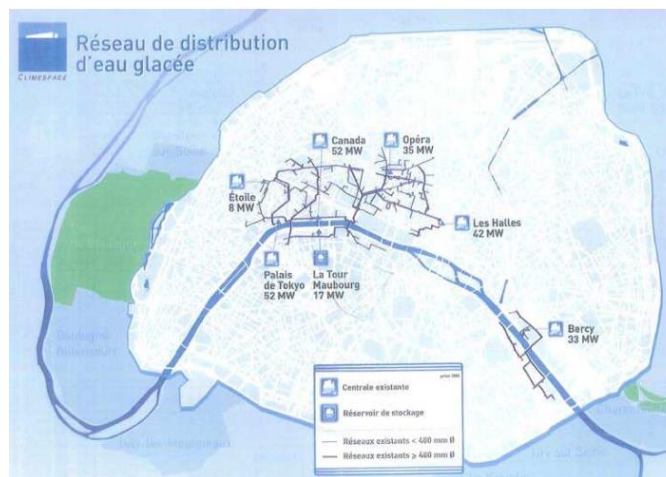


Figura 2-6 Ejemplo de red con trazado en malla [29]

3. Trazado en anillo: consiste en una solución mixta producto de la combinación de las dos anteriores. Se trata de una red de trazado ramificado en la que el punto final de la red también puede estar conectado con el inicio por cuestiones de seguridad y fiabilidad en el suministro. Esto favorece la facilidad del reflujó del agua empleada y una reducción de la presión de trabajo, lo que se traduce en mejores condiciones de seguridad, fiabilidad y economía que las dos anteriores.



Figura 2-7 Esquema de red con trazado en anillo [28]

2.5.2.2 Por número de tubos

1. Sistemas de dos tubos: una tubería transporta el fluido caliente desde la central de producción hasta la subcentral de consumo. A continuación vuelve al punto de origen a través de un segundo tubo. Son sistemas empujados para un solo uso; calor o frío.
2. Sistemas de tres tubos:
 - I. Una tubería transporta agua fría.
 - II. Otra tubería transporta agua caliente.
 - III. Una tercera tubería se comporta como un retorno común a las dos tuberías anteriores.

La ventaja principal de este tipo de disposiciones es que disminuyen los gastos de inversión en tuberías, aunque son sistemas muy poco empleados debido a la disminución considerable de la eficiencia energética, debido a la mezcla de los fluidos caliente y frío en el retorno. El empleo de este tipo de sistemas es desaconsejado debido a la falta de experiencia en su instalación y al hecho anterior

3. Sistema de cuatro tubos: cuando se necesita satisfacer simultáneamente las demandas de calefacción y refrigeración en cualquier estación del año y se generan ambos tipos de energía en la misma red, es la instalación más común. Siguiendo esta configuración, hay una tubería de ida y otra de vuelta, tanto de agua fría como de agua caliente. Es un sistema cuyo coste en tuberías es alto, pero el más flexible de los tres tipos.

Algunos sistemas de calefacción de distrito pueden establecerse mediante sistemas de cuatro tuberías, destinadas a transportar por separado el agua utilizada para calefacción de la utilizada para producir ACS. De esta manera, se configura una red de calefacción que trabaja a temperatura elevada en invierno y otra red para ACS que funciona todo el año a baja temperatura (70°C).



Figura 2-8 Sistema de cuatro tubos [30]

2.5.2.3 Por sector

La demanda de cualquier tipo de energía, en general, varía dependiendo del número de individuos que la empleen simultáneamente o a lo largo del tiempo, del tipo de individuos que la demanden y el destino de la energía empleada. Por ello, las redes de calefacción de distrito se pueden diferenciar en función de los sectores a los que abastezca:

1. Sector residencial y comercial: el fin principal de las redes de calefacción de distrito es el de abastecer viviendas y edificios comerciales o del sector terciario, a la par que conseguir un ahorro energético notable, siendo estos equipamientos públicos o edificios privados. Se debe tener en cuenta que el consumo de este tipo de calefacción por parte de las viviendas unifamiliares supone un elevado número de puntos de consumo, y puede comprometer el nivel de atención al cliente y la facturación. Por ello, el suministro a las comunidades de vecinos, es decir, una única subestación de la cual parten ramificaciones, es una solución a este problema ampliamente adoptada. En aquellos casos en los que exista una población dispersa demandante de estos sistemas, este factor puede suponer un inconveniente para la rentabilidad económica de la red, ya que es más interesante la intensidad de consumo por unidad de superficie de suelo (áreas urbanas con elevada densidad de población). El nivel de consumo de las viviendas familiares diario es equiparable al consumo de los edificios de oficinas.
2. Sector industrial: la mayoría de las sedes y fábricas de las industrias están ubicados en polígonos industriales a lo largo del territorio español. Esto significa que cumple las condiciones descritas en el punto anterior para considerar rentable el empleo de una red de este tipo: áreas urbanas con elevada densidad de población, lo que se traduce en áreas no muy extensas con un elevado número de puntos de consumo concentrados. Como se puede comprobar en la Figura 2-9.



Figura 2-9 Polígono Industrial Cabezo Beaza en Cartagena (Google Earth)

2.5.3 Elementos característicos

Una red de distribución de calor de distrito está compuesta por un circuito primario (red común) y un circuito secundario (interior a los edificios que alimenta). Puesto que distribuyen la energía térmica desde una central de generación hasta un conjunto de consumidores, los elementos de los que debe disponer son:

- Central de producción de energía.
- Red de tuberías de distribución.
- Subestaciones de conexión con los consumidores.

El factor principal que determina el modo de diseño de una red de distrito es el mantenimiento de la curva de demanda estable a lo largo del año. La capacidad de trabajo de los equipos generadores depende de la dimensión de los propios equipos, de la mencionada curva de demanda y de los sistemas de acumulación, por lo que una red de este tipo debe dimensionarse como un conjunto, atendiendo a las características fisiológicas y técnicas de cada uno de sus componentes, considerándolo como un todo.

A continuación, se exponen las características técnicas generales de cada uno de sus componentes y, además, aquellas características especiales para cada situación a las que se debe atender para un correcto dimensionado.

2.5.3.1 Central de producción de energía térmica

Como se ha dicho en apartados anteriores, la producción del calor necesario se realiza de manera centralizada, de esta manera pueden eliminarse los equipos individuales en los puntos de consumo, al mismo tiempo que es posible la integración de tecnologías con una mejor eficiencia energética, como puede ser la cogeneración, el uso de calor residual proveniente de otra central o las energías renovables, tales como la energía solar o la geotérmica.

La central de producción de energía térmica constituye el elemento principal de un sistema de calefacción de distrito. Es el componente diseñado y dimensionado para abastecer el total de la demanda de calefacción, de ACS y de refrigeración en caso de que se requiera. Se diseñan para que mantenga el pico de la demanda prevista en la zona, así como la previsión de posibles incorporaciones, a nivel de calefacción y de ACS. Por lo tanto, el diseño de las centrales se hará en función del tipo de consumidor y de la temperatura de funcionamiento del sistema.

La elección del tipo de central depende directamente de tres factores, los cuales son el tipo de combustible que se utiliza, la tecnología y la ubicación escogida.

2.5.3.1.1 Calderas

Una caldera destinada a calefacción consiste en una cámara donde se quema el combustible, y un intercambiador de calor en el cual el calor producido por la combustión del combustible se transmite a un caloportador⁵, quien transmite dicho calor a los elementos terminales. En el caso de las redes de calefacción de distrito, estos elementos terminales son los intercambiadores de calor de cada subestación.

Dependiendo del tipo de combustible que emplee la caldera, éstas se dividen en dos tipos: calderas de combustibles líquidos o calderas de combustibles sólidos.

1. Calderas de combustibles líquidos: En este tipo de calderas, el calor se obtiene mediante la combustión de gas o de gasóleo con oxígeno en el quemador. Normalmente, en los sistemas de calefacción de distrito, se emplean quemadores modulantes para regular la potencia de la instalación, y en caso de necesitar una potencia mayor, se emplean varias calderas conectadas entre sí en paralelo, obteniendo así una mayor eficiencia energética.

⁵ Fluído que se calienta en una parte de una instalación y transporta este calor a otra parte de la misma.

Atendiendo al método de operación para calentar el caloportador, existen dos tipos generales de calderas de combustibles líquidos:

- a) Caldera de condensación: aprovechan el H₂O producido al quemar el combustible, el cual puede ser tanto gas como gasóleo, con aire atmosférico, condensándolo y obteniendo 2.260 KJ por gramo de agua condensada. En una caldera convencional, esta energía térmica se desperdicia enviándola a la atmósfera, ya que la chimenea expulsa los productos de la combustión a 200°C. Pero en este tipo de calderas, la energía se recupera a través de un intercambiador de calor, que convierte este vapor en agua y se obtiene, por tanto, una energía adicional. Figura 2-10.

El rendimiento de este tipo de calderas supera el 109%, lo cual se traduce en una factura menor de gas y una emisión contaminante muy baja. Sin embargo, la temperatura máxima que puede alcanzar el caloportador es más baja que en las normales, siendo ésta de 40-60 °C. Esto no supone un problema debido a que se puede solucionar instalando radiadores más grandes en las viviendas o sistemas de emisión a baja temperatura, como los suelos radiantes. Es el tipo de caldera más eficiente del mercado, siendo la más empleada en instalaciones de calefacción de distrito.

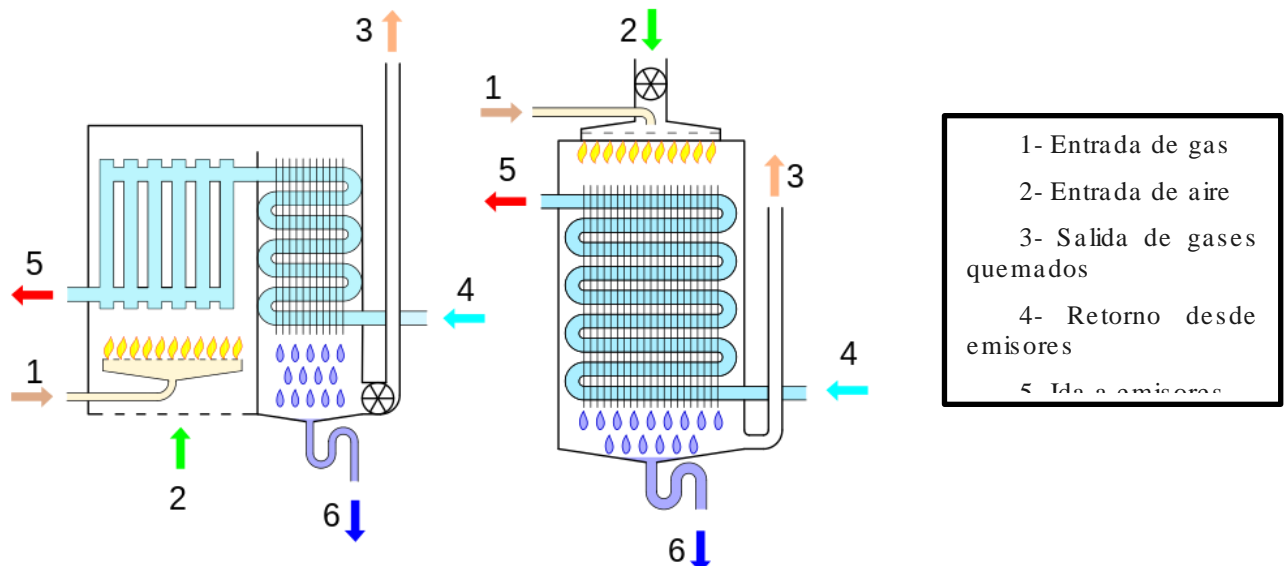


Figura 2-10 Esquema de funcionamiento de la caldera de condensación [33]

- b) Calderas con quemador atmosférico: se denomina de esta manera, ya que el aire que se introduce en el quemador lo hace a presión atmosférica. Funciona de manera inversa a la anterior y únicamente empleando gas como combustible, el cual se surte a través de unos inyectores empleando la presión de suministro como impulsora. Mediante efecto venturi⁶, aspira aire y se mezcla con éste en la proporción adecuada. A continuación, la mezcla se quema en los quemadores provistos de una parrilla de llama azul con numerosas trompetillas, empleando una chispa situada en el centro de la misma. La parrilla es la encargada de calentar el caloportador presente en el intercambiador de calor.

Son calderas menos eficientes que las anteriores pero que producen una combustión limpia, sin notables residuos (hollín) y con nula formación de CO, lo que les proporciona un escaso mantenimiento. Sin embargo, desde el 1 de enero del año 2010, está prohibida su instalación.

⁶ Fenómeno por el cual un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor.

- I. Calderas de gasóleo: funcionan empleando gasóleo C como combustible. La principal diferencia entre una caldera de gas y una caldera de combustible líquido es la necesidad de la pulverización, o atomización, del líquido para poder producir una combustión. Por ello, son dispositivos más costosos que las calderas de gas y menos eficientes. Además, emiten gases contaminantes en mayor medida y requieren de un mantenimiento mayor. Las calderas de gasóleo C son muy comunes en aquellas instalaciones que requieren una elevada potencia para satisfacer las necesidades y en aquellos lugares donde el suministro de gas mediante la red de canales urbana de gas no alcanza, como las zonas rurales. Al no ser un combustible canalizado, es necesario un almacenamiento del gasóleo en su propio depósito, lo que implica la existencia de un espacio mayor que el que se emplearía para una caldera de gas. Sin embargo, son calderas que realizan su función de manera rápida, pero también son las que más gases nocivos emiten. En función del uso para el que sean instaladas, existen calderas de gasóleo de diferentes clases:
- (a) Calderas de gasóleo por acumulación: conservan siempre agua caliente. Conllevan un mayor gasto, puesto que la temperatura se ha de conservar constante. Este tipo de calderas son las empleadas en las instalaciones de una red de calefacción de distrito. Esto es debido a que una de las funciones que debe realizar una de estos sistemas centralizados es proporcionar ACS y calefacción, pero manteniendo el nivel de economía. Si, por ejemplo, de una red de distrito destinada a servir a 150 viviendas, y únicamente una de ellas necesita de sus servicios, ya sea para un fin (ACS) o para otro (calefacción), el encendido de la caldera implicaría un gasto de una gran cantidad de combustible, y un empleo de una gran cantidad de energía que se desaprovecharía. Por ello, y para evitar el desperdicio de energía, son las calderas cuyo modo de funcionamiento es por acumulación las empleadas en las redes de distrito de gasóleo.
 - (b) Calderas de gasóleo instantáneas: calientan el agua en el instante en el que se necesita hacer uso de agua caliente. Conllevan un menor gasto debido a que consumen combustible en el momento preciso en el que se vaya a consumir ACS o a utilizar el sistema de calefacción. Para el caso de una red de calefacción de distrito, este tipo de calderas no es útil, ya que el fin de este tipo de instalaciones es el de abastecer a un número elevado de usuarios, y las calderas instantáneas están diseñadas exclusivamente para viviendas unifamiliares.
- II. Calderas de gas: En las calderas de gas la condición necesaria para que se produzca la combustión es la presencia de una presión superior a la atmosférica, lo cual se consigue gracias a la presión del suministro del propio gas. Cuanto mayor sea la presión interna, mejor rendimiento tendrá la reacción. Si el gas empleado es propano, su presión será de 37 mb, si se trata de butano, de 28 mb, y si se trata de gas natural, será de 20 mb. Este tipo de calderas pueden emplear dos tipos de gas:
- (a) Calderas de gas natural: suministrado por medio de un sistema canalizado en todos los casos, el gas natural tiene un poder calorífico inferior de 8,18 kWh/L, siendo el del gasóleo de 9,98 kWh/m³. Teniendo un precio más bajo que el gasóleo, su combustión proporciona la energía suficiente para mantener una relación calidad-precio adecuada a la hora de ser empleado en una caldera de grandes dimensiones como la que se emplea en un sistema de calefacción de distrito. El gas natural es un gas muy estable y seguro, cuyo transporte está en la actualidad muy fomentado y desarrollado y cuya contratación de servicio es sencilla.

- (b) Calderas de gas butano: se trata de gas butano canalizado. Se emplean en zonas donde no se necesita mucha calefacción o en zonas habituales de segundas residencias, debido a que la relación poder calorífico-precio es pobre.

En la actualidad, todas las calderas que se comercializan son las denominadas calderas estancas, en las cuales la combustión tiene lugar en una cámara estanca que no tiene contacto con el aire local, al contrario que las atmosféricas. La salida de humos se realiza mediante un conducto instalado en la cámara para tal fin, y el aire exterior se absorbe mediante un conducto que termina en la misma. Ambos conductos tienen una apertura alterna que es la que proporciona la estanqueidad del sistema. Las calderas mencionadas anteriormente, las calderas de condensación, son un tipo de caldera estanca.

Este género de calderas tienen una serie de ventajas que les hace predominar en el empleo de calderas a la hora de diseñar una instalación de gran trascendencia:

- Alto grado de seguridad y limpieza, debido a la estanqueidad de la cámara, impidiendo que los gases de combustión puedan salir al exterior.
- Alto rendimiento gracias a la recuperación de energía contenida en los humos de combustión, lo que implica una reducción del gasto económico.
- Existencia de subvenciones a la hora de realizar una sustitución [3].

2. Calderas de combustibles sólidos: los combustibles que pueden ser empleados en estos tipos de calderas son el carbón o la biomasa, combustible en cuya investigación Europa es pionera, como indicó el secretario general de AEBIOM [4] Jean-Marc Jossart ante el Parlamento Europeo el 17 de enero de este mismo año. Se considera biomasa toda aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluidos los residuos y deshechos orgánicos, susceptibles de ser aprovechados energéticamente. Quedan fuera de este concepto los combustibles fósiles ya que, aunque también tienen un origen orgánico, su formación tuvo lugar en tiempos remotos. La biomasa es una energía renovable de origen solar a través de la fotosíntesis de los vegetales. Debido a su impacto positivo sobre el ratio de emisiones de CO₂/kWh térmico generado, la biomasa es una tecnología que está en desarrollo y a la cual las instituciones dedicadas a estas líneas de investigación dedican la mayoría de sus esfuerzos, ya que contribuye a la reducción del CO₂ atmosférico. En la actualidad existen numerosos fabricantes que se dedican exclusivamente a la producción y al desarrollo de calderas capaces de aprovechar al máximo la energía que ofrece este combustible, empleando para ello pellets, astillas, restos de podas, restos forestales, restos agrícolas, deshechos de la industria de la madera, pero el coste de sus calderas es aún elevado debido a la poca madurez del mercado.

Respecto a las calderas de gas y de gasóleo, esta tecnología tiene ciertas particularidades, siendo la gran diferencia que la biomasa consiste en un combustible sólido, irregular y sucio. Esto supone un incremento en el coste global, ya que se debe atender a ciertos hechos:

- La biomasa necesita un tratamiento antes de ser empleada en la caldera, debido a la presencia de residuos inutilizables en ella.
- No se trata de un fluido, lo cual requiere sistemas de transporte más complejos y costosos.
- Es necesario disponer de grandes superficies de almacenamiento de biomasa para asegurar una disponibilidad continua.
- La combustión de la biomasa genera una elevada cantidad de cenizas candentes que deben ser evacuadas y almacenadas correctamente.

2.5.3.1.2 Centrales térmicas

Una central térmica es una instalación de grandes dimensiones en la cual la energía presente en un combustible, normalmente carbón, complementado con fuel-oil y gasoil, es transformada en energía calorífica (caldera de la central), mecánica (turbina) y eléctrica (generador).

La función principal de una central térmica es la producción de electricidad a partir de los combustibles citados y, como residuo, se produce calor, aprovechado entonces en los sistemas de distrito.

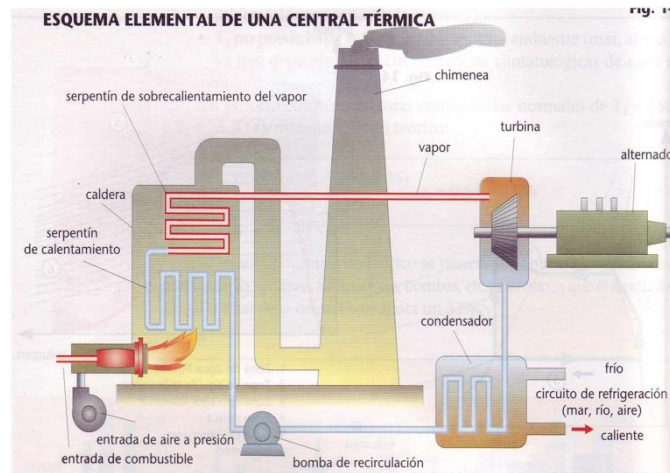


Figura 2-11 Esquema elemental de una central térmica (Fuente: [51])

De hecho, una de estas instalaciones genera una cantidad de calor de la cual se desperdicia hasta el 60%⁷. Con lo cual, emplear este calor residual en un sistema de calefacción es la solución más adecuada para mitigar el efecto de esta pérdida.

La mayor desventaja de una instalación de este tipo es el gran espacio que necesita, junto con el mantenimiento y el personal que requiere, traducido en grandes sumas de dinero invertido por unidad de energía producida.

Un tipo de central común entre las redes de calefacción de distrito son las centrales geotérmicas, las cuales aprovechan la energía almacenada en el terreno mediante perforaciones en el mismo de gran profundidad. El sistema se basa en circuitos que intercambian energía en forma de calor a través de una bomba geotérmica. El circuito geotérmico recorre el subsuelo captando la energía del mismo. El circuito del emisor cede la energía al terreno a través de la bomba de calor.

