



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**INSTALACIÓN INDUSTRIAL PARA DISTRICT HEATING UTILIZANDO
BIOMASA COMO COMBUSTIBLE PARA LA SUSTITUCIÓN DE ENERGÍAS
DE ORIGEN FÓSIL**

Autor: D. Juan Torme Pardo
Tutor: D. Manuel Muñoz Cano

Valladolid, abril, 2016

RESUMEN

Desde el interés que suscita el empleo de energías renovables, este trabajo pretende diseñar y dimensionar una central térmica que utilice astillas como combustible para dar suministro de agua caliente para calefacción y ACS a diferentes edificios ubicados en un entorno cercano. Se han seleccionado los equipos generadores de acuerdo con la potencia prevista. Se ha descrito la regulación de la energía entregada en función de la demanda térmica instantánea y a partir de la reglamentación vigente se ha realizado el cálculo y dimensionado de las instalaciones industriales necesarias para el funcionamiento adecuado de la central térmica y su red de distribución. Se concluye que la sustitución de combustibles fósiles por biomasa, además de disminuir la dependencia energética exterior de países sin recursos petrolíferos, supone la generación de puestos de trabajo locales y una cuantiosa disminución de las emisiones anuales de CO₂, lo que contribuye a evitar el efecto invernadero.

PALABRAS CLAVE

Red de calor.

Biomasa.

Instalación eléctrica.

Instalación hidráulica.

Eficiencia energética.

ABSTRACT

Given the interest in the use of renewable energies, the object of this work is to design and properly size a thermal power plant that uses wood chips as fuel to supply hot water for heating and domestic hot water to different buildings in a nearby environment. The generating equipment has been selected according to the planned power. The regulation of energy delivered has been prescribed based on the instantaneous thermal demand. Calculations and dimensions of the industrial facilities necessary for the proper functioning of the thermal power plant and its distribution network have been calculated according to the regulations in force. We can conclude that replacing fossil fuels for biomass, in addition to reducing external energy dependence of countries with no oil resources, also involves the generation of local jobs and a substantial reduction in annual CO₂ emissions, helping further to avoid greenhouse effect.

KEYWORDS

District heating.

Biomass.

Electrical facility.

Hydraulic facility.

Energy efficiency.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Departamento de Ingeniería Eléctrica y en particular a mi tutor D. Manuel Muñoz Cano por la dedicación, facilidades y buenos consejos para realizar este trabajo.

También quiero agradecer a los profesores que han impartido clases en el Máster por su buen hacer que ha mantenido hasta el final la motivación e ilusión con las que lo empecé.

Y como cualquier ocasión es buena, aprovecha ésta para agradecer a mi familia su constante apoyo incondicional.

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO.....	1
2 SITUACIÓN ACTUAL	5
3 METODOLOGÍA ELEGIDA PARA SATISFACER LOS OBJETIVOS.....	9
4 DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA PROPUESTA..	13
4.1 FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	13
4.1.1 REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CALOR	14
4.1.2 COMBUSTIBLE.....	15
4.1.3 CAPACIDAD DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.....	15
4.2 EQUIPOS DE LA SALA DE MÁQUINAS.....	17
4.2.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL COMBUSTIBLE A LAS CALDERAS.....	17
4.2.2 EQUIPOS GENERADORES DE ENERGÍA TÉRMICA CON BIOMASA.....	19
4.2.2.1 CALDERA DE AGUA CALIENTE	19
4.2.2.2 SISTEMA DE INSUFLACIÓN DE AIRE.	21
4.2.2.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICO.....	21
4.2.2.4 DEPURADOR DE HUMOS MULTICICLÓNICO.....	21
4.2.2.5 FILTRO DE MANGAS.....	22
4.2.2.6 VENTILADOR DE TIRO FORZADO	23
4.2.2.7 CHIMENEA.	23
4.2.2.8 CUADRO DE MANDO DE REGULACIÓN AUTOMÁTICA.	24
4.2.2.9 SISTEMA DE ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA DE RETORNO.....	24
4.2.3 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE CENIZAS.....	24
4.2.4 DEPÓSITOS DE INERCIA.....	24
4.2.5 SISTEMAS DE BOMBEO	24
4.3 EDIFICIO CONTENEDOR DE LA CENTRAL TÉRMICA.	25
4.4 INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA.	30
4.4.1 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS.....	30
4.4.1.1 CALIDAD DEL AGUA.....	30
4.4.1.2 PROTECCIÓN CONTRA RETORNOS.....	30
4.4.1.3 CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO.....	31
4.4.1.4 MANTENIMIENTO.	31
4.4.1.5 SEÑALIZACIÓN DE INSTALACIONES NO APTAS PARA EL CONSUMO. 31	
4.4.2 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	32
4.4.2.1 ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN.....	32
4.4.2.2 ACOMETIDA.....	32