⁷ Información obtenida de [District heating documentary film, YouTube](#)

2.5.3.2 Red de tuberías de distribución

Los conductos de las redes de calefacción de distrito están formados generalmente por dos tuberías, una de impulsión y otra de retorno, como se puede observar en la Figura 2-12.



Figura 2-12 Conducto de dos tuberías preaislado para una red de distrito de calefacción [40]

La extensión de la red depende directamente de la situación de la central de producción de energía, el número de usuarios y las pérdidas de energía calculadas. La selección del medio de distribución (aire caliente, agua cliente o vapor) dependerá de las temperaturas de trabajo que se precisen y de la cantidad de energía demandada. Normalmente, se emplea agua caliente, debido a su mayor capacidad calorífica que el aire, lo que le permite transportar mayor cantidad de energía en el mismo espacio de las conducciones.

Las tuberías de distribución que se emplean en una red de distribución de distrito pueden ser de materiales muy variados, sin embargo, los más empleados son el acero y los plásticos flexibles, en todos los casos recubiertas por un aislamiento. De esta manera y con estos materiales, se emplean tuberías rígidas y tuberías flexibles, compuestas en todos los casos por la propia tubería portadora, un aislamiento que disminuye las pérdidas térmicas, y una cubierta exterior protectora.

2.5.3.2.1 Tuberías rígidas

Son las tuberías portadoras más robustas, que pueden soportar presiones y temperaturas mayores que las flexibles. Sin embargo, para su diseño, se debe tener en cuenta las posibles dilataciones, instalando elementos específicos que controlen estos pequeños desplazamientos y revisiones más frecuentes, lo que encarece la instalación. Los rangos de trabajo oscilan entre un diámetro nominal de 20mm hasta 1000mm.

Los materiales típicos de fabricación son metales o plásticos rígidos.

2.5.3.2.2 Tuberías flexibles

El rango de diámetros de este tipo de tuberías comprende desde los 20 mm hasta los 160 mm de tubería. Son tuberías más eficientes que las tuberías rígidas y a las cuales no se les tiene que aplicar un mantenimiento tan frecuente como a las rígidas. El aislamiento característico de estas tuberías y la naturaleza de los materiales con las que son fabricadas ofrecen un nivel de pérdidas térmicas menor que en el caso anterior.

2.5.3.3 Subestaciones de conexión con los consumidores

Las subestaciones realizan la conexión entre la red de distribución y los edificios (puntos de consumo). Como se ha dicho anteriormente, adecúan la presión y la temperatura de la red de distribución a las condiciones necesarias para el edificio.

Consisten en un equipo regulador, un contador y, en ocasiones, equipos de almacenamiento. En función del consumo, existen dos tipos de subestaciones: de conexión directa y de conexión indirecta. Ambas se diferencian en si el agua de la red de distribución entra directamente en los emisores de energía de los edificios (radiadores, grifos), o bien si se produce la transferencia de calor mediante un intercambiador de calor, independizando cada circuito de la red común.

El tipo de subestación más empleada es la segunda (conexión indirecta), ya que consigue sustituir lo que en un sistema individual de calefacción y ACS sería una caldera, por un intercambiador de calor, de manera que cada usuario pueda elegir la temperatura de funcionamiento de manera individual.

2.5.3.3.1 Intercambiadores de calor de las subestaciones

Son los mecanismos encargados de transmitir el calor del el circuito primario (red) al circuito secundario (instalaciones interiores). La separación entre ambos circuitos se lleva a cabo mediante un depósito acumulador instalado en cada edificio, de tal manera que el agua caliente acumulada en su interior se emplea en el circuito secundario.

Aunque existen varios tipos de intercambiadores de calor, en las redes de distribución de distrito se emplean dos de ellos específicamente, empleando uno, u otro, dependiendo del tamaño del acumulador antes mencionado:

1. Acumuladores de capacidad inferior a 1.000 L: IC⁸ de serpentín: el agua caliente del circuito primario circula por un serpentín metálico que calienta el agua presente en el acumulador.
2. Acumuladores de capacidad superior a 1.000 L: IC de placas: cada dos placas del IC se genera un canal de circulación por el que circula agua caliente procedente del circuito primario. Por el espacio que queda comprendido entre estas, se hace circular agua fría del depósito, que es calentada al contacto con las placas calientes.

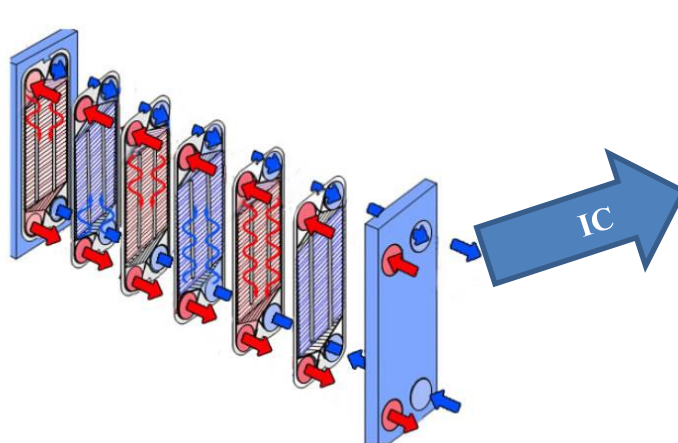


Figura 2-13 Esquema IC de placas (Fuente: [55])

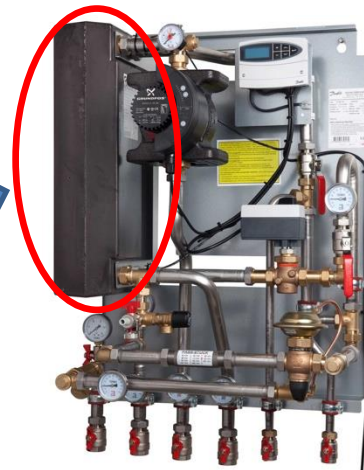


Figura 2-14 Subestación (Fuente: [56])

⁸ IC: Intercambiador de Calor

2.5.3.3.2 Instalaciones interiores

El circuito secundario, interior a los edificios, constituye lo que se denominan instalaciones interiores, lo cual consta de:

1. Sistema de regulación de instalaciones interiores: válvula de dos vías que regula el caudal que llega a cada terminal, de tal manera que permita la regulación de la potencia en cada terminal del circuito del cliente (IC).
2. Sistema de bombeo: sistema que permite al fluido llegar a todos los puntos de consumo. El caudal se regula en función de las necesidades de demanda, de tal manera que el consumo eléctrico se reduce.
3. Acumuladores de calor: se emplean en instalaciones de usuarios con una demanda pico elevada, normalmente de ACS (hoteles, instalaciones deportivas, residencias, etc.). Permiten satisfacer demandas instantáneas elevadas, ya que consisten en depósitos acumuladores, como los expuestos anteriormente, pero que siempre contienen agua caliente en su interior, para posibles necesidades repentinas.
4. Control de legionelosis: aunque las bacterias y la legionelosis no son problemas característicos de una red de distribución de distrito, siempre son susceptibles de aparecer en cuanto se trabaja con agua caliente, por ello es de obligatorio cumplimiento la implementación de sistemas de control de legionelosis en cualquier tipo de central doméstica, normalmente en el sistema de tuberías de agua potable o en el tanque de almacenamiento.
5. Sistemas de seguridad: consisten en una serie de vasos de expansión cuya misión es la absorción de la posible expansión térmica del agua. Su diseño depende de la diferencia entre la temperatura más alta y la más baja que pueda existir en el sistema. Además, también es obligatoria la instalación de una válvula de seguridad en la tubería de agua fría (circuito secundario) de entrada al intercambiador de calor.

2.5.4 Tipos de fuentes energéticas empleables

Las fuentes energéticas de las que se puede obtener la energía térmica necesaria para que las calderas o las centrales térmicas previamente explicadas realicen su función pueden ser de origen renovable (energías alternativas) o de origen fósil, no renovables (convencionales). La Figura 2-15 muestra los tipos de combustibles atendiendo a su origen.

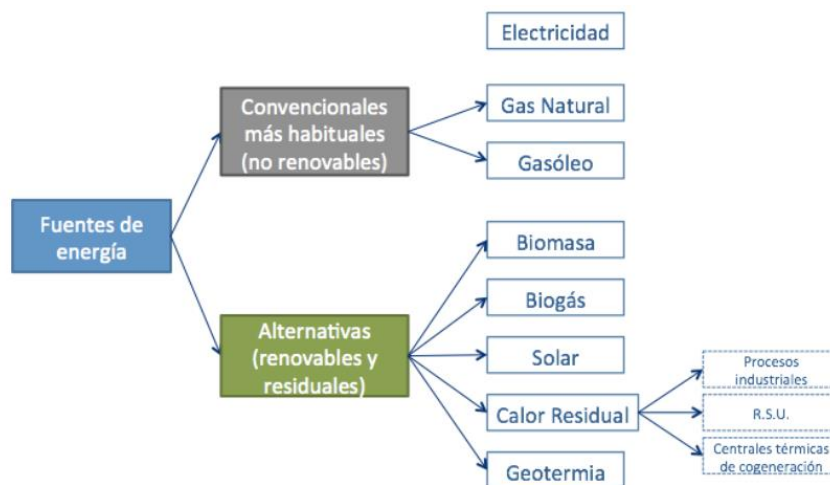


Figura 2-15 Fuentes de energía empleables en una red de distrito (Fuente: [59])

2.5.4.1 Fuentes de energía convencionales

2.5.4.1.1 Gas natural

De origen fósil, está formado por una mezcla de gases (90% metano y el resto gases con base de carbono: etano, propano, pentano y CO₂). Se emplea en el ámbito de las redes de distribución de calefacción y ACS de manera extendida, siendo el combustible convencional más empleado. Aunque sus ventajas se expondrán más adelante, la principal es la extensa red de distribución existente en los núcleos urbanos actualmente, además del bajo, aunque no nulo, nivel de emisión de CO₂.

2.5.4.1.2 Gasóleo C

Es un producto líquido derivado de la destilación del petróleo. La principal ventaja que éste ofrece es que, debido a su naturaleza líquida, no necesita un transporte tan especial, presurizado, para su transporte. Sin embargo, no cuenta con un sistema de distribución canalizado, con lo cual se debe almacenar para su empleo.

2.5.4.1.3 Electricidad

Aunque es considerada una energía de alta calidad, su empleo no es lo suficientemente eficiente como para su empleo a grandes dimensiones en una red de distrito. En estas instalaciones, la electricidad se emplea para el accionamiento de las máquinas de enfriamiento y para alimentar los sistemas auxiliares, bombas de impulsión, sistemas de control, válvulas, etc., no para la producción de calor. Sin embargo, si se emplea, debido a su menor escala, en el ámbito doméstico para calentar agua por efecto Joule en calderas unifamiliares de pequeño tamaño.

2.5.4.2 Fuentes de energía renovables

Son aquellas que, por su naturaleza de regenerables, deberían ser inherentes al concepto “red de distribución de distrito”, ya que el objetivo de estas redes es el del respeto del medio ambiente y la sostenibilidad.

2.5.4.2.1 Biomasa

El concepto consiste en el aprovechamiento de los restos orgánicos de las industrias agrarias, como las cáscaras de frutos secos, restos de la limpieza de bosques o de las industrias madereras para su uso como combustible. La biomasa, en el ámbito de la calefacción de distrito, se emplea en forma de astillas o pellets.

2.5.4.2.2 Biogás

Es un gas combustible que se genera en medios naturales, o puede ser generado artificialmente, mediante la biodegradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno (ambiente anaeróbico). El resultado de esto es una mezcla gaseosa constituida por metano (50-70%), CO₂, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y ácido sulfhídrico en pequeñas proporciones.

Se puede utilizar en calderas, al igual que el gas natural, pero el quemador de ésta ha de modificarse. Además, la distribución del biogás no está muy extendida, por lo que su empleo en el ámbito de la calefacción de distrito no es común. En su lugar, se emplea comúnmente para la generación de energía eléctrica.

2.5.4.2.3 Energía solar

Un líquido caloportador, situado en unas placas solares, capta la radiación solar incidente. En función de la cantidad de radiación que se quiera transferir, unos captadores solares transfieren la energía. Existen captadores solares de tres tipos (baja temperatura (calentar agua a 120 °C), temperatura media (temperaturas inferiores a 350 °C), o temperatura alta (temperaturas superiores a los 350 °C)).

Para las redes de distrito, es suficiente el empleo de captadores de media y baja temperatura, ya que las requeridas en estos sistemas no son muy elevadas.

2.5.4.2.4 Calor residual

Consiste en aumentar el rendimiento y disminuir las emisiones de CO₂ de una central o caldera mediante el aprovechamiento del calor residual resultante de un proceso industrial. De esta manera, se podrá considerar que la instalación es de emisión cero, ya que la contabilización de las emisiones se asocian al proceso o producto generado.

El calor residual más empleado en las redes de distrito proviene de las centrales de cogeneración, en las cuales se quema combustible para la producción de electricidad.

2.5.4.2.5 Energía geotérmica

De la energía geotérmica se pueden obtener temperaturas superiores a 100 °C a una profundidad baja. Además, es muy sencillo emplear el terreno como foco caliente durante el verano y revertir el proceso durante el invierno para la generación de frío. En países donde la energía geotérmica es común, ésta es la principal fuente energética empleada en las redes de calefacción de distrito.

2.6 Los sistemas de calefacción de distrito en la actualidad

Los factores determinantes a la hora de decidir la instalación de una red de estas características consisten en la climatología, la cercanía y disponibilidad de las fuentes energéticas y el desarrollo tecnológico de la zona en cuestión, por ello, en países en los cuales estos factores son favorables, como los países nórdicos, Rusia y Europa del Este, en los cuales el desarrollo del ámbito de la calefacción es avanzado debido al clima adverso, se ha producido la mayor implantación de redes de calefacción de distrito.

2.6.1 A nivel mundial

Islandia es considerada el líder mundial en cuanto a empleo de calefacción de distrito, ya que el 95% de sus hogares emplean este sistema de calefacción. Su capital, Reykjavik, alberga el mayor número de usuarios por km² del mundo, siendo la propia central de Reykjavik la que abastece al 57% de la población total islandesa. Esta cuenta con una potencia instalada de 750 MW y obtiene su energía térmica de fuentes geotérmicas.

Después de Islandia, los países escandinavos son los mayores consumidores de calefacción de distrito. En Dinamarca, el 60% de la energía térmica para producción de calor y ACS se basa en estos sistemas. Copenhague cuenta con una red de distribución más amplia, cubriendo a un total de 275.000 hogares, mediante una red de 54 kilómetros. Esta energía se obtiene un 80% de instalaciones de cogeneración y un 20% aprovechando el calor residual de las incineradoras de residuos urbanos. Sin embargo, París dispone de la red más extensa de Europa, con una longitud total de sus tuberías de 335 km, dando un servicio a más de un millón de habitantes. Su central obtiene la energía necesaria aprovechando la energía procedente de la incineración de residuos urbanos.

En Finlandia, el 50% de la demanda de calefacción y ACS del país se cubre con estos sistemas, basándose en las tecnologías de la cogeneración, biomasa y energía residual de la incineración de residuos sólidos municipales. Al igual que este país, Suecia también es un gran usuario del calor de distrito, siendo el 90% de la energía empleada para calefacción procedente de energías renovables en sistemas de distrito. En Viena, 250.000 hogares reciben calor haciendo uso de estos sistemas, y 20.000 en Suiza.

Fuera del continente europeo, más concretamente en EEUU y Canadá, existen empresas privadas que se dedican a ofrecer este tipo de servicio, los más importantes son los de Nueva York, San Francisco o Québec.



Figura 2-16 Central geotérmica en Finlandia de 40 MW, Espoo (Fuente: [57])

2.6.2 España

En España, el uso de estos sistemas de calefacción no se encuentra muy extendido, sin embargo, hay varias localidades que cuentan con pequeñas instalaciones de calefacción de distrito. La empresa española más conocida dentro de este ámbito es la compañía Districlima [5], una empresa creada en Barcelona en el año 2.002 que trabaja en especial por la zona norte del país. Es la responsable de la construcción de la red española de distribución de frío y calor más famosa. Fue instalada en Barcelona, y cuenta con dos centrales de producción de calor y una red subterránea que recorre toda la ciudad para abastecer a 50 edificios [6]:

- Central de la calle Tánger con Roc Boronat de Barcelona, Central Tánger: tiene una potencia de generación de calor de 40 MW mediante tres calderas de gas natural y sobre 20 MW de generación de frío mediante compresión.
- Central Fórum de Barcelona (2004): productora de ACS, calefacción y frío, fue diseñada bajo la concepción de la alta eficiencia, sostenibilidad y respeto al medio ambiente. Trabaja con gas natural y cuenta con una caldera de 20 MW y 4 intercambiadores de vapor de 5 MW cada uno para generación de calor y alrededor de 31 MW para generación de frío. Estos últimos equipos son refrigerados directamente por agua de mar.
- La red de distribución: consiste en una red subterránea tipo ramificada (Figura 2-5) formada por cuatro tuberías paralelas, dos para impulsión del agua caliente y dos de retorno de agua fría, cuyos D_N^9 de tuberías oscilan entre los 150 y 900 mm para el frío y entre los 80 y 450 mm para calor.

Otras empresas españolas, como la empresa asturiana Miltitek Ingenieros o Nova Energía [7], empresa de A Coruña, han instalado varios de estos sistemas. La primera es responsable de la construcción de otra red española bien conocida: la red de distribución de calor de Oviedo para la Fundación Docente de Mineros de Asturias, cuya caldera de biomasa (pellets) tiene una potencia de 1500 kW y abastece de energía térmica para calefacción y ACS a todo el complejo, formado por geriátricos, residencias de discapacitados, residencias de estudiantes, oficinas y alguna vivienda particular. La segunda, Nova Energía, construyó varias redes:

⁹ D_N : Diámetro nominal.

- Red de Lleida (Bellver de Cerdanya) para varias instalaciones municipales. Da servicio al Pabellón de Deportes y fiestas, el CEIP de Bellver, una guardería, un centro cívico y una piscina durante el verano. Funciona con biomasa obtenida de la limpieza forestal de los bosques de Bellver y sus calderas tienen una potencia de 500 y 220 kW, un total de 720 kW, generando una energía de 648 kWh al año. El proyecto costó en el año 2008 531.000€, y ha conseguido que se ahorren una cantidad de 240.000 € anuales en la factura energética desde entonces, haciendo que la inversión se recuperara en un plazo de poco más de 2 años.
- Red de Guadalajara para la Fundación Apadrina un Árbol.

Finalmente, los casos más sonados y exitosos de calefacción de distrito financiados con fondos estatales son:

- Red de calefacción de distrito del Ecobarrio de Vallecas en Madrid, cuya central térmica está formada por dos calderas en paralelo de 1.600 kW cada una y alimenta a un total de 1.700 viviendas con ACS y calefacción. El proyecto en conjunto costó 20 millones de euros, proveniente de las arcas municipales. Los motivos de este elevado precio consisten en que las chimeneas fueron diseñadas por un arquitecto reconocido, las pilas de combustible cuestan 200.000 € la unidad y en que el sistema de recogida de residuos es automático y de avanzada tecnología.
- Red de calefacción de distrito de Cuéllar (Segovia) (1998). El proyecto fue financiado al 50% por la IDEA y EREN, y redactado por la empresa INTECSA. Supuso una inversión total de 243 millones de pesetas en el momento (1.465.116€), de los cuales se emplearon el 55% en la central de producción, el 30% en la red de distribución y un 15% en las subestaciones de los usuarios. La central de producción funciona con biomasa forestal obtenida de los característicos pinares de Cuéllar y tiene una potencia de 5.250 kW. La red, de 3 km de longitud y con tubería preaislada de acero al carbono proporciona servicio a un pabellón polideportivo, un centro cultural, una piscina climatizada de 25m, un colegio y 250 viviendas unifamiliares. Ha hecho que la factura energética por habitante reduzca un 20%.



Figura 2-17 Central de calefacción y ACS de Cuéllar (Fuente: [58])

Según el último censo de redes de calor centralizadas realizado en España por la Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío (ADHAC), realizado en el año 2017, existen en total 352 instalaciones, que suponen un total de 580 km de redes, con un total de 941 MW destinados a calor exclusivamente. Estas redes se encuentran distribuidas en España de la siguiente manera:

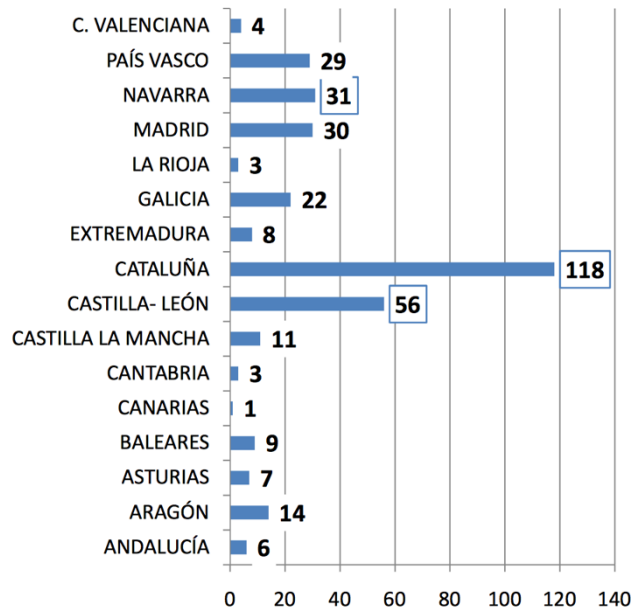


Figura 2-18 Redes por comunidad autónoma [62]

2.7 Trabajos de Fin de Grado de años anteriores relacionados

2.7.1 “Estudio de alternativas de climatización en el cuartel Francisco Moreno”

El AN Eduardo Díaz del Río Oleaga, de la promoción 415, egresada de la escuela el 16 de julio de 2015, realizó el TFG llamado “Estudio de alternativas de climatización en el cuartel Francisco Moreno”. En dicho TFG, el AN realizó el estudio técnico y económico sobre la sustitución del sistema de climatización del cuartel Almirante Francisco Moreno, consistente en un circuito de calefacción y otro circuito de agua caliente sanitaria donde el calor es proporcionado por dos calderas de gas de 500kW de potencia cada una y dos tanques acumuladores de 3000 L, por 6 unidades de producción de calor por aprovechamiento hidortérmico, empleando el agua del mar como medio de transferencia de calor, combinado con una caldera de gas convencional, siendo este el esquema de la instalación.