4.4.2.3	INSTALACIÓN GENERAL.....	33
4.4.2.4	DERIVACIONES.....	34
4.4.2.5	SISTEMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN DE LA PRESIÓN.....	35
4.4.2.6	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA.....	35
4.4.2.7	PROTECCIÓN CONTRA RETORNOS.....	35
4.4.2.8	SEPARACIONES RESPECTO DE OTRAS INSTALACIONES.....	36
4.4.2.9	SEÑALIZACIÓN.....	36
4.4.2.10	AHORRO DE AGUA.....	37
4.4.3	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.....	37
4.4.3.1	RESERVA DE ESPACIO EN EL EDIFICIO.....	37
4.4.3.2	RED DE DISTRIBUCIÓN.....	37
4.4.3.3	DERIVACIONES A CUARTOS HÚMEDOS Y RAMALES DE ENLACE.....	39
4.4.3.4	EQUIPOS, ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE LA INSTALACIÓN.....	40
4.5	INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS.....	41
4.5.1	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	41
4.5.1.1	CONDICIONES GENERALES DE LA EVACUACIÓN.....	41
4.5.1.2	CONFIGURACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN.....	42
4.5.1.3	ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.....	42
4.5.2	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.....	44
4.5.2.1	RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	45
4.5.2.2	RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.....	48
4.5.2.3	COLECTORES DE TIPO MIXTO.....	52
4.5.2.4	DIMENSIONADO DE LA RED DE VENTILACIÓN.....	52
4.5.2.5	ACCESORIOS.....	52
4.5.2.6	DIMENSIONADO DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO Y ELEVACIÓN.....	53
4.6	INSTALACIÓN HIDRÁULICA.....	55
4.6.1	CRITERIOS DE DISEÑO.....	55
4.6.1.1	GENERACIÓN DE CALOR.....	55
4.6.1.2	RED DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR.....	55
4.6.1.3	SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO DE CALOR.....	57
4.6.2	PRESCRIPCIONES DE SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN.....	57
4.6.2.1	PRESCRIPCIONES PARTICULARES PARA LAS CALDERAS.....	58
4.6.2.2	PRESCRIPCIONES PARTICULARES PARA LAS TUBERÍAS.....	59
4.6.3	SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN.....	59
4.6.4	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.....	59
4.6.4.1	SISTEMAS DE EXPANSIÓN.....	60
4.6.4.2	REDES DE TUBERÍAS.....	60

4.6.4.3 DISPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS EN ZANJA	62
4.6.4.4 SISTEMAS DE BOMBEO	62
4.6.4.5 SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO DE CALOR	62
4.7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	63
4.7.1 PREVISIÓN DE CARGAS	63
4.7.2 ACOMETIDA.....	63
4.7.3 ESQUEMA.....	65
4.7.4 CUADROS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	66
4.7.4.1 EQUIPAMIENTO GENERAL	67
4.7.4.2 BATERÍA DE CONDENSADORES	67
4.7.4.3 DISPOSITIVOS PRIVADOS DE MANDO Y PROTECCIÓN	68
4.7.5 INSTALACIÓN INTERIOR.....	69
4.7.5.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN SALA DE PISTONES	71
4.7.5.2 INSTALACIÓN EN ASEOS.....	73
4.7.5.3 INSTALACIÓN DE MOTORES	73
4.7.5.4 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO	74
4.7.5.5 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	75
4.7.6 RED DE TIERRA	78
4.7.6.1 RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA.....	80
4.7.6.2 TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES	80
4.7.7 CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES DE LAS LÍNEAS	81
4.8 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	85
4.8.1 CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO	85
4.8.2 PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS.....	89
4.8.2.1 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS	89
4.8.2.2 SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIOS	90
4.8.2.3 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA.....	90
4.8.2.4 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	90
4.8.2.5 SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES	91
4.8.2.6 EXTINTORES DE INCENDIO.....	91
4.8.2.7 SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS.....	92
4.8.2.8 SISTEMAS DE COLUMNA SECA	92
4.8.2.9 SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS.....	92
4.8.2.10 SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA.....	93
4.8.2.11 SISTEMAS DE ESPUMA FÍSICA, EXTINCIÓN POR POLVO Y GASES ..	93
4.8.2.12 SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	93