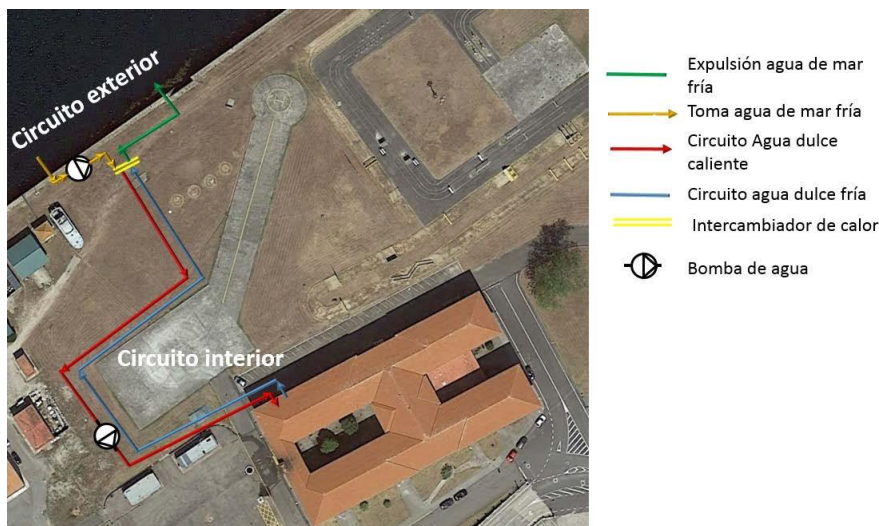


Figura 2-19 Sugerencia de diseño de instalación (Obtenido del TFG [41])

En el apartado “Estado de arte” de su proyecto, hace referencia a los sistemas de calefacción urbana, o de distrito, refiriéndose a estos como el avance tecnológico que hizo posible utilizar el calor de manera eficaz y abastecer de calefacción a barrios enteros.

Ambos TFG's tienen el común que están motivados por el concepto del “cambio para la mejora” en el ámbito de la instalación de sistemas de climatización, pero con distintos métodos, teniendo en cuenta que el presente proyecto está destinado a servir a un total de 9 edificios, en lugar de a uno específico. Además, la aproximación del cálculo de consumos de combustible y potencia en este TFG se realizará con datos históricos reales de las calderas actuales, en vez de ser realizados con simulación mediante software.

2.7.2 “Estudio del potencial de aprovechamiento de la energía solar para usos térmicos en las instalaciones de la Escuela Naval Militar”

Este TFG [8] fue realizado por el hoy AN Óscar Vega Vegas, de la promoción 146 de CG, en el curso 2015/2016. EL AN realizó un estudio del potencial de aprovechamiento de la energía solar para usos térmicos en la ENM, siguiendo las directrices establecidas por el Ministerio de Defensa en cuanto a empleo de energías renovables en bases navales.

El TFG tiene en común con el presente el estudio y determinación de una remodelación del sistema de calefacción general, sin embargo él sí mantiene la estructura de los sistemas individuales para cada edificio. Propone el empleo de energía solar para la producción de energía térmica para su posterior empleo en la producción de ACS en los sistemas individuales de cada edificio. También tiene en común el empleo del Software Sketchup para la modelación de la Escuela Naval Militar para realizar una esquematización de la instalación resultado final.

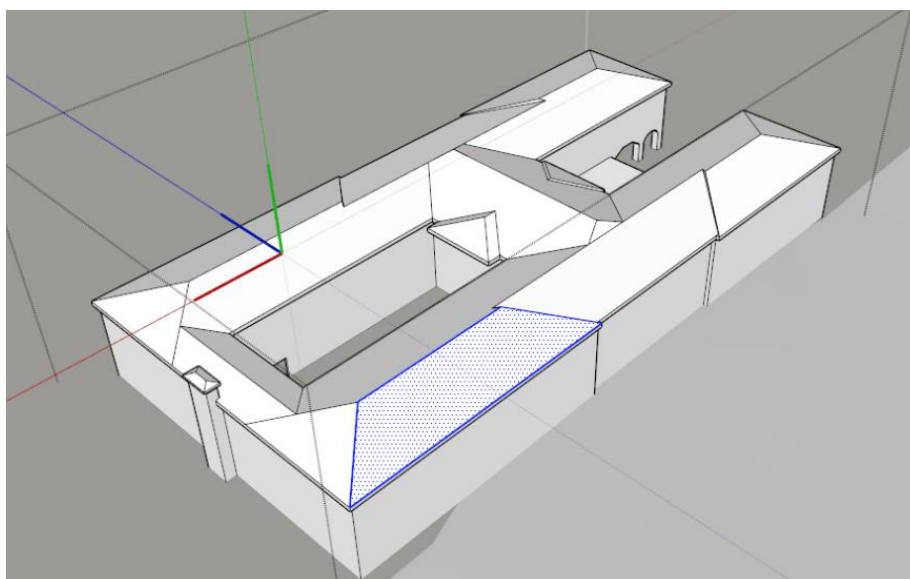


Figura 2-20 Captadores solares cuartel Almirante Francisco Moreno [8]

Otra diferencia entre ambos TFG's, es que la estimación de los consumos y cálculos de necesidades energéticas en el presente TFG no se realizará mediante uso de Software informático, sino mediante empleo de datos históricos reales obtenidos de la oficina de mantenimiento de la ENM.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Situación actual y selección de edificios

Para satisfacer las necesidades de calefacción y ACS del personal que trabaja o reside en sus instalaciones (913 integrantes), la ENM cuenta en la actualidad con 11 equipos de gas natural, 10 de gasóleo C, uno de gas propano y dos eléctricos.

La Tabla 3-2 presenta los equipos de uso habitual, potencia instalada y localización (Figura 3-1). La descripción de los equipos presentes en cada instalación se encuentra disponible en el ANEXO II.

Nº	DENOMINACIÓN	USO	POT.INST.	COMBUSTIBLE
1	ÁLVARO DE BAZÁN	OFICINAS/AULARIO	581	GASÓLEO C
2	RES. OFICIALES	RESIDENCIAL	900	GASÓLEO C
3	SECTOR 7	RESIDENCIAL	336	GAS NATURAL
4	LAVANDERÍA	VAPOR	1345	GAS NATURAL
5	RES. SUBOFICIALES	RESSIDENCIAL	100	GAS NATURAL
6	C. MÉNDEZ NÚÑEZ	RESIDENCIAL	900	GASÓLEO C
7	M. DE LA VICTORIA	RESIDENCIAL	712	GASÓLEO C
8	FCO. MORENO	RESIDENCIAL	1064	GAS NATURAL
9	CEMEDEM	OFICINAS	45	GASÓLEO C
10	EDIFICIO INV. CUD	INVESTIGACIÓN	43	GAS NATURAL
11	ISAAC PERAL	OFICINAS/AULARIO	400	GAS NATURAL
12	PISCINA Y GIMNASIO	DEPORTIVO	1000	GAS NATURAL
13	DIRECCIÓN	OFICINAS	38	GASÓLEO C

Tabla 3-1 Instalaciones térmicas en la ENM de uso habitual (Elaboración propia)

La Escuela Naval Militar cuenta con dos cuarteles de alumnos, el cuartel Almirante Francisco Moreno (8), inaugurado el 22 de marzo de 1977, y el cuartel de alumnos Marqués de la Victoria (7), el cual es tan antiguo como la propia Escuela Naval Militar (1943), aunque sufrió una importante remodelación en el año 2000 en la cual se cambiaron las naves corridas de dormitorios con dos cuartos de baño comunes para todo el edificio, por camaretas de 4 personas con cuarto de baño individual.



Figura 3-1 Edificios de la ENM. Google Earth

Otro cuartel existente en la ENM, y cuyo edificio también está presente en ésta desde sus inicios, es el cuartel de Marinería Méndez Núñez (6), el cual tiene una capacidad máxima de alojamiento de 90 personas, aunque en la actualidad, y desde el año 2015, está ocupado por 40 personas. Éste cuartel también cuenta con una cafetería exclusiva para marinería y suboficiales en la cual también se cocina.

A parte de los cuarteles, también existen dos edificios destinados a residencias, la Residencia de Oficiales (2), la cual cuenta con 46 habitaciones y fue ocupada permanentemente por 8 profesores durante el año 2017, y la Residencia de Suboficiales (5), ésta última situada en el antiguo edificio del Hospital de Marina y en la cual viven permanentemente 25 personas desde el año 2014.

Para el desempeño de la función principal de la ENM están destinados los edificios que forman el patio de aulas (Patio de Aulas “D. Álvaro de Bazán” y Edificio Salvador Moreno (1)), el edificio Príncipe de Asturias (jefatura de instrucción), el Casino de Alumnos Almirante Bonifaz, el cual incluye el edificio de Ayudantía Mayor y el despacho del Comandante de la Guardia, el edificio Isaac Peral (11) y los edificios del muelle de Torpedos (Núcleo de lanchas, el laboratorio de investigación del CUD (10) (construido en el año 2017 en el antiguo emplazamiento del pañol de Infantería de Marina), el barrio industrial, el gimnasio GM Barrutia y el edificio de dirección.

Además, junto al CASI (Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior), está instalado el CEMEDEM (9) (Centro de Medidas Electromagnéticas de la Armada), una unidad externa a la ENM que se estableció en esta en el año 2007. Junto a la residencia de oficiales está situado el 7º Sector (3), lugar de residencia de los jefes de servicio destinados en la ENM.

La Tabla 3-2 contiene aquellos edificios/instalaciones que apenas presentan utilización y por tanto se descartan inicialmente para los objetivos de este trabajo, así como el edificio de investigación del CUD (a la fecha de realización de este TFG todavía no ha entrado en servicio)

NÚCLEO DE LANCHAS	ALMACÉN	38	GASÓLEO C
IMPRESA	OFICINAS	53	GAS PROPANO
OFICINA MANTENIMIENTO	OFICINAS	38	ELECTRICIDAD
TALLERES	TALLER	38	ELECTRICIDAD
PPE. ASTURIAS	OFICINA	22	ELECTRICIDAD
EDIFICIO INVESTIGACIÓN CUD	INVESTIGACIÓN	38	GAS NATURAL

Tabla 3-2 Instalaciones térmicas en la ENM de uso residual (Elaboración propia)

3.2 Análisis de las necesidades energéticas térmicas de la ENM

3.2.1 Consumos energético de las instalaciones

La demanda de combustible de la ENM se ha obtenido a partir de la información facilitada por el personal del destino de mantenimiento de la ENM, que es el organismo que gestiona los datos suministro de gas natural y gasóleo de todos los abastecimientos y edificios que se han comentado previamente.

En el caso de las calderas de gasóleo C, puesto que no se dispone de contadores de combustible, la metodología empleada consiste en rellenar los tanques de combustible de cada caldera periódicamente (cada miércoles) hasta el máximo nivel, y contar entonces los litros de gasóleo que se emplean. A final de mes se suma la cantidad de combustible que se ha vertido cada miércoles, obteniendo así cada consumo mensual.

La Tabla 3-3 y la Tabla 3-4 contienen, respectivamente, los L de gasóleo C y los m³ de gas natural que han consumido en la ENM cada mes del año 2017.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Á. BAZÁN	5.300	6.581	5.800	3.000	0	0	0	0	0	1.000	5.600	6.500	33.781
LAVAND.	3.150	2.850	3.450	2.700	3.300	3.300	1.500	1.950	3.000	3.150	3.150	2.700	34.200
CEMEDEM	220	250	110	120	150	180	0	0	0	100	100	120	1.350
DIRECCIÓN	540	500	560	600	0	0	0	520	540	580	610	580	4.450
M. NUÑEZ	6.037	6.545	7.617	8.153	2.667	2.480	1.730	883	1.000	1.000	5.392	5.700	49.204
M. VICT.	11.900	15.111	11.780	8.553	2.000	1.100	1.500	1.326	3.339	3.100	13.320	9.000	82.029
PISCINA	14.900	17.381	13.303	13.616	10.354	5.280	5.231	7.586	9.108	12.273	15.126	12.269	136.427
TOTAL	42.047	49.218	42.620	36.742	18.471	12.340	9.961	12.265	16.987	21.203	43.298	36.869	341.441

Tabla 3-3 Consumo en L de las calderas de gasóleo C (Elaboración propia)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ISAAC PERAL	1,2	2,2	1,8	0,9	0,3	3,7	0	0	0	0	0,9	2,3	13
FCO MORENO	3,1	6,6	6,3	4,3	4,7	1,1	1	1,3	2,4	2,7	7,8	9,2	50
R. SUBOF.	3,9	4,2	3,3	2	1,9	1,9	1,8	2,2	2,1	1,8	2,3	1,8	29
R. OFICIALES	4,3	4,5	3,6	1,7	2	2,1	2,6	2,1	1,9	1,8	2,6	2	31
SECTOR 7	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	4
TOTAL	13	18	15	9	9	9	6	6	7	7	14	16	128

Tabla 3-4 Consumo en m³ de las calderas de gas natural (Elaboración propia)

Cada caldera de gas natural tiene un contador de energía consumida en la propia sala de calderas, el cual se reinicia a 0 tras la toma de los datos para facturación. Se ha utilizado un factor de 11,7 kWh/m³ para el cambio de unidades para el gas natural.

La Tabla 3-5 que se presenta a continuación contiene los MWh de energía consumida por todos los edificios objeto de estudio así como los porcentajes que representa cada uno de ellos en el total.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	%
Á. BAZÁN	54	67	59	30	0	0	0	0	0	10	57	66	343	6,9
LAVAND.	32	29	35	27	33	33	15	20	30	32	32	27	347	7,0
CEMEDEM	2	3	1	1	2	2	0	0	0	1	1	1	14	0,3
DIRECCIÓN	6	5	6	6	0	0	0	5	5	6	6	6	51	1,0
M. NUÑEZ	61	66	77	83	27	25	18	9	10	10	55	58	499	10
M. VICTORIA	121	153	119	87	20	11	15	13	34	31	135	91	832	16,7
PISCINA	152	177	136	139	106	54	53	77	93	125	154	125	1.391	28
ISAAC PERAL	14	26	21	10	4	43	0	0	0	0	11	27	156	3,1
FCO MORENO	37	77	74	50	55	13	11	15	28	31	91	108	590	11,9
R. SUBOF.	46	49	38	23	22	22	21	25	24	21	26	21	341	6,9
R. OFICIALES	50	52	42	20	23	24	30	24	23	21	31	24	365	7,3
SECTOR 7	5	4	4	4	4	3	2	2	2	3	4	4	42	0,8
TOTAL	580	708	612	480	296	230	165	190	249	291	603	558	4971	100

Tabla 3-5 Consumo en MWh de las calderas de la ENM

A pesar de que existen 3 edificios (CEMEDEM, DIRECCIÓN Y SECTOR 7) que representan únicamente un 2,1% del consumo total, no se han descartado como se expondrá y justificará en el apartado 5.1.

3.2.2 Precios del Gasóleo C y gas natural durante el año 2017 y método de tasación

En Europa, el precio de cada tipo de combustible se evalúa y se actualiza entre 3 y 5 veces al mes, de tal manera que cada empresa puede variar su precio de venta varias veces al mes. En la Tabla 3-6, se relacionan los precios a los que la empresa CEPSA, proveedora de la ENM, vendió el diésel calefacción a la Armada Española, siendo éste de un media de 0,65 €. Estos valores corresponden con los definitivos con impuestos incluidos. Sin embargo, cada usuario establece un precio determinado con la empresa suministradora, en el cual no se incluye en ningún caso ningún tipo de gasto por transporte, pero sí los coeficientes que se indican a en la Ecuación 3-2, fórmula de facturación de Gasóleo C.

$$Precio_{final} = CI \cdot \frac{D}{1000} + PF + IE + IVM + IVA$$

Ecuación 3-1 Facturación de gasóleo C

Siendo:

- CI: Cotización Internacional: Precio del Litro de Gasóleo sin impuestos.
- D: densidad del Gasóleo: 0,855 g/L
- PF: Prima Fija ofertada por la institución : media de 0,012 c€/L
- IVM: Impuesto sobre Ventas Minoristas: no aplicado en la CA de Galicia.
- IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido: 21% del valor del combustible sin impuestos.

MES	PRECIO (€/L)
ENERO	0,716
FEBRERO	0,7
MARZO	0,674
ABRIL	0,663
MAYO	0,652
JUNIO	0,606
JULIO	0,594
AGOSTO	0,615
SEPTIEMBRE	0,628
OCTUBRE	0,64
NOVIEMBRE	0,674
DICIEMBRE	0,687
PRECIO MEDIO	0,65

Tabla 3-6 Precios de venta del gasóleo C de CEPSA a la Armada en 2017 (Oficina de Mantenimiento)

Para el caso del Gas Natural, hay que tener en cuenta ciertos factores a la hora de asignarle un precio al kWh de gas. La factura de gas está compuesta por dos términos: el Término Fijo de Gas, una cantidad fija que el usuario paga mensualmente por el hecho de disponer de gas natural en el emplazamiento y que se factura se haya consumido gas natural, o no, y el Término de Consumo Variable, el cual define el precio por kWh de energía que paga el consumidor. Además, a la factura hay que añadirle el alquiler del contador y los servicios de gas (mantenimiento, averías y revisiones). La IDAE, siguiendo el artículo del BOE nº 314 de 29 de diciembre de 2016, establece los términos de peaje aplicables al kWh de Gas Natural, en función de la cantidad de gas que se emplee. Es así, que un consumidor español paga menos peaje por kWh de Gas Natural cuanto más cantidad de gas emplee mensualmente.

PEAJE	TÉRMINOS DE PEAJE				TÉRMINO ENERGÍA
	Término fijo c€/kWh día/mes	Δ (*)	Término variable c€/kWh	Δ (*)	
Peaje 1 (P>60bar)					Varía según oferta de la compañía
1.1 Consumo ≤ 200GWh	3,4560	0,00%	0,0847	0,00%	
1.2 200GWh/año <Consumo ≤ 1000 GWh/año	3,0875	0,00%	0,0682	0,00%	
1.3 ..Consumo > 1000 GWh/año	2,8657	0,00%	0,0615	0,00%	
Peaje 2 (4 bar<P≤60 bar)					Varía según oferta de la compañía
2.1 Consumo ≤ 0,5 GWh/año	25,3055	0,00%	0,1934	0,00%	
2.2 0,5 < Consumo ≤ 5 GWh/año	6,8683	0,00%	0,1543	0,00%	
2.3 5 < Consumo ≤ 30 GWh/año	4,4971	0,00%	0,1249	0,00%	
2.4 30 <Consumo ≤ 100 GWh/año	4,1210	0,00%	0,1121	0,00%	
2.5. 100 < Consumo ≤ 500 GWh/año	3,7887	0,00%	0,0983	0,00%	
2.6 Consumo > 500 GWh/año	3,4848	0,00%	0,0852	0,00%	
Peaje 3 (P≤ 4 bar)					Varía según oferta de la compañía
3.1 Consumo ≤ 5.000 kWh/año	2,53	0,00%	2,9287	0,00%	
3.2 5.000 <Consumo ≤ 50.000 kWh/año	5,79	0,00%	2,2413	0,00%	
3.3 50.000 kWh/año <Consumo ≤100 MWh/año	54,22	0,00%	1,6117	0,00%	
3.4 Consumo >100 MWh/año	80,97	0,00%	1,3012	0,00%	
Peaje P>4 bar. Consumidores industriales con carácter interrumpible	c€/kWh día/mes	Δ (*)	c€/kWh	Δ (*)	Término variable C€/kWh
3.5 Consumo > 8 GWh/año	5,9258	0,00%	0,2010	0,00%	Varía según oferta de la compañía

NOTA: Se mantienen los peajes y cánones vigentes en 2016 establecidos en la Orden IET/2445/2014, de 19 de diciembre.

(*) Variación con respecto a peajes anteriores: BOE nº 302; 18 de diciembre de 2015.

Fuente: BOE nº 314; 29 de diciembre de 2016.

Tabla 3-7 Peajes aplicables a Gas Natural a partir del 01/01/2017 [34]

En la Tabla 3-7 se presentan los peajes fijos y variables que se aplican a cada consumidor desde el año 2017 en España, de acuerdo con la TUR¹⁰ (Tarifas emitidas por el Estado sobre las que se basan las diferentes empresas para facturar el gas natural). Todas las calderas de Gas Natural de la ENM están conectadas a una red de suministro de gas natural de 2,5 bares de presión (≤ 4 bar) y, además, todas ellas consumen una cantidad superior a 100 MWh al año, a excepción de Sector 7 (42,12 MWh), con lo cual se les aplica a las calderas del Isaac Peral, Francisco Moreno y las dos residencias una Tarifa 3.4, y a las calderas del Sector 7 una Tarifa 3.2 (Tabla 3-8).