4.8.2.13 SEÑALIZACIÓN	93
4.9 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	94
4.9.1 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL.....	94
4.9.2 EMISIONES DE CO ₂	94
4.10 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA	96
5 CONCLUSIONES	99
6 REFERENCIAS.....	101
ANEXOS	
PLANOS	

ÍNDICE DE TABLAS INCLUIDAS EN LA MEMORIA

Tabla 1. Datos de consumo y potencia instalada de los edificios a conectar a la red	7
Tabla 2. Poderes caloríficos de combustibles. Diseño de centrales de calor del IDAE	7
Tabla 3. Valores medios mensuales del observatorio “Valladolid”. IDAE	16
Tabla 4. Propiedades de los biocombustibles sólidos. IDAE.....	16
Tabla 5. Cuadro de superficies del edificio contenedor	29
Tabla 6. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. Sección HS4 CTE	31
Tabla 7. Dimensiones del armario y de la arqueta para el contador general. HS4 CTE..	37
Tabla 8. Expresiones para calcular el caudal simultáneo según norma UNE-149201 ...	38
Tabla 9. Diámetros mínimos de derivaciones a aparatos. HS4 del CTE.....	39
Tabla 10. Diámetros mínimos de alimentación. HS4 del CTE	39
Tabla 11. Diámetro nominal del reductor de presión. HS4 del CTE.....	40
Tabla 12. Unidades de desagüe correspondientes a aparatos sanitarios. HS5 del CTE..	45
Tabla 13. Relación de aparatos sanitarios y Unidades de Desagüe	45
Tabla 14. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante. HS5	46
Tabla 15. Diámetro de las bajantes en función del número de plantas y de UD. HS5.....	47
Tabla 16. Diámetro de colectores horizontales en función de UD y pendiente. HS5	47
Tabla 17. Número de sumideros en función de la superficie de cubierta. HS5 del CTE...	48
Tabla 18. Diámetro del canalón para régimen pluviométrico de 100mm/h. HS5.....	48
Tabla 19. Intensidad pluviométrica i (mm/h). Tabla B1 de la HS5 del CTE	49
Tabla 20. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para régimen pluviométrico de 100mm/h. HS5.....	50
Tabla 21. Diámetro de colectores de aguas pluviales para régimen pluviométrico de 100mm/h. HS5 del CTE	51
Tabla 22. Dimensiones de las arquetas. HS5 del CTE	52
Tabla 23. Características de las calderas según la ITC EP-1 del REP	58
Tabla 24. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios. RITE.....	61
Tabla 25. Características de la línea de alimentación de baja tensión	66
Tabla 26. Elección de la batería de condensadores	67
Tabla 27. Circuitos de la instalación interior por cuadro de distribución	70
Tabla 28. Niveles mínimos de iluminancia	74
Tabla 29. Densidad de fuego ponderada y corregida de los sectores de incendio.	88
Tabla 30. Niveles de riesgo intrínseco.....	89
Tabla 31. Nivel de riesgo intrínseco. Tabla 1.3 del RSCIEI	89

Tabla 32. Requisitos de sistemas de detección de incendios.....	90
Tabla 33. Requisitos de sistema de abastecimiento de agua de protección contra incendios	90
Tabla 34. Requisitos de sistemas de hidrantes exteriores	91
Tabla 35. Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A.....	91
Tabla 36. Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase B	91
Tabla 37. Requisitos de sistemas de bocas de incendio equipadas	92
Tabla 38. Requisitos de sistemas de columna seca	92
Tabla 39. Requisitos de sistemas de rociadores automáticos	92
Tabla 40. Energía útil anual	95
Tabla 41. Factores de conversión de energía final a primaria	95
Tabla 42. Factores de emisiones anuales de CO ₂	95
Tabla 43. Emisiones de CO ₂ anuales.....	95
Tabla 44. Datos de la instalación para el cálculo del VAN.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS INCLUIDAS EN LA MEMORIA