La compañía que abastece a la ENM de Gas Natural es gasNatural Fenosa [9], y establece los siguientes términos de factura para la Tarifa Gas Supra Prima (Tabla 3-9), la que le corresponde a la ENM para las calderas de los edificios Isaac Peral, Fco. Moreno y las dos residencias y, para las calderas del sector 7, la Tarifa Óptima Gas (Tabla 3-8).

Tarifa de gas natural	Nivel de Consumo	Término Fijo	Término Consumo	Oferta (descuento adicional no aplicado)
Tarifa 3.4 Gas Supra Prima	Consumo \geq 100.000 kWh/año	80,97 €/mes	0,0456467 €/kWh	Descuento 8% en consumo durante un año (ya aplicado en el precio reflejado) 2% adicional en consumo si se contrata también la luz, se consume 400 MWh/año o se contrata un servicio de mantenimiento

Tabla 3-9 Términos Tarifa Gas Supra Prima Fenosa [35]

Modalidad de tarifa en gas	Consumo anual	Término fijo de gas (€/año)	Término de consumo (€/kWh)
Tarifa 3.1 de gas	Menos de 5.000 kWh al año	52.670000	0.05640
Tarifa 3.2 de gas	Entre 5.000 y 50.000 kWh al año	109.680000	0.04503

Tabla 3-8 Términos Tarifa Óptima Gas de Fenosa [36]

3.2.3 Estimación económica coste Gasóleo C y gas natural en 2017

La Tabla 3-10 muestra una estimación del coste mensual de gasóleo C correspondiente al año 2017.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
A. BAZÁN	5300	6581	5.800	3000	0	0	0	0	0	1000	5600	6500
LAVANDERIA	3150	2850	3.450	2700	3300	3.300	1.500	1950	3000	3150	3150	2700
CEMEDEM	220	250	110	120	150	180	0	0	0	100	100	120
DIRECCIÓN	540	500	560	600	0	0	0	520	540	580	610	580
M.NÚÑEZ	6037	6545	7617	8153	2667	2480	1730	883	1000	1000	5392	5700
M. VICTORIA	11900	15111	11.780	8553	2000	1100	1500	1326	3339	3100	13320	9000
PISCINA	14.900	17.381	13.303	13.616	10.354	5.280	5.231	7.586	9.108	12.273	15.126	12.269
C. MENSUAL	42047	49218	42620	36742	18471	12340	9961	12265	16987	21203	43298	36869
€/L	0,72 €	0,70 €	0,67 €	0,66 €	0,65 €	0,61 €	0,59 €	0,62 €	0,63 €	0,64 €	0,67 €	0,69 €
FACTURA MENSUAL	30.106	34.453	28.726	24.360	12.043	7.478	5.917	7.543	10.668	13.570	29.183	25.329
COSTE ANUAL	229.375 €											

Tabla 3-10 Estimación de factura de gasóleo C en 2017 (Elaboración propia)

¹⁰ TUR: Tarifa de Último Recurso

De acuerdo con los datos de los consumos mensuales de las tablas del apartado 3.2.1, y aplicando cada tarifa correspondiente a cada caldera, la ENM pagó una cantidad aproximada de 72.182,26 € para proveer a sus calderas de gas natural durante ese período, con el fin de obtención de ACS y calefacción.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	C. ANUAL	COSTE (€)
ISAAC PERAL	14	26	21	10	4	43	0	0	0	0	11	27	156	8.106,22
FCO MORENO	37	77	74	50	55	13	11	15	28	31	91	108	590	27.913,69
R. SUBOF.	46	49	38	23	22	22	21	25	24	21	26	21	341	16.517,08
R. OFICIALES	50	52	42	20	23	24	30	24	23	21	31	24	365	17.639,08
SECTOR 7	5	4	4	4	4	3	2	2	2	3	4	4	42	2.006,19
CONSUMO ENM	151	210	179	107	108	106	65	66	76	76	164	185	1494	72.182,26 €

Tabla 3-11 Estimación de factura de gas natural en 2017 (Elaboración propia)

Por lo tanto, se estiman los gastos de la ENM en concepto de combustible para 2017 en;

COMBUSTIBLE	L	m ³	MWh	COSTE
GAS NATURAL	128.000	128	1.494	72.182 €
GASÓLEO C	341.441	342	3.476	229.375 €
TOTAL	469.441	470	4.970	301.557 €

Tabla 3-12 Gastos en concepto de combustible 2017 (Elaboración propia)

3.3 Propuestas de actuación

El planteamiento básico de un sistema centralizado de generación de calor, de acuerdo a lo comentado en el apartado 2.5, presenta una gran amplitud de posibilidades, en las que es preciso definir cada uno de los elementos constituyentes de dicha propuesta.

Algunos de dichos elementos son independientes del tipo de combustible seleccionado, mientras otros presentan peculiaridades propias de dicho combustible, por lo que se plantea esta propuesta en dos partes:

- Elementos comunes (dimensionado de la central de generación de energía térmica y subestaciones)
- Elementos específicos (ubicación, espacio necesario de la central de generación, red de tuberías de distribución, necesidades especiales de almacenamiento y alimentación, etc)

Para llegar a un resultado coherente y con fundamento, se ofrecen dos propuestas de actuación, que se valorarán para determinar la más adecuada de ellas. Una de las propuestas consistirá en una instalación basada en gas natural y otra en biomasa.

COMUNES	ASPECTOS ESPECÍFICOS RED DE GAS NATURAL	ASPECTOS ESPECÍFICOS RED DE BIOMASA
CENTRAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA	UBICACIÓN DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN	UBICACIÓN DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN
SUBESTACIONES	RED DE TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN	RED DE TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN
		DEPÓSITO
		TORNILLO DE SUCCIÓN

Tabla 3-13 Elementos comunes y específicos de las redes (Elaboración propia)

De cada grupo de elementos se presentará un presupuesto aproximado de adquisición, conformando a continuación un presupuesto aproximado de instalación para cada tipo de sistema.

3.3.1 Elementos comunes

3.3.1.1 Central de generación de energía térmica

Para que el cambio de sistema descentralizado a centralizado sea adecuado, las potencias de cada caldera descentralizada deben mantenerse, es decir, que el nuevo sistema centralizado tenga, como mínimo, potencia suficiente para proporcionar la misma cantidad de energía térmica que lo hacía de manera descentralizada.

Esta potencia mínima se fundamenta en la suma de cada una de las potencias individuales de cada caldera actualmente instalada, no obstante, es necesario aplicar un coeficiente de simultaneidad que permita optimizar este dato. La Figura 3-2 consiste en un esquema que muestra la localización de cada caldera objeto de estudio, junto con su potencia individual. Las potencias de las calderas que funcionan con gasóleo C se representan con letras rojas.

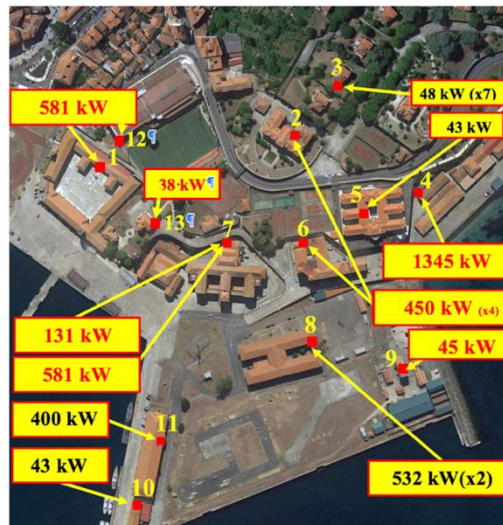


Figura 3-2 Localización y potencia de cada caldera (Elaboración propia)

Para dimensionar una central térmica, el primer paso a seguir es conocer la potencia que esta debe tener para poder satisfacer en todo momento el pico de demanda térmica máxima, definiéndose este como aquel momento en el cual todas las centrales de producción están trabajando simultáneamente y a la máxima potencia. Puede suceder durante alguno de los meses de invierno, en el cual todos los edificios se encuentren ocupados y todos los servicios de calefacción y ACS en funcionamiento, como es el caso de la ENM.

En este caso, los equipos actuales de la ENM podrían proporcionar, en conjunto, una potencia de:

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13}$$

Ecuación 3-2 Potencia total sin criterio de simultaneidad

Siendo:

- $P_1 = 581 \text{ kW}$
- $P_2 = 450 \cdot 2 = 900 \text{ kW}$
- $P_3 = 48 \cdot 7 = 336 \text{ kW}$
- $P_4 = 1345 \text{ kW}$
- $P_5 = 100 \text{ kW}$
- $P_6 = 450 \cdot 2 = 900 \text{ kW}$
- $P_7 = 131 + 581 = 712 \text{ kW}$
- $P_8 = 532 \cdot 2 = 1064 \text{ kW}$
- $P_9 = 45 \text{ kW}$
- $P_{10} = 43 \text{ kW}$

- $P_{11} = 400 \text{ kW}$
- $P_{12} = 581 \text{ kW}$
- $P_{12} = 38 \text{ kW}$

Con lo cual:

$$P_{TOTAL} = 581 + 900 + 336 + 1345 + 100 + 900 + 712 + 1064 + 45 + 43 + 400 + 581$$

$$P_{TOTAL} = 7011 \text{ kW}$$

La Tabla 3-14 conforma un cuadro-resumen de la localización, empleo, combustible y potencia instalada de cada caldera, a la vez que presenta su horario de funcionamiento.

Nº	EDIFICIO	RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO	
		DÍAS LABORABLES	FIN DE SEMANA
1	ÁLVARO DE BAZÁN	07:00-17:00	APAGADO
2	RES. OFICIALES	07:00-14:00/16:00-24:00	07:00-14:00/16:00-24:00
3	SECTOR 7	05:30-09:00/12:00-17:00/18:00-24:00	05:30-09:00/12:00-17:00/18:00-24:00
4	LAVANDERÍA	08:00-14:00	APAGADO
5	RES. SUBOFICIALES	07:00-14:00/16:00-24:00	07:00-14:00/16:00-24:00
6	C. MÉNDEZ NÚÑEZ	05:00-08:00/18:00-24:00	05:00-08:00/18:00-24:00
7	M. DE LA VICTORIA	05:00-11:00/18:00-24:00	05:00-11:00/18:00-24:00
8	FCO. MORENO	05:00-07:00/17:00-24:00	05:00-09:00/15:00-24:00
9	CEMEDEM	06:30-13:00	APAGADO
10	ED.INV. CUD		
11	ISAAC PERAL	05:00-13:00	APAGADO
12	PISCINA	08:00-14:00/15:00-18:00	08:00-14:00/15:00-18:00

Tabla 3-14 Régimen de funcionamiento de los equipos térmicos de la ENM (Oficina de Mantenimiento)

Haciendo uso de este horario, se puede calcular este criterio de simultaneidad que se mencionaba previamente. La metodología empleada consiste en averiguar qué equipos coinciden en funcionamiento de manera simultánea a cada hora y, de esta forma, sumando las potencias de funcionamiento de estos equipos, obtener la potencia máxima necesaria que la nueva central de generación deberá tener para ser capaz de satisfacer el pico de máxima demanda. En la Tabla 3-15 se presentan los cálculos llevados a cabo.

FRANJA HORARIA	EQUIPOS EN FUNCIONAMIENTO SIMULTÁNEO	POTENCIA NECESARIA (kW)
5:00-6:00	3,6,7,8,11	3412
6:00-7:00	3,6,7,8,9,11	3457
7:00-8:00	1,2,3,5,6,7,8,9,11	5038
8:00-9:00	1,2,3,4,5,7,8,9,11,12	6064
9:00-10:00	1,2,4,5,7,9,11,12	4664
10:00-11:00	1,2,4,5,7,9,11,12	4664
11:00-12:00	1,2,4,5,9,12	3552
12:00-13:00	1,2,3,4,5,9,12	3888
13:00-14:00	1,2,3,4,5,12	3843
14:00-15:00	1,3	917
15:00-16:00	1,3,8,12	2562
16:00-17:00	1,2,3,5,8,12	3562
17:00-18:00	2,5,8,12	2645
18:00-19:00	2,3,5,6,7,8	4012
19:00-20:00	2,3,5,6,7,8	4012
20:00-21:00	2,3,5,6,7,8	4012
21:00-22:00	2,3,5,6,7,8	4012
22:00-23:00	2,3,5,6,7,8	4012
23:00-24:00	2,3,5,6,7,8	4012

Tabla 3-15 Equipos en funcionamiento simultáneo y potencia máxima necesaria (Elaboración propia)

De esta manera, se obtiene que entre las 8:00 a.m. y las 9:00 a.m., están activos todos los equipos objeto de estudio a excepción de los pertenecientes al cuartel de marinería Méndez Núñez. Así, se calcula que la potencia que el nuevo generador central de energía térmica deberá ser de 6064 kW.

Si no se hubiese realizado este estudio de la simultaneidad de los equipos, y la nueva central se hubiera dimensionado únicamente sumando la potencia de todos los equipos, el sobredimensionado habría resultado notable, puesto que la potencia que se obtiene de esta suma equivale a 7011 kW y, habiéndose realizado, 6064kW.. La Tabla 3-16 muestra el porcentaje de kW con los que se habría sobredimensionado la nueva central, traducido en un gasto extra innecesario, tanto en el hecho de su instalación, como en el propio grupo térmico.

P SIN SIMULTANEIDAD (kW)	P CON SIMULTANEIDAD (kW)	DIFERENCIA (kW)	% SOBREDIMENSIONADO
7011	6064	947	13,5%

Tabla 3-16 Porcentaje de sobredimensionado sin coeficiente de simultaneidad (Elaboración propia)

3.3.1.1.1 Presupuesto

Puesto que el producto que se pretende obtener de este TFG es una aproximación a la implantación de un sistema de calefacción de distrito, la metodología que se emplea para la estimación de presupuestos, se basa en estudios de relación potencia-precio de los equipos realizados por la empresa DISTRICLIMA [10] y la ADHAC (Asociación de Empresas de Redes de Calefacción y Frío) [11].

Los resultados de estos estudios, realizados a principios del año 2018 para las centrales de producción de calor se representan en el Gráfico 3-2.

Puesto que la ENM necesita una potencia de 6.064 kW, entrando en el gráfico en el eje de abscisas (Potencia térmica) con este valor, hasta alcanzar la curva que representa la relación precio-potencia de manera vertical, se obtiene, en el eje de ordenadas que la caldera a instalar en la ENM rondaría un precio de 135.000 €¹¹:

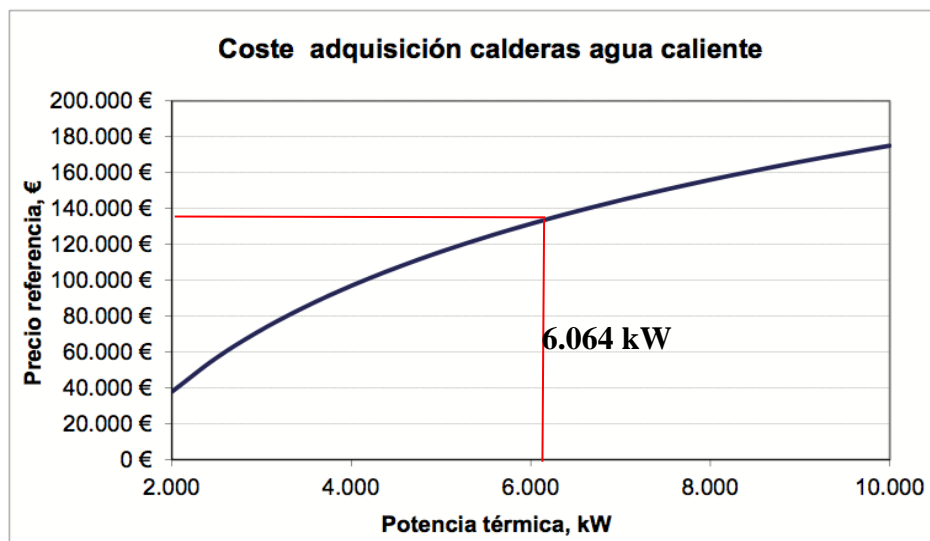


Gráfico 3-1 Coste de adquisición calderas agua caliente [10]

¹¹ A modo de ejemplo, la caldera Ygnis LRR 56, de 5600 kW disponible en el mercado, acompañada de sus pertinentes acumuladores de ACS, el sistema eléctrico, los auxiliares, sistemas de control, válvulas, accesorios, a un precio de 133.944 €.

3.3.1.3 Subestaciones

Como se ha definido en el apartado 2.5.3.3, *las subestaciones realizan la conexión entre la red de distribución y los edificios (puntos de consumo). Adecúan la presión y la temperatura de la red de distribución a las condiciones necesarias para el edificio.* Son, por tanto, elementos de gran importancia en una red de distrito.

Cada subestación deberá tener, como mínimo la misma potencia instalada que cada una de las calderas que tienen en la actualidad, para así ser capaz de proporcionar la misma cantidad de agua caliente para calefacción y ACS (Tabla 3-17).

EDIFICIO	POTENCIA INSTALADA (kW)
ÁLVARO DE BAZÁN	581
RES. OFICIALES	900
SECTOR 7	336
LAVANDERÍA	1345
RES. SUBOFICIALES	100
C. MÉNDEZ NÚÑEZ	900
M. DE LA VICTORIA	712
FCO. MORENO	1064
CEMEDEM	45
LAB CUD	43
ISAAC PERAL	400
PISCINA Y GIMNASIO	581
DIRECCIÓN	38

Tabla 3-17 Potencia de las subestaciones (Elaboración propia)

Estos estudios realizados para las subestaciones, además de los importes para la misma, incluyen los importes para los acumuladores de ACS, el sistema eléctrico, los auxiliares, sistemas de control, válvulas, accesorios y la obra civil asociados a cada potencia.

3.3.1.3.1 Presupuesto

Para el caso de las subestaciones, los resultados de los estudios de relación potencia-precio se muestran en el Gráfico 3-3. Además, DISTRICLIMA establece que los precios para aquellas subestaciones de una potencia inferior a 100 kW rondan los 5.000 €. Para conocer el valor a emplear en concepto de subestaciones para el proyecto, se debe tener en cuenta que cada una de ellas deberá tener, al menos, la misma potencia que tienen las calderas independientes en la actualidad, es decir, la potencia instalada descentralizada, mencionado previamente.

En la Tabla 3-18 se muestran las potencias de las mismas y, de acuerdo con el Gráfico 3-3, el precio estimado de cada subestación y el coste aproximado total.

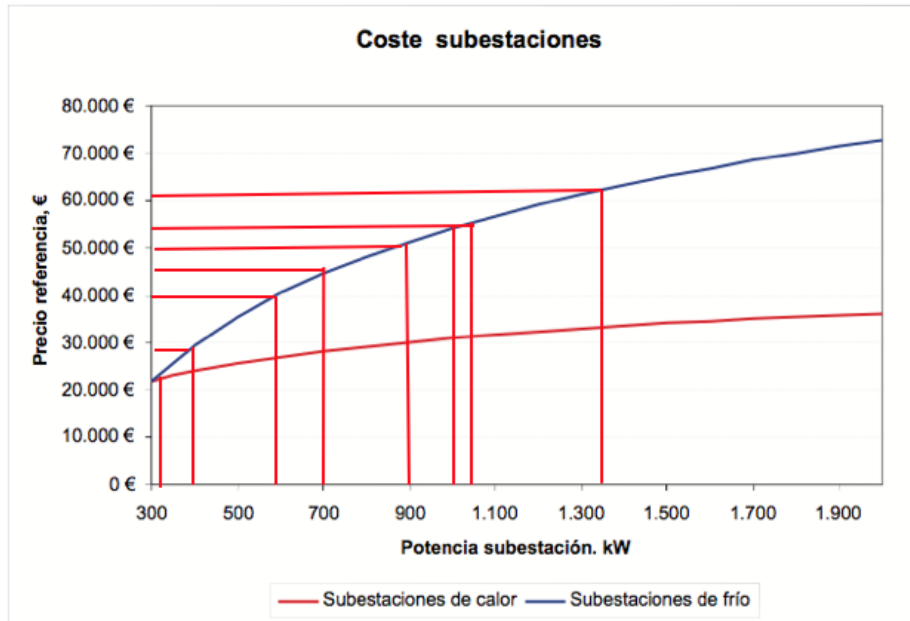


Gráfico 3-3 Coste de adquisición de subestaciones [10]

EDIFICIO	POTENCIA INSTALADA (kW)	PRECIO SUBESTACIÓN (€)
ÁLVARO DE BAZÁN	581	40.000
RES. OFICIALES	900	50.000
SECTOR 7	336	20.000
LAVANDERÍA	1345	60.000
RES. SUBOFICIALES	100	10.000
C. MÉNDEZ NÚÑEZ	900	50.000
M. DE LA VICTORIA	712	45.000
FCO. MORENO	1064	55.000
CEMEDEM	45	5.000
LAB CUD	43	5.000
ISAAC PERAL	400	28.000
PISCINA Y GIMNASIO	1000	55.000
DIRECCIÓN	38	5.000
TOTAL		428.000

Tabla 3-18 Precio de adquisición de las subestaciones del sistema (Elaboración propia)

3.3.2 Aspectos específicos según el tipo de combustible: gas natural

3.3.2.1 Justificación elección gas natural

En las tablas Tabla 3-19 y Tabla 3-20, se representa una simulación en la cual todas las calderas de la ENM trabajan, en primer lugar con gas natural, y en segundo con gasóleo C. De esta manera se puede descartar aquella que resulte menos económica y elegir para el proyecto la más idónea.

EQUIPO	MWh DEMANDADOS	TARIFA	COSTE
ÁLVARO DE BAZÁN	343	3.4	16.626 €
RES. OFICIALES	365	3.4	17.630 €
SECTOR 7	42	3.2	2.001 €
LAVANDERÍA	347	3.4	16.809 €
RES. SUBOF.	341	3.4	16.535 €
MÉNDEZ NÚÑEZ	500	3.4	23.792 €
M. DE LA VICTORIA	832	3.4	38.944 €
F. MORENO	590	3.4	27.899 €
CEMEDEM	14	3.2	740 €
PISCINA	1.931	3.4	89.103 €
ISAAC PERAL	156	3.4	8.091 €
DIRECCIÓN	51	3.2	2.320 €
TOTAL	3530		258.171 €

Tabla 3-19 Simulación de gasto de calderas con gas natural (Elaboración propia)

Empleando únicamente gas natural en cada una de las calderas, la ENM habría tenido un gasto estimado de 258.171 € en 2017. En cambio, habiendo empleado gasóleo C, la situación habría sido distinta:

EQUIPO	m ³ DEMANDADOS	PRECIO m ³	COSTE
ÁLVARO DE BAZÁN	34	650 €	22.100 €
RES. OFICIALES	31	650 €	20.150 €
SECTOR 7	4	650 €	2.600 €
LAVANDERÍA	34	650 €	22.100 €
RES. SUBOF.	29	650 €	18.850 €
MÉNDEZ NÚÑEZ	50	650 €	32.500 €
M. DE LA VICTORIA	82	650 €	53.300 €
F. MORENO	50	650 €	32.500 €
CEMEDEM	1,5	650 €	975 €
PISCINA	137	650 €	89.050 €
ISAAC PERAL	13	650 €	8.450 €
DIRECCIÓN	1	650 €	650€
TOTAL	329		302.575 €

Tabla 3-20 Simulación de gasto de calderas con gasóleo C (Elaboración propia)

En este caso, la ENM habría tenido un gasto estimado de 302.575 € para el mismo año. Por lo tanto, se puede estimar que, si todas las calderas de la ENM funcionasen con gas natural, se podría ahorrar en concepto de combustible para calefacción y ACS una cantidad aproximada de 44.400 € anuales, ya que resulta ser más rentable debido a la gran cantidad de gas natural empleado.

Por lo tanto, puesto que se conoce que se puede ahorrar en la factura y que, además, la ENM ya tiene instaladas terminales de gas natural en sus instalaciones, se elige el gas natural para la elaboración de una de las propuestas de actuación.

3.3.2.2 Ubicación de la estación de generación central

Dentro de una de las salas de calderas de la ENM, irá situada la caldera central, además de la subestación que sirva al mismo edificio. El motivo es que en ellas ya existen las condiciones adecuadas para la instalación de un grupo térmico, por lo tanto si se emplea una de las salas ya existentes, no se tendrá que proponer la construcción de una sala de calderas nueva. No obstante, se debe elegir cuál, de entre las existentes, es la más adecuada.

De todas ellas, se debe elegir aquella que cumpla ciertos requisitos:

1. Que se encuentre a una distancia similar de cada una de las demás instalaciones.
2. Que disponga de espacio suficiente para albergar la central de generación y sus elementos de control, además del tanque de control de legionelosis, el sistema de bombeo, el depósito de ACS y la subestación del propio edificio.
3. Que sea accesible para la incorporación e instalación de la central de generación.
4. Que permita el mantenimiento de la central y sus elementos.

Para comprobar el primer requisito, haciendo uso del software Google Earth, se puede medir la distancia a los demás edificios desde el más central y, por tanto, más cercano a todo éstos, el cuartel Marqués de la Victoria.



Figura 3-4 Distancia radial desde la caldera central al resto de edificios (Google Earth)

La sala de calderas del cuartel Marqués de la Victoria cumple también el segundo requisito, puesto que se trata de una construcción amplia, anexa al edificio, con capacidad de ventilación adecuada y con una entrada amplia, lo cual también permite el cumplimiento de los tercero y cuarto puntos. Por lo tanto, se determina la sala de calderas del cuartel Marqués de la Victoria como la ubicación de la central de generación de calor del nuevo sistema de gas natural.

3.3.2.3 Red de tuberías de distribución

Ahora que se conoce la ubicación de la futura central de producción de calor, se puede determinar el recorrido que la red de tuberías de distribución deberá recorrer, de manera subterránea, para llegar a los distintos puntos de consumo y abastecerlos de agua caliente para calefacción y ACS.

Para la realización de este estudio, se determina que todas las tuberías que conformen la red de distribución, tendrán un diámetro de 90 mm, medida común en estas redes. Una vez acogida esta hipótesis, se debe conocer la longitud aproximada de la misma para realizar el presupuesto aproximado.

Puesto que la profundidad a la que debe ser enterrada la red es de alrededor de 0,5 m, la realización de las excavaciones pertinentes para tal efecto no dañarán ninguna de las otras redes (teléfono y red eléctrica) subterráneas existentes en la ENM, ya que éstas se encuentran a más de 1,5 m de profundidad. Sin embargo, sí se debe tener en cuenta las tomas y puntos de control de éstas y realizar el trazado de la red de calefacción y ACS respetando dichos puntos.

Para la realización del trazado aproximado de la red, se hace uso de los softwares Google Earth y Google Maps, los cuales permiten realizar medidas sobre el terreno real que proporcionen distancias geométricas entre puntos, ya que ambos tienen en cuenta el relieve del terreno.



Figura 3-6 Detalle general de la red de distribución (Google Earth)



Figura 3-5 Sala de calderas del cuartel Marqués de la Victoria (Google Maps)

El tipo de trazado idóneo para el caso de la ENM es un trazado ramificado (espina de pescado). La descripción del tipo de trazado ramificado, proporcionada en el apartado 2.5.2.1, dice: “cada edificio se conecta a una única central de producción mediante única vía de suministro. Se trata de un concepto fácil de aplicar, de fácil aplicación y de buena capacidad de respuesta ante una avería. Es empleado tanto en zonas donde el calor se debe llevar a zonas lejanas, como en microrredes, pero teniendo en cuenta que las dependencias deben contar con una demanda térmica moderada, lo que implica temperaturas de impulsión bajas y un tiempo de trabajo continuado moderado”.

Esta definición corresponde con las características de la red propuesta, ya que se trata de una microrred de una demanda térmica moderada que no precisa altas temperaturas altas de funcionamiento. En la Figura 3-7 se pueden observar las características del trazado: cada edificio conectado a una única central de producción y un tramo principal del que parten salientes a cada punto de consumo.



Figura 3-7 Propuesta de trazado de la red de distribución de calor con biomasa (Google Earth)

TRAMO	LONGITUD (m)
MDV-AB	200
MDV-N1	45
N1-N2	80
N2-CFM	143
N2-IP	220
IP-LC	75
CFM-CEM	110
N1-CMN	40
CMN-N3	56
N3-LAV	130
N3-RSO	40
RSO-N4	80
N4-RO	46
N4-CH7	225
N5-CH1	30
N6-CH2	30
N6-CHD	45
N7-N8	26
N8-CH3,CH4	12
N9-CH5	17
N10-CH6	14
LONGITUD TOTAL RED	1.670

Tabla 3-21 Longitud de los tramos de la red de distribución del sistema de gas natural (Elaboración propia)

Para una microrred de calefacción y ACS, como es el caso que se aborda, lo idóneo es emplear un trazado de dos tubos, debido a varias ventajas. Entre ellas se encuentra una menor necesidad de mantenimiento, una reducción de pérdidas térmicas y la sencillez de instalación con respecto a un trazado de 4 tubos. Por lo tanto, la red propuesta contará por esta opción de entre las disponibles (2.5.2.2).

Para este caso de estudio, se selecciona una tubería genérica doble, común en las redes de distribución de calor de distrito: el tubo de polipropileno copolímero random (PP-R), de 90 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 8,2 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15874-2, con el precio incrementado el 20% en concepto de accesorios y piezas especiales.

3.3.2.3.1 Presupuesto

Según [12], el metro de tubo de polipropileno copolímero random (PP-R), de 90 mm se vende en España a una media de 48 €, precio que, además del tubo en sí, también incluye el metro cilíndrico de aislante típico para estas instalaciones y la pintura roja para el trazado de ida y azul para el trazado de vuelta. Por lo tanto, para la longitud estimada de 1670 m de trazado de tubería de ida y de vuelta, se calcula un coste total aproximado de 80.160 €(Tabla 3-22).

MATERIAL	CANTIDAD (m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	COSTE TOTAL (€)
TUBO PP-R	1670	48	80.160

Tabla 3-22 Importe en concepto de red de distribución (Elaboración propia)

3.3.3 Aspectos específicos según el tipo de combustible: biomasa

3.3.3.1 Justificación elección biomasa

La biomasa es una fuente de energía sostenible, en auge actualmente y de un precio bajo, de la cual se pueden obtener potenciales ahorros económicos en su empleo a largo plazo. Se propone como combustible para la nueva central de generación térmica para corroborar estos hechos y conocer qué beneficios o ahorros se pueden obtener de ello.

3.3.3.2 Ubicación de la estación de generación central

Una caldera de biomasa es un grupo térmico de grandes dimensiones, generalmente, que se alimenta con restos orgánicos para calentar el circuito de ACS y calefacción de una instalación. Su funcionamiento es idéntico al de una caldera de gas natural, recupera el calor obtenido de la combustión de un combustible (en este caso biomasa) para calentar el agua del circuito del intercambiador de la caldera, de modo que éste derive el agua caliente al circuito de calefacción y al de ACS.

Requieren de un notable mantenimiento extra por parte del usuario (en el caso de la ENM el destino de mantenimiento), ya que se debe limpiar el quemador con relativa frecuencia y retirar las cenizas. Además, como se ha mencionado, requieren de un espacio mayor que el resto de calderas (7 m de largo para la caldera de biomasa de 6.100 kW, en contraposición con los 5 m de largo de la caldera de gas natural) y que hay que contar con el extenso depósito para almacenar el biocombustible y el tornillo sinfín o de succión que comunica lo comunica con la caldera.

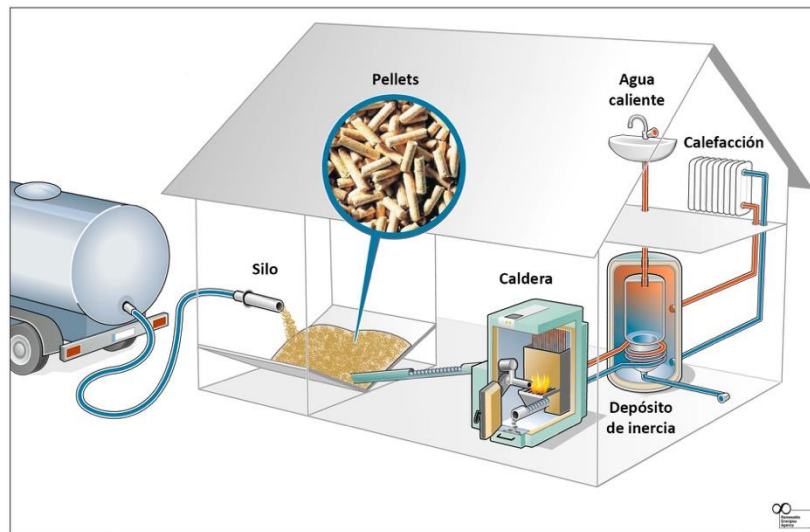


Figura 3-8 Esquema de funcionamiento de una caldera de biomasa [63]

Una instalación de generación de energía térmica a partir de biomasa necesita de un espacio mayor para su instalación que una caldera de gas natural. Por lo tanto, la sala de calderas elegida para la propuesta de gas natural (38 m² de superficie) puede no ser válida para la de biomasa. Según la IDAE, en su documento “Instalación térmica de biomasa en edificios” [13], una caldera de biomasa necesita alrededor de 25 cm² por cada kW de potencia, por lo tanto la nueva caldera necesitará una superficie de:

$$S_{CALDERA} = 25 \cdot 5483 = 137.075 \text{ cm}^2 = 13,7\text{m}^2$$

Además de una superficie extra para ventilación y acondicionamiento de 5 cm²:

$$S_{EXTRA} = 5 \cdot 5483 = 27.415 \text{ cm}^2 = 2,7\text{m}^2$$

Con lo cual, la superficie mínima que deberá tener la sala de calderas de la misma será de:

$$S_{TOTAL} = 13,7 + 2,7 = 16,4 \text{ m}^2$$

Sin embargo, este dato serviría si únicamente se tuviese que instalar una caldera, pero una instalación de biomasa tiene unos elementos adicionales, ya mencionados, que le hacen ocupar un espacio aún mayor:

- Depósito de biocombustible (silo):

La IDAE, también en su documento “Instalación térmica de biomasa en edificios” [13], recomienda la instalación de depósitos que posean 15 L de capacidad por cada kW de potencia de la caldera a la que sirve. De esta manera, el depósito necesario debería tener una capacidad de:

$$15 \cdot 5483 = 82.245 \text{ L}$$

Suponiendo un depósito cilíndrico, forma de la cual están fabricados la gran mayoría de ellos y una altura de 5 m, altura máxima en el mercado, la superficie que éste ocuparía se puede obtener conociendo su volumen.

De esta manera:

$$V_{CILINDRO} = h \cdot \pi \cdot r^2$$

$$82,245 \text{ m}^3 = 5 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$\frac{82,245 \text{ m}^3}{5 \text{ m}} = \pi \cdot r^2 = S_{BASE \text{ DEPÓSITO}}$$

$$S_{BASE \text{ DEPÓSITO}} = 16,5 \text{ m}^2$$

- Tornillo de succión: El tornillo de succión conduce el biocombustible del depósito a la tolva de alimentación de la caldera. Consiste en un mecanismo de doble tornillo sinfín rotatorio que traslada el combustible a la caldera cuando ésta lo precise o cada tiempo programado, dependiendo del nivel de automatización de la misma.



Figura 3-9 Tornillo de succión de biocombustible [38]

Los tornillos de succión de las instalaciones de biomasa disponibles en el mercado para un sistema de las características que se precisan en la ENM son de un tamaño muy considerable, aproximadamente de 9 m de longitud, debiendo contar, además, con sus mecanismos motor y de control. Se estima una necesidad de superficie aproximada de

$$S_{TORNILLO} = 9 \cdot 3 = 27 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, puesto que se necesita un espacio mayor para la instalación del grupo de generación de calor y sus elementos adyacentes, siendo este espacio de alrededor de:

$$S_{TOTAL} = S_{CALDERA} + S_{EXTRA} + S_{BASE \text{ DEPÓSITO}} + S_{TORNILLO} = 53,7 \text{ m}^2 \sim 54 \text{ m}^2$$

$$S_{TOTAL} = 13,7 + 2,7 + 16,5 + 27 = 60 \text{ m}^2 > 38 \text{ m}^2$$

Se determina que la sala de calderas del cuartel Marqués de la Victoria, de 38 m^2 , la más grande y apta de las salas de calderas de la ENM, no es válida para albergar en su interior el conjunto de generación de calor y sus elementos, con lo cual, se precisa la construcción de una nueva que sí sea apta.

El lugar más idóneo para su construcción, dentro de la ENM, es en las inmediaciones del CEMEDEM, junto a la oficina del CASI. Se trata de una porción de terreno en desuso, de 1.500 m², idónea para el levantamiento tanto de una nave prefabricada, como de una construcción de obra:



Figura 3-10 Zona destinada para sala de calderas (Google Earth)

La primera opción, la nave prefabricada, es la más empleada para una sala de calderas de biomasa, debido a su precio económico, resistencia y su sencillez y rapidez de construcción, con lo cual, será la elegida para esta propuesta.



Figura 3-11 Nave metálica prefabricada [14]

3.3.3.2.1 Presupuesto

La asociación PATEC [14], un grupo de empresas del sector de la construcción español, ofrece los precios más competitivos del mercado de nuestro país en cuanto a naves prefabricadas se refiere.

En el Anexo III se incluye el presupuesto pedido a dicha empresa de construcción de una nave de 120 m² de superficie y 6 m de altura, de chapa metálica de cubierta tipo sándwich de 50 mm y paredes de hormigón. El presupuesto incluye el montaje de la nave al completo y el seguro de Responsabilidad Civil Suma un total de 15.690 €.

3.3.3.3 Red de tuberías de distribución

Del mismo tipo que la red propuesta para el sistema de gas natural (ramificada), el trazado que se propone para la instalación de biomasa es el siguiente:



Figura 3-12 Propuesta de trazado de la red de distribución de calor con biomasa (Google Earth)

Las longitudes de cada tramo de esta red se relacionan en la Tabla 3-23.

TRAMO	LONGITUD (m)
CENTRAL-MDV	325
N2-CFM	50
N1-CEMEDEM	60
N3-IP	210
IP-LABCUD	80
N4-MN	44
MDV-AB	200
MN-LAV	180
N5-RSUB	40
RSUB-N6	82
N6-ROF	51
N6-CH7	225
N7-CH1	30
N8-CH2	30
N8-CHD	45
N8-N9	26
CH3-CH4	12
N10-CH5	17
N11-CH6	14
LONGITUD TOTAL DE LA RED	1.721

Tabla 3-23 Longitud de los tramos de la red de distribución del sistema de biomasa (Elaboración propia)

3.3.3.3.1 Presupuesto

Empleando el mismo tipo de tubería genérica que para la propuesta de gas natural, tubo de polipropileno copolímero random (PP-R), de 90 mm, el cual se vende en España a una media de 48 €, se obtiene un importe de :

MATERIAL	CANTIDAD (m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	COSTE TOTAL (€)
TUBO PP-R	1721	48	82.608

Tabla 3-24 Importe en concepto de red de distribución (Elaboración propia)

3.3.3.4 Elementos específicos: presupuesto

1. Depósito de biocombustible: en el mercado Europeo, un depósito de estas características (82.245 L) se vende por una cantidad aproximada de 100.000 €, aproximadamente 1,25€ cada litro de capacidad.
1. Tornillo de succión: el P.V.P. recomendado por ADHAC e IDAE para la compra e instalación de tornillos sinfín de alimentación de las calderas ronda los 12.000 € para un sistema de unas características similares al propuesto. El tornillo sinfín conduce el biocombustible del depósito a la tolva de alimentación de la caldera, y tiene un nivel de desgaste acusado, por lo tanto se estima que cada tornillo de alimentación debe cambiarse cada 10 años. Para el período de vida útil considerado (25 años), se necesitan dos tornillos, con lo cual se define un importe en concepto de tornillo de succión de 24.000 €.

Por lo tanto:

DEPÓSITO	TORNILLO DE SUCCIÓN	IMPORTE TOTAL
100.000 €	24.000 €	124.000 €

Tabla 3-25 Presupuesto de elementos exclusivos del sistema de calefacción de biomasa (Elaboración propia)

3.3.3.5 Previsión anual de biocombustible

La Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables, define la biomasa como “la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales”.

Los principales combustibles obtenidos a partir de la biomasa son leñas, astillas, pellets, huesos de aceituna y cáscaras de fruta. Los más empleados con las leñas, astillas y pellets.

Para esta propuesta se escoge el pellet como biocombustible, al ser un elemento en auge que ha ayudado en gran medida a la consolidación del mercado de la energía de la biomasa, además de poseer un poder calorífico aceptable y una relación energía-precio adecuada para el mercado.

Los pellets son pequeños cilindros fabricados de subproductos de la industria de la madera, compactos y de alta calidad que tienen un PCI de 5,23 kWh/kg. Comparado con los otros combustibles mencionados y/o empleados en este trabajo, es el combustible de menor poder calorífico, sin embargo es el más sostenible:

COMBUSTIBLE	PCI
GASÓLEO C	10,14 kWh/kg
GAS NATURAL	11,7 kWh/m ³
PROPANO	12,93 kWh/kg
PELLETS	5,23 kWh/kg

Tabla 3-26 PCI de combustibles [15]

Para conocer cuanto costará anualmente alimentar la caldera de biomasa para satisfacer las necesidades energéticas de la ENM de manera proxima, se necesita saber, en primer lugar, el precio del kg de pellets, y multiplicarlo entonces por la energía necesaria.

A fecha de 19 de marzo de 2018, y según [16], el precio de la tonelada de pellet en España es de 251,02 €.

Anualmente, se calcula que la ENM necesitaría 3.530 MWh de energía térmica para satisfacer sus necesidades de calefacción y ACS. Por lo tanto, conociendo el PCI del pellet, el precio de venta de la tonelada de pellets y las necesidades energéticas anuales del centro, se puede calcular el gasto el concepto de biocombustible anual:

$$Q_{biocombustible} = \frac{CE}{PCI}$$

Ecuación 3-3 Cantidad de biocombustible necesaria

Siendo:

- $Q_{combustible}$: la cantidad de biocombustible necesaria.
- CE : consumo energético anual = 3.530 MWh
- PCI : Poder Calorífico Inferior del Combustible = 5,23 kWh/kg

Por lo tanto, anualmente, la ENM necesitaría:

$$Q_{biocombustible} = \frac{3.530.000 \text{ kWh}}{5,23 \text{ kWh/kg}}$$

$$Q_{biocombustible} = 674.952 \text{ kg de pellets}$$

Para satisfacer las necesidades de pellets anualmente, por lo tanto, la ENM tendría un gasto anual aproximado de:

$$GASTO ANUAL = 674,952 \text{ tons} \cdot 251,02$$

$$GASTO ANUAL = 169.427 \text{ €}$$

3.4 Inversión total

Consta de tres partes:

A. Inversión física:

Sumatorio de los valores de inversión de las partidas principales (centrales, red de distribución y subestaciones) y sus sistemas auxiliares.

B. Costes de estructura:

A la inversión física se le deben sumar varios costes adicionales, los cuales pueden reducirse debido a las posibles subvenciones que el Estado español otorga a ciertos proyectos, aunque no se tendrán en cuenta para este proyecto. La ADHAC estima los porcentajes de la inversión física que se pueden considerar para ellos. Estos costes adicionales son:

- a. Ingeniería: coste para contratar una ingeniería especializada. Según ADHAC, se puede considerar entre el 5% y el 10% de la inversión física. Para este proyecto, debido a su mediana complejidad, se considerará un 7,5% de la inversión física.
- b. Seguimiento: seguimiento y gestión del proyecto. Se puede considerar entre el 2% y el 5% de la inversión física. Para este proyecto se considerará un 3% de la misma.
- c. Seguros: Responsabilidad Civil y Todo Riesgo de Obra. 1% de la inversión física.

C. Imprevistos:

Presupuestar una obra requiere un planeamiento detallado, en el cual es imposible garantizar que están previstas todas las situaciones que le pueden afectar económicamente de manera negativa. La experiencia y el criterio del constructor pueden minimizar estos efectos, pero a los errores de juicio que pueda cometer el constructor es necesario agregar posibles fallos del personal auxiliar, inadecuado conocimiento de las condiciones del lugar de trabajo, deficiencias en planos o especificaciones, etc. Por ello, es una práctica común agregar a la inversión física del proyecto un porcentaje de dinero que se destinará para cubrir esas eventualidades y se denomina Imprevistos.

Se pueden valorar con respecto al importe total de la inversión física o por separado en cada una de las partidas principales (centrales, red de distribución y subestaciones), siendo más simple y efectivo realizarlo de la primer manera. Dependiendo del nivel de complejidad de la obra, la cartilla práctica AIU de 2018 menciona que se puede considerar entre el 5% y el 20 % de la inversión física para cada partida principal. Debido a la baja complejidad de este proyecto, se considerará un 6% por cada partida principal.

3.4.1 Sistema de gas natural

CONCEPTO	IMPORTE DE LA INVERSIÓN	PORCENTAJE
INVERSIÓN FÍSICA		
CENTRAL DE PRODUCCIÓN	135.000 €	16%
SUBESTACIONES	428.000 €	62%
RED DE DISTRIBUCIÓN	80.160 €	22%
SUBTOTAL INVERSIÓN FÍSICA	643.160 €	100% S.I.F.
COSTES ESTRUCTURA		
INGENIERÍA	48.237 €	7,5% S.I.F.
SEGUIMIENTO	19.295 €	3% S.I.F.
SEGUROS	6.432 €	1% S.I.F.
SUBTOTAL ESTRUCTURA	73.964 €	11,5% S.I.F.
IMPREVISTOS		
CENTRAL DE PRODUCCIÓN	8.100 €	6% S.I.F. en central de producción
SUBESTACIONES	25.680 €	6% S.I.F. en subestaciones
RED DE DISTRIBUCIÓN	4.810 €	6% S.I.F. en red de distribución
SUBTOTAL IMPROVISTOS	38.590 €	18% S.I.F.
INVERSIÓN TOTAL	755.714 €	100%

Tabla 3-27 Inversión total de la propuesta con gas natural (Elaboración propia)

3.4.2 Sistema de biomasa

CONCEPTO	IMPORTE DE LA INVERSIÓN	PORCENTAJE
INVERSIÓN FÍSICA		
CENTRAL DE PRODUCCIÓN	274.690 €	35%
SUBESTACIONES	428.000 €	54,5%
RED DE DISTRIBUCIÓN	82.608 €	10,5%
SUBTOTAL INVERSIÓN FÍSICA	785.298 €	100 % S.I.F.
COSTES ESTRUCTURA		
INGENIERÍA	58.897 €	7,5% S.I.F.
SEGUIMIENTO	23.559 €	3% S.I.F.
SEGUROS	7.853 €	1% S.I.F.
SUBTOTAL ESTRUCTURA	90.309 €	11,5% S.I.F.
IMPREVISTOS		
CENTRAL DE PRODUCCIÓN	16.481 €	6% S.I.F. en central de producción
SUBESTACIONES	25.680 €	6% S.I.F. en subestaciones
RED DE DISTRIBUCIÓN	4.956 €	6% S.I.F. en red de distribución
SUBTOTAL IMPROVISTOS	47.118 €	6% S.I.F.
INVERSIÓN TOTAL	922.725 €	100%

Tabla 3-28 Inversión total de la propuesta con biomasa (Elaboración propia)

3.4.2.1 Comparación con proyecto similar: Cuéllar (Segovia)

En el proyecto realizado en Cuéllar se invirtió una cantidad de 1.141.923 €, de los cuales, el 55% (799.346 €) fue destinado a la central de generación, el 15% a la instalación de las subestaciones de conexión con los usuarios y el 30% (342.576 €) para la instalación de una red de tuberías de 2.500 m.

La diferencia entre ambos proyectos en cuanto a las áreas de inversión y las cantidades invertidas en ellas se refleja en el siguiente gráfico (ver Gráfico 3-4):

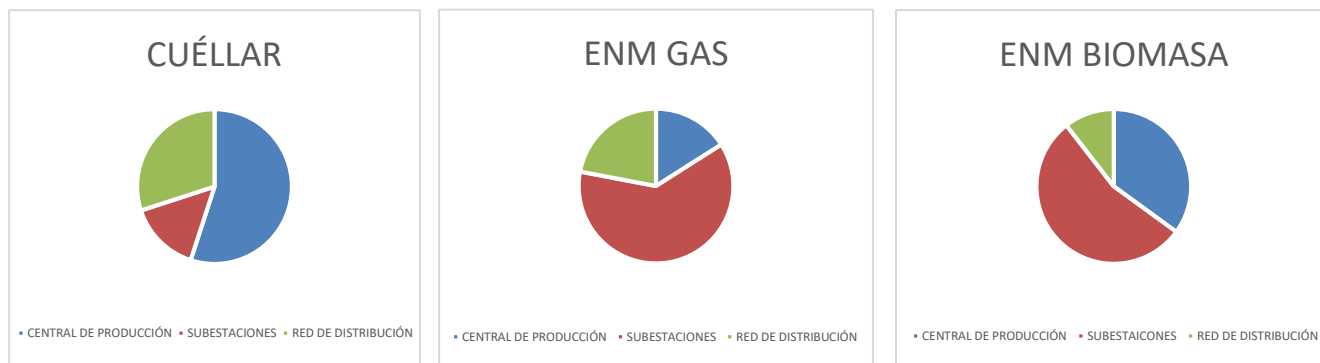


Gráfico 3-4 Diferencias de inversión entre la red de Cuéllar y la propuesta en la ENM (Elaboración propia)

3.5 Estudio económico básico

3.5.1 Período de amortización simple

Se denomina amortización de una inversión al período de tiempo necesario para que se pueda considerar que ésta ha dejado de causar gastos, para comenzar a causar beneficios, considerándose una inversión amortizada en el momento que ha terminado de pagarse con los beneficios que genera. Es decir, cambiando de sistema de calefacción y ACS, se gastará menos y se aumentará el beneficio una vez alcanzado el período de amortización.

Para poder calcular dicho período, es necesario centralizar ciertos datos:

1. Importe de la inversión (€)
2. Previsión de consumo de la instalación (MWh) y, con ello,
3. Previsión de gasto anual (€/año).
4. Gasto actual (€/año): gasto en gas natural + gasto en gasóleo C de la ENM.
5. Beneficio (diferencia entre el gasto actual y el estimado con la nueva instalación) (€/año).

Los datos que se emplearán para obtener las previsiones de consumos consistirán en los datos presentes en las simulaciones de consumos con gas natural, presentes en la Tabla 3-19, obtenidos a partir de los datos reales de proporcionados por la Oficina de Mantenimiento de la ENM para el año 2017.

3.5.1.1 Sistema de gas natural

IMPORTE DE LA INVERSIÓN	GASTO PREVISTO	GASTO ACTUAL	AHORRO
755.714 €	258.171 €	301.557 €	43.386 €

Tabla 3-29 Datos centralizados gas natural (Elaboración propia)

Haciendo uso de estos datos, introduciéndolos en la Ecuación 3-4, se puede calcular el período de amortización del sistema propuesto.

$$T_{AMORTIZACIÓN} = \frac{\text{Importe de la inversión}}{\text{Beneficio}}$$

$$T_{AMORTIZACIÓN} = \frac{755.714 \text{ €}}{43.386 \text{ €/año}}$$

$$T_{AMORTIZACIÓN} = 17,4 \text{ años} \approx 17 \text{ años}$$

Ecuación 3-4 Período de amortización

Por lo tanto, el proyecto propuesto, tendría un período de amortización de 17 años, lo cual implica que aproximadamente a los 17 años de haber realizado la inversión inicial de 755.714 €, la ENM la habrá recuperado por completo.

3.5.1.2 Sistema de biomasa

IMPORTE DE LA INVERSIÓN	GASTO PREVISTO	GASTO ACTUAL	BENEFICIO
922.725 €	169.427 €/año	301.557 €/año	132.130 €/año

Tabla 3-30 Datos centralizados biomasa (Elaboración propia)

$$T_{AMORTIZACIÓN} = \frac{\text{Importe de la inversión}}{\text{Beneficio}}$$

$$T_{AMORTIZACIÓN} = \frac{922.725 \text{ €}}{132.130 \text{ €/año}}$$

$$T_{AMORTIZACIÓN} = 6,98 \text{ años} \sim 7 \text{ años}$$

Por lo tanto, el proyecto propuesto, tendría un período de amortización de 7 años, lo cual implica que aproximadamente a los 7 años de haber realizado la inversión inicial de 922.725 €, la ENM la habrá recuperado por completo.

3.5.2 VAN¹²

En el mundo de las inversiones, el Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta empleada para la tom de decisiones financieras. Se emplea para estimar cuanto se va a ganar o perder con una inversión determinada. Para poder calcular el VAN de una inversión, antes se debe determinar ciertos parámetros, los cuales determinarán la viabilidad de la inversión, haciendo uso de la Ecuación 3-5:

1. Inversión inicial.
2. Período de tiempo a evaluar: normalmente se escoge la vida útil del producto en el que se va a invertir.
3. Flujo de caja (*Cash Flow*): consiste en los beneficios que se obtendrán en cada período seleccionado (cada uno de los 25 años de la vida útil del producto). Para determinar estos valores, las compañías y constructoras emplean expertos de la industria y analistas, por lo tanto, para realizar esta aproximación, se va a escoger un valor genérico igual para cada período. Consiste en la diferencia entre el gasto actual de combustible y el previsto con gas natural.
4. Tasas de descuento correspondientes: es un dato expresado en números decimales que se refiere a la tasa de retorno de una cuenta de ahorros. Con este dato, el VAN determina si se podría obtener un beneficio mayor invirtiendo la misma cantidad en una caja de ahorros de un banco o en una inversión en acciones, que invirtiendo en el proyecto. Para este proyecto, se escoge un valor de rentabilidad del 0,5% TAE del banco WiZink [17]

La ecuación que define el VAN de una inversión es:

$$VAN = \sum \left[\frac{P}{(1+i)^t} \right] - C$$

Ecuación 3-5 VAN

¹² Valor Actual Neto.

- Si $VAN > 0$: se puede realizar el proyecto, ya que se pagará solo en el período fijado si se mantienen. Como mínimo, los beneficios fijados.
- Si $VAN < 0$: el proyecto no se debe realizar, puesto que no genera beneficios y no se pagará solo en ese período.
- Si $VAN = 0$: la realización, o la no realización del proyecto, no se puede determinar haciendo uso del VAN del mismo.

3.5.2.1 Sistema de gas natural

Parámetros:

- P: Flujo de Caja = 43.386 €
- C: inversión inicial = 755.714 €
- t : cantidad de períodos de tiempo = 25 años¹³
- i: tasa de descuento = 0,005

Por lo tanto,

PERÍODO	RESULTADO
1	43.170 €
2	42.955 €
3	42.742 €
4	42.529 €
5	42.317 €
6	42.107 €
7	41.897 €
8	41.689 €
9	41.482 €
10	41.275 €
11	41.070 €
12	40.866 €
13	40.662 €
14	40.460 €
15	40.259 €
16	40.058 €
17	39.859 €
18	39.661 €
19	39.463 €
20	39.267 €
21	39.072 €
22	38.877 €
23	38.684 €
24	38.491 €
25	38.300 €
TOTAL	1.017.212 €

Tabla 3-31 Operaciones VAN propuesta de gas natural (Elaboración propia)

A este resultado se le debe restar la inversión inicial para obtener el VAN:

$$VAN = 1.017.212 - 755.714 = 261.498 \text{ €}$$

El VAN de esta inversión es positivo, lo que indica que su realización es viable.

1. ¹³ Para este caso, se escoge un período de 25 años de vida útil, dato obtenido de los historiales de reemplazamiento de las distintas calderas de las instalaciones de la ENM. Dicho historial, realizado por la Oficina de Mantenimiento de la ENM, indica que, de media, cada 25 años, se cambian las calderas antiguas por otras nuevas de las mismas características, pudiendo variar el tipo de combustible empleado en ellas.

3.5.2.2 Sistema de biomasa

De la misma manera que para la propuesta de gas natural, el VAN de esta propuesta de biomasa va a determinar si la inversión resultaría beneficiosa, o infructuosa. Sin embargo, hay que tener en cuenta que una caldera de biomasa tiene una vida útil estimada de 20 años, por ello el período elegido será de 20 años.

Para esta segunda propuesta:

- P: Flujo de Caja = 132.130 €
- C: inversión inicial = 922.725 €
- t : cantidad de períodos de tiempo = 20 años
- i: tasa de descuento = 0,005

Aplicados estos datos a la ecuación del VAN:

$$VAN = \sum \left[\frac{P}{(1+i)^t} \right] - C$$

PERÍODO	RESULTADO
1	131.473 €
2	130.819 €
3	130.168 €
4	129.520 €
5	128.876 €
6	128.235 €
7	127.597 €
8	126.962 €
9	126.330 €
10	125.702 €
11	125.076 €
12	124.454 €
13	123.835 €
14	123.219 €
15	122.606 €
16	121.996 €
17	121.389 €
18	120.785 €
19	120.184 €
20	119.586 €
TOTAL	3.097.872 €

Tabla 3-32 Operaciones VAN propuesta N° 2 (Elaboración propia)

$$VAN = 3.097.872 - 922.725 = 2.175.147 \text{ €}$$

El VAN de esta inversión es positivo, lo que indica que su realización es viable, igual que para el caso de la propuesta de gas natural.

4 RESULTADOS

Para seleccionar uno de entre los dos sistemas propuestos, se deben poner en común todas estas características favorables y desfavorables de cada uno y después confrontarlas, determinando, en base a las mismas, cuál de ellos es el más idóneo.

Aunque estas dos formas de obtención de energía térmica no son las únicas existentes en el mercado, sí son las más accesibles, las más fáciles de implantar y, teniendo en cuenta estos dos factores de manera simultánea, las más respetuosas con el medio ambiente.

En un primer momento, proponer un sistema de calefacción de distrito a gas natural para satisfacer las necesidades de calefacción y ACS de la ENM era el objetivo de este TFG. Sin embargo, tras estudiar en detalle los consumos reales de 2017 de las calderas que en la actualidad sirven a la ENM, se han podido demostrar varias premisas:

- Que instalar desde cero una red de calefacción de distrito de biomasa es más rentable que instalar una de gas natural incluso aprovechando las terminales de gas natural existentes .
- Que se tardaría menos en recuperar una inversión, aun siendo mayor, si esta fuese destinada a la implantación de un sistema de calefacción y ACS centralizado de biomasa.
- Que la ENM podría ahorrar una cantidad aproximada de 132.130 € al año si todas sus calderas fuesen de biomasa.
- Que la inversión en el sistema de biomasa tiene un VAN mayor que la inversión en el de gas natural, lo que le hace ser más viable que la segunda.
- Que, en caso de llevar a cabo la instalación del sistema de biomasa, la misma inversión devolverá anualmente a la ENM un 0,5% de la inversión y un adicional de 2.175.147 €, en caso de que se le siga destinando desde la JAL el mismo capital en concepto de combustible durante los 20 años de vida útil del sistema. Es decir, que invertir en el proyecto propuesto es 2.174.147 € más rentable que introducirlo en el banco a un 0,5% TAE.

En la Tabla 4-1 se confrontan todas aquellas características propias de cada sistema de calefacción y ACS propuesto, importantes desde el punto de vista del usuario (ENM), decisivas para la selección de uno de los dos sistemas como el más idóneo.

Nº	CRITERIO	CALDERA DE GAS NATURAL	CALDERA DE BIOMASA	
1	TIEMPO DE INSTALACIÓN	Existe una red de distribución de gas natural en la ENM: menos tiempo de instalación.	Instalación se tiene que empezar desde cero: más tiempo de instalación.	Gas natural
2	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO	Es una tecnología más limpia.	Exige una limpieza y mantenimiento muy frecuente debido a las cenizas.	Gas natural
3	ESTADO DE LA TECNOLOGÍA	Existen gran cantidad de técnicos acreditados para instalación y, sobre todo, mantenimiento de los equipos.	Tecnología en auge y desarrollo que puede presentar nuevas opciones en el futuro.	Gas natural
4	NIVEL DE CONTAMINACIÓN	Combustible fósil menos contaminante.	No contribuye al calentamiento global (emisión cero).	Biomasa
5	TIPO DE ENERGÍA	Fuente de energía no renovable.	Fuente de energía renovable y muy abundante.	Biomasa
6	HUMOS	No necesita chimenea para expulsión de humos.	Necesita sistema de extracción de humos	Gas natural
7	CANTIDAD DE ESPACIO DE INSTALACIÓN	Medio	Grande	Gas natural
8	CANTIDAD DE ESPACIO ALMACENAMIENTO	No requiere de espacio para almacenamiento.	Requiere de un gran espacio de almacenamiento.	Gas natural
9	CONTINUIDAD DE ALIMENTACIÓN	La continua alimentación depende del estado de la red urbana común al municipio.	La correcta alimentación de una caldera de biomasa solo depende de sí misma.	Biomasa
10	VARIEDAD DE COMBUSTIBLE	Solo se puede emplear gas natural a lo largo de su vida útil	Se puede adaptar su sistema a otro tipo de biocombustible.	Biomasa
11	COSTE UNIDAD DE ENERGÍA DE COMBUSTIBLE	Más caro	Más barato	Biomasa
12	INVERSIÓN INICIAL	Inversión inicial menor	Inversión inicial mayor	Gas natural
13	PREVISIÓN GASTO ANUAL	Gasto en combustible previsto mayor	Gasto de combustible previsto menor	Biomasa
14	AHORRO ANUAL PREVISTO	Ahorro anual menor	Ahorro anual mayor	Biomasa
15	VIDA ÚTIL	Vida útil mayor	Vida útil menor	Gas natural
16	$T_{AMORTIZACIÓN}$	$T_{AMORTIZACIÓN}$ mayor	$T_{AMORTIZACIÓN}$ menor	Biomasa
17	VAN	VAN menor	VAN mayor	Biomasa

Tabla 4-1 Confrontación de características de ambas calderas (Elaboración propia)

De los 17 criterios propuestos, el sistema de biomasa responde más adecuadamente que el de gas natural en 9 de ellos. Además, siendo los criterios más importantes los mencionados en la Tabla 4-2, se puede determinar que la propuesta N° 2, sistema de calefacción de distrito de calefacción y ACS con biomasa, es la más idónea para su implantación en la ENM.

COMBUSTIBLE	GAS NATURAL	BIOMASA (PELLETS)
COSTE UNIDAD DE ENERGÍA DE COMBUSTIBLE	~0,05 €/kWh	~0,0338 €/kWh
INVERSIÓN INICIAL	755.714 €	922.725 €
PREVISIÓN GASTO ANUAL	258.171 €	169.427 €
AHORRO ANUAL PREVISTO	43.386 €	132.130 €
VIDA ÚTIL	25 años	20 años
$T_{AMORTIZACIÓN}$	17 años	7 años
VAN	261.498 € (para 25 años)	2.175.147 € (para 20 años)

Tabla 4-2 Resumen datos económicos (Elaboración propia)

Por lo tanto, la implantación de una red de calefacción de distrito de biomasa (pellets) en la Escuela Naval Militar, supondría una inversión de 922.725 que se recuperaría en 11 años, con un consumo de biocombustible promedio anual de 169.427 € y un ahorro estimado de 88.800 € anuales con respecto a los sistemas descentralizados actuales de calefacción y ACS.

Con lo cual, se puede concluir que su implantación en la ENM es más rentable y, por lo tanto, más recomendada, que la implantación de una red de calefacción de distrito de gas natural.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

En un primer momento, este TFG pretendía ofrecer una aproximación a lo que supondría a la ENM la implantación de un sistema de calefacción de distrito de gas natural, y así se reflejaba en los objetivos iniciales del proyecto. Sin embargo, conforme se ha avanzado en el análisis de los sistemas y consumos actuales, y en el estado del arte de la materia, el TFG ha tomado otra dirección, ya que actualmente ofrece dos propuestas de actuación, una con gas natural y otra con biomasa, tecnología limpia que actualmente se encuentra en auge en el ámbito de la calefacción de hogar.

Todos los objetivos propuestos para la realización del TFG se han cumplido con éxito:

- Realizar un estudio de las necesidades energéticas térmicas de la ENM.
- Centralizar las características técnicas de todas las instalaciones térmicas de la ENM.
- Determinar el ahorro que se podrían conseguir si la ENM funcionase solo con gas natural¹⁴, gasóleo C¹⁵ o biomasa¹⁶:
- Ofrecer una aproximación a la posibilidad de implantación de una red de calefacción de distrito que sirva de la misma y de ACS al mayor número de instalaciones de la ENM posible: casi todos los edificios de la ENM quedan cubiertos por la red de distrito, únicamente dejando de lado aquellas instalaciones térmicas eléctricas cuya potencia y consumos son demasiado bajos como para que el cambio resulte rentable.

Al contemplar la Tabla 3-5, la cual muestra los consumos energéticos de cada equipo térmico de la ENM sobre el cual se lleva a cabo el estudio, puede resultar extraño el hecho de encontrar en la lista de incluidos para el proyecto algunos edificios (Dirección, Sector 7 y CEMEDEM), ya que representan únicamente un 2,1% del consumo total.

La opción de no incluirlos en la lista de estudio ha sido contemplada, sin embargo, estudiando los ahorros que se podrían conseguir no incluyéndolos, los cuales son mínimos, se decide mantenerlos para contribuir a cumplir uno de los objetivos principales de este TFG, servir al máximo número de edificios.

¹⁴ Ahorro de 43.486 € anuales.

¹⁵ Pérdida de 1.018 € anuales.

¹⁶ Ahorro de 132.130 € anuales.

El estudio llevado a cabo es el siguiente:

	% CONSUMO	COSTE TUBERÍAS	COSTE SUBESTACIONES
DIRECCIÓN	1 %	144 €	5.000 €
SECTOR 7	0,8 %	21.360 €	20.000 €
CEMEDEM	0,3 %	5.280 €	5.000 €
TOTAL	2,1%	26.784 €	30.000 €
TOTAL EN PRESUPUESTO	100%	1670	428.000 €

Tabla 5-1 Posibles ahorros (Elaboración propia)

Es decir, que se podría ahorrar una cantidad de 56.784 € en caso de no aplicar el cambio de calefacción en estos edificios. Sin embargo, del total de la inversión, estos costes suponen:

	INVERSIÓN	%
GAS NATURAL	755.714 €	8
BIOMASA	922.725 €	6

Tabla 5-2 Porcentaje de ahorro (Elaboración propia)

Por lo tanto, no supone un cambio sustancial el no destinar parte de la inversión a estos edificios, así que, siguiendo el objetivo ya mencionado, se consideran estos tres edificios como parte del estudio.

En general, todos los objetivos relativos al estudio quedan cubiertos, al igual que todos aquellos objetivos personales, establecidos para afrontar este TFG.

5.2 Líneas futuras

Las redes de distrito, no solo de calor, sino también de frío, están ganando terreno en el mundo de las tecnologías en desarrollo para el ahorro energético, sobre todo en aquellos países en los cuales la presencia de biocombustibles y energía geotérmica es abundante.

La Comunidad Autónoma de Galicia es un lugar donde la presencia de residuos orgánicos provenientes de la agricultura y la ganadería son muy abundantes y de fácil acceso, por ello, se presentan varias líneas de estudio basadas en la incorporación de estos residuos a un sistema central de calefacción y ACS en la ENM:

- Proyecto detallado de instalación de una red de calefacción y ACS de distrito en la ENM con biomasa procedente de los residuos agrícolas de la zona: consiste, en primer lugar, en estudiar la disponibilidad y existencias de residuos orgánicos procedentes de la actividad agrícola de la zona de la provincia de Pontevedra, para, a continuación, la realización de un proyecto detallado consistente en la instalación de una microrred de distrito que cubra las necesidades de calefacción y ACS de la ENM.
- Estudio básico de integración de energía solar al sistema propuesto en este TFG: consiste en combinar la producción de energía térmica por medio de biomasa con la producción de energía térmica por medio de placas solares instaladas en una zona determinada de la ENM, para así reducir el consumo de biocombustible y conseguir que la caldera de biomasa no deba tener una potencia instalada tan alta.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Resolución de 16 de mayo de 2017,» [En línea]. Available: https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2017/20170524/AnuncioO3G1-160517-0002_es.html. [Último acceso: 28 enero 2018].
- [2] P. w. d. IDAE, «Página web del IDAE,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/gl/node/10325>. [Último acceso: 26 enero 2018].
- [3] «Plan Renove del IDAE,» [En línea]. Available: <https://www.infocalderas.es/plan-renove-2017/>. [Último acceso: 29 enero 2018].
- [4] «Asociación Europea de la Biomasa,» [En línea]. Available: <http://www.aebiom.org/parliament-adopts-constructive-stance-on-solid-bioenergy/>.
- [5] «Districlima,» [En línea]. Available: <http://www.districtlima.com/es>. [Último acceso: 26 febrero 2018].
- [6] «Ficha técnica de la red de distribución de Barcelona de Districlima,» [En línea]. Available: http://www.districtlima.com/districtlima/uploads/descargas/fichas-tecnicas/Ficha_Tecnica_Red_ESP_base_VersMay09.pdf. [Último acceso: 26 Febrero 2018].
- [7] «Página web de Nova Energía,» [En línea]. Available: <http://www.gruponovaenergia.com>. [Último acceso: 26 Febrero 2018].
- [8] «TFG Estudio del potencial de aprovechamiento de la energía solar para usos térmicos en instalaciones de la ENM,» [En línea]. Available: <http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/11621/126/3/VegaVegasOscar.pdf>. [Último acceso: 30 enero 2018].
- [9] «gasNatural Fenosa,» [En línea]. Available: https://www.gasnaturalfenosa.es/hogar/luz_o_gas/contratar_luz_o_gas/tarifas_luz_y_gas/otras_tarifas/tarifas_reguladas_gas. [Último acceso: 19 febrero 2018].
- [10] «DISTRICLIMA,» [En línea]. Available: <http://www.districtlima.com/es>. [Último acceso: 15 marzo 2018].
- [11] «ADHAC, guía integral de desarrollo de proyectos de redes de distrito,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&>


- ved=0ahUKEwiHrYnh-v3ZAhVE_qQKHU9UAqsQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.adhac.es%2Fpriv%2Fclientsimages%2Fasociacionperso6_1338538783.pdf&usg=AOvVaw0qmHyc03gvEayhB1CuBuBp. [Último acceso: 21 marzo 2018].
- [12] «CYPE INGENIEROS,» [En línea]. Available: <http://www.cype.es>. [Último acceso: 16 marzo 2018].
- [13] «Página web ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital,» 19 marzo 2018. [En línea]. Available: <http://www.minetad.gob.es/Paginas/404.aspx>.
- [14] «Página web patec.org,» [En línea]. Available: <https://www.patec.org/prefabricadas.php>. [Último acceso: 19 marzo 2018].
- [15] «petromercado,» [En línea]. Available: <http://petromercado.com/blog/37-articulos/182-poder-calorifico-en-kw-del-gasoleo-c-butano-y-pellet.html>. [Último acceso: 19 marzo 2018].
- [16] P. W. Caloryfrio.com. [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/precios-especiales-en-sacos-de-pellets.html>. [Último acceso: 19 marzo 2018].
- [17] «busconomico.com,» [En línea]. Available: <https://www.busconomico.com/cuenta/wizink/cuenta-ahorro.aspx?ref=ListCu>. [Último acceso: 19 marzo 2018].
- [18] «Web de La Moncloa,» [En línea]. Available: <http://www.lamoncloa.gob.es>. [Último acceso: 13 enero 2015].
- [19] 28 marzo 2016. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=UWIE9GoywrY>. [Último acceso: 18 enero 2018].
- [20] «Demanda energética de calefacción por Comunidad Autónoma en España,» [En línea]. Available: <https://www.certicalia.com/blog/demanda-calefaccion-ccaa>. [Último acceso: 26 enero 2018].
- [21] «Ministerio de energía, turismo y agenda digital,» [En línea]. Available: <http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/energia-espana-2016.pdf>. [Último acceso: 26 enero 2018].
- [22] «Instituto Nacional de Estadística,» [En línea]. Available: <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t25/p453/modulo/2007/10/&file=08010.px>. [Último acceso: 27 enero 2018].
- [23] «Página web de Majr Group, web escocesa de administración de propiedades,» [En línea]. Available: <http://www.majr.eu/scotland-launches-10-6bn-district-heating-project/>.
- [24] «Página web,» [En línea]. Available: <https://www.certicalia.com/blog/demanda-calefaccion-ccaa>.
- [25] «Página web de certicalia,» [En línea]. Available: <https://www.certicalia.com/blog/demanda-calefaccion-ccaa>.
- [26] « Web Informed Infrastructure,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiju7uxlPnYAhXBWBQKHADiDJEQjhwIBQ&url=https%3A%2F%2Ffinf>

- ormedinfraestructure.com%2F399%2Fresearchers-map-the-city-of-sheffields-heat%2F&psig=AOvVaw0thfFU0GKeaiOah2_INk97&ust=1517177314989169. [Último acceso: 27 Enero 2018].
- [27] «Web UK biomass Ltd.,» [En línea]. Available: <http://www.uk-biomass.co.uk/district-heating.html>. [Último acceso: 27 enero 2018].
- [28] «Web Isoil Industria Online,» 23 enero 2018. [En línea]. Available: <http://isoilonline.com/2017/01/district-heating-and-cooling-market-asia-pacific-in-leading-position/>. [Último acceso: 27 enero 2018].
- [29] «Página web empresa ENGIE,» [En línea]. Available: <https://www.engie.com/en/businesses/district-heating-cooling-systems/>. [Último acceso: 27 enero 2018].
- [30] «Web REHAU,» [En línea]. Available: <https://www.rehau.com/gb-en/building-technology/renewable-energy/rehau-district-heating>.
- [31] «Resolución de 16 de mayo de 2017 por la que se establecen las bases reguladoras y se anuncia la convocatoria de subvenciones para la realización de auditorías energéticas, implantación de sistemas de gestión y proyectos de ahorro y eficiencia energética en las empresas de los sectores industrial y hotelero, para el año 2017 y 2018, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional en el marco del programa operativo Feder-Galicia 2014-2020,» [En línea]. Available: https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2017/20170524/AnuncioO3G1-160517-0002_es.html. [Último acceso: 28 enero 2018].
- [32] «Página web La Tradición,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjcopLphJvZAhUGshQKHfRiA7gQjRwIBw&url=https%3A%2F%2Fsites.google.com%2Fsite%2Ftradicionrc%2Fonline%2Farquitecturatradicionallagloria&psig=AOvVaw1w9UwnSo0veQ7KUpGUesmE&ust=1518341429876172>. [Último acceso: 10 febrero 2018].
- [33] «Página Web ATC (Aire Tratamientos de agua Calefacción),» [En línea]. Available: <http://www.comercialatc.com/blog/caldera-condensacion-que-es-como-funciona/>. [Último acceso: 29 enero 2018].
- [34] «Informe de precios energéticos regulados, IDAE,» [En línea]. Available: http://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/tarifas_reguladas_ju_lio_2017.pdf. [Último acceso: 18 febrero 2018].
- [35] [En línea]. Available: <https://preciogas.com/tarifas/gas-natural-fenosa/3-4>. [Último acceso: 19 febrero 2018].
- [36] «Página Web Preciogas,» [En línea]. Available: <https://preciogas.com/faq/tarifa-optima-gas-natural-fenosa>. [Último acceso: 19 febrero 2018].
- [37] «slideshare,» [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/yeseniarojas3/calculo-aiu>. [Último acceso: 19 marzo 2018].
- [38] «Página Web Onaz.com,» [En línea]. Available: https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwistPbRp_nZAhXJcRQKHx28AucQjhx6BAGAEAM&url=http%3A%2F%2Fwww.onaz.com%2Fonaz%2Fdm%2Ftransportadores-de-tornillo-

- sinfin.asp%3Fnombre%3D2438%26cod%3D2438%26sesion%3D1&psig=AOvVaw2XK_c LIRK_e0a7c8usRsss&ust=1521580552705799. [Último acceso: 19 marzo 2018].
- [39] «Página web del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital,» [En línea]. Available: <http://www.minetad.gob.es/energia/gas/Gas/Paginas/gasnatural.aspx>. [Último acceso: 13 marzo 2018].
- [40] «Página Web REHAU,» [En línea]. Available: <https://www.rehau.com/es-es/profesionales>. [Último acceso: 29 enero 2018].
- [41] «Estudio de alternativas de climatización en el cuartel Francisco Moreno,» [En línea]. Available: <http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/11621/19/1/TFG%2063%20Estudio%20de%20alternativas%20de%20climatización%20en%20el%20cuartel%20Francisco%20Moreno%20-%20D%C3%ADaz%20del%20R%C3%ADo.pdf>. [Último acceso: 30 enero 2018].
- [42] «Catálogo general de sistemas de calefacción de BAXIROCA,» 2011. [En línea]. Available: http://www.salvadorescod.com/tecnico/CE/Catalogo_BaxiRoca_2011.pdf.
- [43] «Manual de instrucciones caldera BT,» [En línea]. Available: <http://www.atcroc.es/resources/files/MANUAL-INSTRUCCIONES-CALDERA-BT.pdf>. [Último acceso: 1 febrero 2018].
- [44] «Instrucciones de uso, instalación y mantenimiento PEEGASUS,» [En línea]. Available: https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj9_o69zI7ZAhWM2KQKHVwcDp8QFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ferroli.es%2Fdescarga.php%3Fa%3DPegasus-F2-N-2S.pdf&usq=AOvVaw0n3huwUTWYYwUcB2CCWyYA.
- [45] «Tabla de potencias de las calderas MINOR de RCB,» [En línea]. Available: http://www.calderasrcb.com/sites/default/files/pdf/potencia-caldera-vapor-minor_0.pdf.
- [46] «Manual de usuario DE DIETRICH MCA,» [En línea]. Available: <http://www.eca.com.tr/heating-cooling/central-heating-systems/wall-type-condensing-boilers/de-dietrich-mca-series-wall-type-condensing-boilers>.
- [47] «Página web RCB,» [En línea]. Available: <http://www.calderasrcb.com/es/caldera-vapor-minor>. [Último acceso: 6 febrero 2018].
- [48] «Manual de instrucciones G-200 CONFORT,» [En línea]. Available: <http://www.atcroc.es/resources/files/MANUAL-INSTRUCCIONE-G-200-CONFORT-USUARIO.pdf>.
- [49] «Blogdiario.com,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwif6sCbg5vZAhWDSxQKHanuCrcQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fhomoerectus.blogspot.es%2Fcategoria%2Fgeneral%2F&psig=AOvVaw2lSnQI50pGSZT0SlQPcNRZ&ust=1518340909544294>. [Último acceso: 10 febrero 2018].
- [50] «District Energy Documentary Film, YouTube,» [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=W-srCc6oT8k>.
- [51] «Página web IES Villalba Hervás,» [En línea]. Available: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/09/funcionamiento-de-una-central-termica.pdf>.

- [52] «District heating documentary film, YouTube,» [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=W-srCc6oT8k>.
- [53] «Datosmacro,» [En línea]. Available: <https://www.datosmacro.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/espana?anio=2017>. [Último acceso: 18 febrero 2018].
- [54] «Manual de instrucciones ROCA NGO 50,» [En línea]. Available: <http://www.atroc.es/resources/files/MANUAL-INSTRUCCIONES-NGO-50-GTA-INSTALADOR.pdf>. [Último acceso: 21 febrero 2018].
- [55] «pheindustry.com,» [En línea]. Available: https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewig34eI8cPZAhXE6RQKHfMTCMgQjRx6BAgAEAy&url=http%3A%2F%2Fwww.pheindustry.com%2F1-3-free-flow-plate-heat-exchanger.html&psig=AOvVaw1N483_4VrwIrjn_YW_EuJv&ust=1519744890072923. [Último acceso: 26 febrero 2018].
- [56] «Web alemana Stadtwerke Gießen,» [En línea]. Available: https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjwmLL3_cPZAhUGOxQKHUhsAPcQjhx6BAgAEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.swg-energie.de%2Fprivatkunden%2Fwaerme%2Fuebergabestationen-fuer-mehrfamilienhaeuser-zentral%2F&psig=AOvVaw0kZJAXIB2_E99oLlqChUK8&ust=1519748154472210. [Último acceso: 26 febrero 2018].
- [57] «Página web thinkgeoenergy.com,» [En línea]. Available: <http://www.thinkgeoenergy.com/ambitious-geothermal-district-heating-project-launched-in-finland/>. [Último acceso: 26 febrero 2018].
- [58] «Página web de la diputación de Granada,» [En línea]. Available: http://www.apegr.org/images/descargas/IVJSL/Energia/5_CentralDistrito_Biomasa_Cuellar.pdf. [Último acceso: 26 Febrero 2018].
- [59] «UPC,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19345/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 27 Febrero 2018].
- [60] «Eltiempo.com,» [En línea]. Available: <https://www.tiempo.com/pontevedra-sactual.htm>. [Último acceso: 13 marzo 2018].
- [61] «ADHAC,» [En línea]. [Último acceso: MARZO 2018].
- [62] «ADHAC,» [En línea]. [Último acceso: 15 marzo 2018].
- [63] «Instituto Enerxético de Galicia,» [En línea]. Available: <http://www.observatoriobiomasa.gal/es/elige-tu-instalacion/sector-residencial>. [Último acceso: 20 marzo 2018].
- [64] «Web certicalia,» [En línea]. Available: <https://www.certicalia.com/blog/demanda-calefaccion-ccaa>. [Último acceso: 2018 enero 2018].

ANEXO I: CAPÍTULO 2 DEL MANUAL DE GESTIÓN AMBIENTAL

	DECLARACIÓN DEL MANDO	CAP-2
MANUAL DE GESTION AMBIENTAL		
Q: \Grupos\DIR-MEDIO AMBIENTE\ISO 2015\CAP 2.docx	Revisión 4	Fecha: 13/02/18
		Página 1 de 1

2.1.1. Declaración del Mando

El C.N. Comandante-Director de la ENM es consciente de la importancia de las directrices ambientales dadas por el Ministerio de Defensa y la Armada, especialmente por la influencia de la ENM sobre los futuros oficiales, al ser la actividad principal del Centro la formación militar, naval y técnica de estos futuros Oficiales de la Armada. Influencia trasladable a la Villa de Marín por su estrecha relación así como a las partes interesadas que directa o indirectamente se relacionan con la ENM.

Es consciente también de su papel de liderar la gestión ambiental y proporcionar los recursos necesarios para la implementación y mantenimiento del sistema de gestión ambiental; existe un total compromiso por su parte y como muestra, formula y promulga la Política Ambiental del centro conforme a los siguientes principios:

- Fomentar la **formación y concienciación** del personal militar o al servicio de la Armada así como de las partes interesadas, en la manera de realizar su trabajo de forma respetuosa con el medio ambiente dentro de las directrices del presente Sistema de Gestión Ambiental (SGA).
- Comunicación de los requisitos** a todos los trabajadores y a las partes interesadas.
- Gestionar racionalmente el **consumo de los recursos naturales** que se produce como fruto de las actividades de las instalaciones, procurando minimizar su coste ecológico e impacto ambiental.
- Velar por el **ahorro y eficiencia energética** en las instalaciones.
- Prevenir los riesgos, en particular, la **contaminación** desde un marco de planificación, evaluación de decisiones y trabajos.
- Protección efectiva del medio ambiente** en el que la E.N.M. desarrolla sus actividades y prevenir sus impactos, minimizando su huella ecológica.
- Cumplir la **legislación y reglamentación ambiental** vigente, así como la que tenga **relevancia ambiental** y sea aplicable en el ámbito de las actividades, así como otros requisitos ambientales que el Ministerio de Defensa o la propia organización de la ENM suscriban.
- Alcanzar la **mejora continua** de nuestro desempeño ambiental, mediante la definición periódica de objetivos, metas, oportunidades, riesgos y la **integración** de todos ellos en la gestión global de la ENM así como tener en cuenta la Gestión Ambiental en todos los ámbitos y toma de decisiones, desde la **perspectiva del ciclo de vida** del producto/servicio (servicios generales/ formación integral del alumno).
- Sustitución progresiva de **combustibles** tradicionales a otros **más limpios** (gas natural y energías alternativas).
- Incorporación de las **mejores técnicas y tecnologías disponibles**, tanto en el mantenimiento de instalaciones y maquinaria como en los proyectos nuevos y en los procedimientos de trabajo.
- Fomentar la **I+D+I** en relación al medio ambiente, biocombustibles, nuevas tecnologías, energías alternativas y/o renovables, etc., en los **trabajos de fin de grado de ingeniería (TFG's) de los alumnos**.
- Mantener e implementar una estructura organizativa y de trabajo efectivo para la gestión ambiental en la ENM y para el mantenimiento y certificación del Sistema de Gestión Ambiental dotando de los recursos necesarios (personales y económicos).

En Marín a 13 de febrero de 2018
El C.N. Comandante-Director de la Escuela Naval Militar

- José María Núñez Torrente-

ANEXO II: ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES OBJETO DE ESTUDIO

CUARTEL MARQUÉS DE LA VICTORIA Y CASINO DE ALUMNOS ALMIRANTE BONIFAZ

CALDERA	ROCA/CPA-500
CALDERA	ROCA L200-10
COMBUSTIBLE	GASÓLEO C

La caldera CPA de gasóleo C es un generador de calor presurizado de combustión con inversión de llama de rendimiento superior al 90%. Fue instalada en la ENM en el año 2007 reemplazando a su predecesora, una caldera ROCA L-100 empleada para calefacción, instalada en 1971. La actual se emplea para calentar el agua del circuito de calefacción exclusivamente. Alimenta tanto al cuartel Marqués de la Victoria como al Casino de Alumnos Almirante Bonifaz.

La caldera tiene una Potencia útil de 500.000 kcal/h (581,4 kW), y una capacidad de 503 L de agua. El quemador que emplea es un LAMBORGHINI G20. Junto con la segunda caldera instalada para servir a este cuartel, comparte dos depósitos de ACS de capacidad de 12.000 L en total (6.000 L cada uno).

Modelo	Potencia útil		% Rendimiento (1) útil con carga		Sobrepresión cámara combustión	Pérdida presión circuito agua $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$	Peso aprox.	Capac. agua
	kcal/h	kW	100%	30%	mm.c.a.	mm.c.a.	kg	litros
CPA 50	50.000	58,1	91,0	91,7	4	80	250	115
CPA 70	70.000	81,4	91,1	92,0	4	105	285	130
CPA 100	100.000	116,3	91,4	92,0	8	135	330	150
CPA 130	130.000	151,2	91,4	92,3	12	120	385	170
CPA 160	160.000	186,0	91,7	92,2	16	165	425	180
CPA 200	200.000	232,6	92,0	92,8	20	210	465	195
CPA 250	250.000	290,7	92,0	93,0	25	190	588	272
CPA 300	300.000	348,8	92,1	93,1	28	250	645	297
CPA 350	340.000	395,3	92,3	93,0	32	330	695	311
CPA 400	400.000	465,1	92,2	93,2	35	260	835	453
CPA 500	500.000	581,4	92,4	93,2	41	350	940	503
CPA 600	600.000	697,7	92,3	93,1	46	270	1.180	689
CPA 700	685.000	796,5	92,4	93,4	50	350	1.295	726
CPA 800	800.000	930,2	92,4	93,4	58	320	1.460	966
CPA 900	900.000	1.046,5	92,5	93,5	60	400	1.610	1.005
CPA 1100	1.100.000	1.279,1	92,5	93,5	68	510	1.790	1.106
CPA 1300	1.300.000	1.511,6	92,4	93,6	72	420	2.235	1.640
CPA 1500	1.500.000	1.744,2	92,5	93,5	78	540	2.466	1.739

(1) = Temperatura media del agua 70 °C al 100 y de 50 °C al 30%.

Esta caldera de gasóleo C se emplea en la actualidad para producir ACS para el cuarte y para el Casino de Alumnos Almirante Bonifaz. Tiene una potencia de 112.660 kcal/h y emplea un quemador LAMBORGHINI G75.



CUARTEL FRANCISCO MORENO

CALDERA

ROCA BT/450

COMBUSTIBLE

GAS NATURAL

El cuartel Francisco Moreno tiene dos grupos térmicos generadores de calor presurizados de combustión con inversión de llama de rendimiento útil superior al 91 % y Tª máxima de trabajo de 100 °C. Funcionan con gas natural y ambos son del mismo modelo. Fueron instalados en el año 2005, con quemadores BAXI TECNO 50 de potencia máxima de 500.000 kcal/h. La potencia útil de cada grupo es de 458.000 kcal/h (532 KW). En la sala de calderas del cuartel se encuentran dos acumuladores de ACS de 3.000 L cada uno, además de un contador de energía consumida.

Para la producción de ACS el equipo dispone de un circuito de agua cerrado que calienta el agua hasta 60 °C por medio de dos intercambiadores de calor. Éste agua se almacena en los dos acumuladores disponibles. Cuando se precise su uso, el ACS es impulsada hasta los grifos desde estos acumuladores.



Modelo Modelo	Potencia útil Potencia útil		Rendimiento útil Rendimiento útil	Sobre presión cámara comb. Sobre pressão câmara combustão	Pérdida presión circ. agua Perda pressão circ. água	Peso aprox. Peso aprox.	Cap. agua Cap. água	Quemador / Queimador				Nº Bombas trasiego y modelo Nº Bombas trasiego y modelo
	kcal/h x 1000	kW	%	mbar	$\Delta t=15^{\circ}\text{C}$ mbar	kg	litros	Gasóleo / Gasoleo		Gas / Gás		
								2 etapas / escalões	Modulante / Modulante	2 etapas / escalões	Modulante / Modulante	
BT 140	137	160	91,2	1,4	23,2	340	173	CRONO 20-L2*	-	CRONO 20-G2	-	2 MYL 30-0
BT 180	184	214	91,2	1,7	35,7	435	220	TECNO 28-L	-	TECNO 28-G	TECNO 28-GM	2 MYL 30-0
BT 270	271	315	91,3	2,5	44,6	600	295	TECNO 38-L	-	TECNO 38-G	TECNO 38-GM	2 MYL 40
BT 360	366	425	91,5	3,3	62,5	775	422	TECNO 50-L	TECNO 50-LM**	TECNO 50-G	TECNO 50-GM	2 PC 1045
BT 450	458	532	91,8	4	78,6	980	522	TECNO 50-L*	TECNO 50-LM**	TECNO 70-G	TECNO 70-GM	2 PC 1055
BT 540	550	639	92	4,7	92,9	1160	660	TECNO 70-L*	TECNO 70-LM**	TECNO 70-G*	TECNO 70-GM*	2 PC 1055
BT 630	642	747	92,2	4,4	112,5	1320	730	TECNO 70-L*	TECNO 70-LM**	TECNO 70-G*	TECNO 70-GM*	2 PC 1065

CUARTEL MÉNDEZ NÚÑEZ Y RESIDENCIA DE OFICIALES

CALDERA

YGNIS IBÉRICA ENM-312

COMBUSTIBLE

GASÓLEO C

Tanto la Residencia de Oficiales, como el cuartel de marinería, tienen dos calderas de gas natural y dos de gasóleo C, respectivamente, de la marca Ygnis de 384.300 kcal/h instaladas en el año 1993. Una de ellas se emplea en el circuito de calefacción del cuartel y otra para la producción de ACS. El quemador que emplean son de la marca JOANNES modelo GP 45/2, y en la sala de calderas existe un acumulador de 10.000 L.



EDIFICIOS DEL PATIO DE AULAS ÁLVARO DE BAZÁN

CALDERA ROCA CPA/500

COMBUSTIBLE GASÓLEO C

Instalado en el año 2000, el grupo térmico generador de calor del Patio de Aulas de la ENM es el mismo modelo de caldera que el instalado en el año 2007 para el cuartel Marqués de la Victoria. La caldera cuenta con un quemador TECNO-L de ROCA.

En la sala de calderas todavía se conserva la primera caldera instalada en la Escuela Naval Militar, en 1943. Ésta fue fabricada por la compañía “Roca Radiadores S.A.”, primer nombre de la empresa que hoy se conoce simplemente por Roca.



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DEL CUD

CALDERA DE DIETRICH MCA 45 SERIES WALL TYPE

COMBUSTIBLE GAS NATURAL

Boiler type	MCA	45	65	90	115	
Useful output at 50/30°C Pn	kW	43	65	89.5	114	
Efficiency	100% Pn at average temp. 70°C	%	97.2	98.3	97.9	96.6
at ...% output	100% Pn at return temp. 30°C	%	102.9	104.6	104.1	102.5
and ...°C water temp.	30% Pn at return temp. 30°C	%	107.7	108.9	108.1	107.1
Nominal water flow at Pn, Δt = 20 K	m³/h	1.72	2.62	3.62	4.60	
Auxiliary electrical power at Pn/Pmin (without circul. pump)	W	68/18	88/23	125/20	199/45	
Min./max. useful output at 50/30°C	kW	8.9-43	13.3-65.0	15.8-89.5	18.4-114	
Min./max. useful output at 80/60°C	kW	8-40	12-61	14.1-84.2	16.6-107	
Min./max. flue gas mass flow rate	kg/h	14/69	21/104	28/138	36/178	
Pressure available at the boiler outlet	Pa	150	100	160	220	
Water content	l	5.5	6.5	7.5	7.5	
Min. necessary water flow (*)	m³/h	0.4	0.4	0.4	0.4	
Water resistance at Δt = 20 K	mbar	90	130	140	250	
Gas flow	natural gas H	m³/h	4.4	6.6	9.1	11.7
(15°C-1013 mbar)	propane	m³/h	1.7	2.5	3.5	4.7
Net weight	kg	53	60	68	69	

(*) in the event of operating > 75°C, the minimum flow is calculated Δt = 45 K



RESIDENCIA DE SUBOFICIALES Y ENFERMERÍA

CALDERA

PEGASUS F2 N102 2 S

COMBUSTIBLE

GAS NATURAL

El edificio que alberga tanto la residencia de suboficiales, como la enfermería de la ENM obtiene ACS y calefacción de una caldera de la marca Pegasus, modelo F2 N102 2S, instalada en el año 2010, con una potencia de 99 Kw.

MODELO	51		68		85		102		
Potencias	Pmax	Pmin	Pmax	Pmin	Pmax	Pmin	Pmax	Pmin	
Gasto calorífico (P.C.I. - Hi)	kW	56	32,7	74,8	43,6	93,5	54,5	108,8	65,4
Potencia Util	kW	51	30	68	39,5	85	49,5	99	59,5
Alimentación gas	Pmax	Pmin	Pmax	Pmin	Pmax	Pmin	Pmax	Pmin	
Inyector piloto G20 - G25	mm	1 x 0,40		1 x 0,40		1 x 0,40		1 x 0,40	
Inyector piloto G31	mm	1 x 0,24		1 x 0,24		1 x 0,24		1 x 0,24	
Inyectores principales G20	mm	3 x 3,50		4 x 3,50		5 x 3,50		6 x 3,50	
Presión alimentación G20	mbar	20,0		20,0		20,0		20,0	
Presión en el quemador G20	mbar	13,3	4,8	13,3	4,8	13,3	4,8	12,5	4,8
Caudal G20	nm ³ /h	5,9	3,5	7,9	4,6	9,9	5,8	11,5	6,9
Inyectores principales G31	mm	3 x 2,15		4 x 2,15		5 x 2,15		6 x 2,15	
Presión alimentación G31	mbar	37,0		37,0		37,0		37,0	
Presión en el quemador G31	mbar	36	11,4	36	11,4	36	11,4	34	11,4
Caudal G31	kg/h	4,34	2,53	5,79	3,37	7,24	4,22	8,43	5,07
Calefacción									
Temperatura máxima de ejercicio	°C	100		100		100		100	
Presión máxima de ejercicio calefacción	bar	6		6		6		6	
Nº elementos		4		5		6		7	
Presión mínima de ejercicio calefacción	bar	0,8		0,8		0,8		0,8	
Nº rampas del quemador		3		4		5		6	
Contenido de agua en la caldera	litri	22		26		30		34	

EDIFICIO DE LAVANDERÍA

CALDERA

RCB MINOR 2000

COMBUSTIBLE

GASÓLEO C

En este edificio se instaló en el año 2008 una caldera de gasóleo C de 1345 kW destinada a generar vapor para las planchas y agua caliente para las lavadoras. Es capaz de generar hasta 2000 kg/h de vapor.

MODELO DE CALDERA		100	200	300	400	500	600	800	1.000	1.300	1.500	1.800	2.000	2.500	3.000	
Producción normal	Kg/h	100	200	300	400	500	600	800	1.000	1.300	1.500	1.800	2.000	2.500	3.000	
	Th/h	60	120	180	240	293	351	465	581	753	869	1.041	1.157	1.445	1.720	
Potencia térmica	Kw	70	140	210	280	340	408	540	675	875	1.010	1.210	1.345	1.680	2.000	
	%	90														
Consumo Combustible	Gas Natural Nm³/h	7	14	22	29	35	42	55	69	90	104	124	138	173	205	
	Fuel - Oil Kg/h	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	67	87	100	120	134	167	199	
	Gasóleo l/h	7	14	22	29	35	42	55	69	90	104	124	138	173	205	
Sobrepresión hogar	mm.c.a.	15	15	18	18	20	25	25	30	32	35	37	45	48	50	
Peso Transporte	Kg.	900	1.100	1.520	1.550	1.920	1.950	2.660	2.700	3.515	3.575	4.225	4.285	5.340	6.175	
Max. Presión Categoría I	Bar	16						13		10		7,5		5,5		5
Dimensiones	mm.	A	1.385	1.545	1.970	1.970	2.220	2.220	2.717	2.717	3.109	3.109	3.522	3.522	3.732	4.100
		B	1.200	1.325	1.470	1.470	1.550	1.550	1.746	1.746	1.900	1.900	1.906	1.906	2.325	2.100
		C	1.220	1.350	1.490	1.490	1.570	1.570	1.805	1.805	1.950	1.950	2.037	2.037	2.278	2.306
		D	1.190	1.350	1.785	1.785	2.030	2.030	2.536	2.536	2.915	2.915	3.328	3.328	3.538	3.904
		E	900	1.025	1.170	1.170	1.250	1.250	1.746	1.746	1.620	1.620	1.647	1.647	1.874	1.942
		F	700	800	900	900	950	950	1.150	1.150	1.380	1.380	1.431	1.431	1.510	1.880



SECTOR 7

CALDERA

ROCA G-200/50 GTA CONFORT

COMBUSTIBLE

GAS NATURAL

El Sector 7 está compuesto por 7 chalets unifamiliares de gran tamaño. Cada uno de ellos tiene una caldera ROCA G-200 que funciona con gas natural empleada para proporcionar ACS y calefacción. Tiene una potencia útil de 48,6 KW (41.800 kcal/h).

	Potencia útil nominal / Nominal Heat Output Puissance nominale utile / Nenn- Nutzleistung Potenza utile nominale / Potência útil nominal		Rendimiento útil / Net Efficiency Rendement utile / Nutzungsgrad Resa utile / Rendimento útil
	kcal/h	kW	%
G 200/30	25 700	29,9	91,1
G 200/30 F	25 600	29,8	90,3
G 200/40	35 000	40,6	91,1
G 200/50	41 800	48,6	91,1
G 200/60	52 500	61	90,7
G 200/30 GTA	25 700	29,9	91,1
G 200/30 GTAF	25 600	29,8	90,3
G 200/50 GTA	41 800	48,6	91,1

EDIFICIO ISAAC PERAL

CALDERA

FÉRROLI PREXTHERM 400

COMBUSTIBLE

GAS NATURAL

El edificio cuenta con una caldera de gas natural, de un rendimiento de 92% y que trabaja a una T^a máxima de 100 °C. La Potencia nominal Útil es de 340.000 kcal/h La caldera fue instalada en el año 2009, en sustitución de una caldera de gasóleo C que llevaba instalada en el edificio desde el año 1971. Cuenta con un quemador SUN M50 2P/M de 550.000 kW/h.



CEMEDEM

CALDERA

ROCA NGO 50/40

COMBUSTIBLE

GASÓLEO C

La caldera encargada de proporcionar calefacción al CEMEDDEM es una ROCA NGO50 de una potencia de 45,3 KW de gasóleo C.

Grupo Térmico Modelo	Nº. de elementos	Potencia útil		Capacidad de agua, litros	Pérdida de carga circuito agua mm.c.a.		Cota (mm)		Peso aprox.	Rendimiento útil
		kcal/h	kW		$\Delta t=10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$	A	B		
Thermal Unit Model	No. of sections	Heat output		Water content litres	Waterside pressure drop, mm.w.g.		Dimensions (mm)		Approx. weight	Net efficiency
Groupe Thermique Modèle	Nbre. d'éléments	Puissance utile		Capacité en eau, litres	Perte de charge circuit d'eau, mm.c.w.		Cote (mm)		Poids approx.	Rendement utile
Heizkessel Modell	Anzahl der Heizelemente	Nutzleistung		Wasserinhalt, Liter	Ladeverlust Wasserkreislauf, mmWS		Maßangaben (mm)		Gewicht ca.	Nutzungsgrad
Gruppo Termico Modello	N. di elementi	Potenza utile		Capacità d'acqua, litri	Perdite di carico circuito acqua, mm.c.a.		Dimensioni (mm)		Peso approssimativo	Rendimento utile
Grupo Térmico Modelo	Nº. de elementos	Potència útil		Capacidade de água, litros	Perda de carga circuito água, mm.c.a.		Cota (mm)		Peso aprox.	Rendimento útil
NGO-50/20 GTA	3	18.000	20,9	12	36	10	500	230	190	90,1
NGO-50/25 GTA	4	25.000	29,1	16	64	15	605	230	223	90,4
NGO-50/40 GTA	6	39.000	45,3	25	137	33	820	230	283	91,0

PISCINA Y GIMNASIO GM BARRUTIA

CALDERA

ROCA CPA-500

COMBUSTIBLE

GASÓLEO C



La instalación cuenta con dos calderas que producen agua caliente empleando gasóleo tipo C como combustible. Una de ellas se encuentra en funcionamiento constante mientras la segunda, muy antigua, está fuera de servicio a causa de las deficiencias que presenta, y se conserva únicamente como reserva en caso de avería en la unidad principal, a la espera de su sustitución.

Las potencia instalada de la caldera principal es de 580.

ANEXO III: PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA LAMINADA



Oficina técnica:
PATEC (Cáceres)

Fabricación y montaje:
TALLERES
(por toda España)

ATENCIÓN COMERCIAL:
Andalucía, Extremadura,
Toledo y Ciudad Real
608 391 683
Cataluña, Aragón y Castellón
680 421 033
Resto de España
696 486 257

Presupuesto de ejecución de ESTRUCTURA METALICA laminada soldada Nave industrial en Marín (Pontevedra)

v83

Superficie total en planta: 120 m²Fecha: 19-mar-2018
(validez 1 mes)*Medición salvo error u omisión*

ESTRUCTURA, CERRAMIENTOS y CUBIERTA (ejecutados en obra)

Perfiles de acero laminado soldado de vigas, pilares, correas de cubierta, y placas anclaje,	120,0 m ² planta
Panel de cubierta sandwich de 50 mm prelacado, nucleo de poliuretano de 40 kg/m ³ , chapas 0,4/0,4 mm,	128,6 m ²
Cerramiento de hastiales con fabrica de bloques (a ejecutar por cliente, aunque sumado en este ppto.),	14,5 m ²
Cerramiento de fachadas con fábrica de bloques (a ejecutar por cliente, aunque sumado en este ppto.),	211,0 m ²
Remate del cumbrero con chapa prelacada plegada de 0,6 mm de espesor y 62 cm de desarroll max.,	12,0 ml
Remate de cubierta con hastiales, con chapa prelacada plegada de 0,6 mm de esp. y 62 cm desarr. max.,	20,0 ml
1 puerta corredera de chapa tipo 'pegaso' de 0,8 mm de espesor de chapa, de 3x3 m ² , con subestructura,	9,0 m ²
TOTAL PRESUPUESTO.....	130,75 €/m² x 120 m² = 15.690 €

CIMENTACIÓN y SOLERA (a ejecutar por el cliente, con nuestras cuantías)

Hormigón de limpieza H10 de 100 kg/cm ² de resistencia a compresión y 10 cmm de espesor,	2,4 m ³
Acero corrugado de calidad B500S formando parillas o vigas riostras, colocado en las zanjas de cimentación,	500,1 kg
Montaje placas anclaje de pilares y encamillado para que no se muevan o desplacen durante el hormigonado,	8,0 ud
Hormigón para armar H25 (250 kg/cm ² de resistencia), vertido y vibrado en zanjas de cimentación,	9,9 m ³

Incluye este presupuesto:

Solamente las partidas que se enumeran anteriormente, calculo de estructura y cimentacion por ingeniero superior especializado en estructura metálicas y de hormigón, con amplio currículum (se puede ver en www.patec.org), visado por Colegio Profesional con seguro de responsabilidad civil de 3.000.000 €, pintura antioxidante del acero laminado de color marrón (recomendado), correas galvanizadas, color de paneles o chapas a elegir dentro de la gama normal de nuestro proveedor; medios auxiliares de montaje; medios de elevación con camión pluma y plataformas elevadoras (si fueran necesarias) considerando siempre que hay acceso libre a todo el recinto interior y exterior de la nave; transporte de los materiales señalados anteriormente considerando que hay acceso libre hasta la nave; estructura preparada para unión en obra por soldadura.

No incluye este presupuesto:

La cimentación, ferrallas, solera; cerramiento de fachadas de bloques de hormigón o de ladrillos; bajantes para pluviales; petos de fachada por encima de la cubierta; redes de seguridad ni líneas de vida al utilizarse plataformas elevadoras para el montaje; protección contra el fuego; ventanas o premarcos o subestructura de ventanas; otros remates de chapas o de paneles no indicados anteriormente; permisos, licencias, accesos a obra; agua, electricidad; medios de seguridad y salud colectivos, casetas de obra; ensayos de materiales o de soldaduras; la construcción de los cerramientos de bloque o fábrica de ladrillo, que serian por cuenta del cliente; IVA; financiación. En general este presupuesto no incluye cualquier otra partida o material no indicado expresamente en este documento.