Figura 1. Ubicación de los edificios y de la central térmica	6
Figura 2. Detalle del suelo móvil con sus pistones de accionamiento	17
Figura 3. Pistones del suelo móvil	17
Figura 4. Sistema de alimentación a las calderas desde silo dosificador	18
Figura 5. Caldera CVT 3000 de 3.480kW	20
Figura 6. Alimentación de la caldera	21
Figura 7. Sistema de depuración de humos: multiciclón	22
Figura 8. Ventilador de tiro forzado	23
Figura 9. Edificio contenedor de la central térmica	25
Figura 10. Cámara enterrada: silo de descarga y cuarto de instalaciones del soplador ..	26
Figura 11. Silo y cámara hidráulica	27
Figura 12. Central térmica: sala de calderas	28
Figura 13. Esquema de red con contador general. Figura 3.1 Sección HS4 del CTE	32
Figura 14. Detalle de acometida de abastecimiento de agua	33
Figura 15. Detalle de armario del contador general	34
Figura 16. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. Figura B1 de la HS5 del CTE	49
Figura 17. Tuberías de acero preaisladas. Catálogo técnico LOGSTOR® 12-2014	56
Figura 18. Dispositivos de mando y protección del Cuadro General de Distribución	68
Figura 19. Modelo en 3D de la sala de calderas utilizado en DIALux	75
Figura 20. Tipos de establecimientos industriales según su ubicación	86

RELACIÓN DE ACRÓNIMOS UTILIZADOS

ACS.	Agua Caliente Sanitaria, Agua Caliente Sanitaria
ATECYR.	Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración
BIE.	Boca de Incendios Equipada
CTE.	Código Técnico de la Edificación
EII.	Escuela de Ingenierías Industriales
ESE.	Empresa de Servicios Energéticos
HS4.	Exigencia Básica "Abastecimiento de Agua" del Documento Básico HS "Salubridad" del Código Técnico de la Edificación
HS5.	Exigencia Básica "Evacuación de aguas" del Documento Básico HS "Salubridad" del Código Técnico de la Edificación
IDAE.	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IT.	Instrucciones Técnicas Complementarias del RITE
ITC EP.	Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de equipos a presión, Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de equipos a presión
PBCyL.	Plan de la Bioenergía de Castilla y León
REBT.	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
REP.	Reglamento de Equipos a Presión
RITE.	Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
RSCIEI.	Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales
TFM.	Trabajo Fin de Máster
TIR.	Tasa Interna de Retorno
UD.	Unidades de desagüe asignada a aparatos sanitarios
UVA.	Universidad de Valladolid
VAN.	Valor Actual Neto
VEEI.	Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

1 INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO

La sustitución de energías de origen fósil como gasóleo y gas natural, por energías renovables está siendo fomentada por la Unión Europea dentro del programa Horizonte 20-20-20; teniendo en cuenta que el 40% del consumo energético de los países desarrollados se produce en edificios, es de vital importancia que además de tomarse medidas para la reducción del consumo energético, se fomente la utilización de combustibles renovables y como en el caso de la biomasa, con emisión reducida de contaminantes a la atmósfera y balance prácticamente neutro de CO₂ que permitan cumplir criterios ecológicos y sostenibles.

En consonancia con las iniciativas de la Unión Europea, a nivel nacional el Plan de Energías Renovables 2011-2020 y a nivel autonómico, planes como el Plan de la Bioenergía de Castilla y León (PBCyL), proyectan una serie de objetivos para 2020 como son entre otros, el aumento de la utilización de biomasa como combustible para la movilización de los recursos autóctonos, aumentar la potencia eléctrica generada a partir de biomasa, y proporcionar calefacción a 250.000 personas (PBCyL).

El empleo de biomasa como combustible, además de cumplir criterios ecológicos y sostenibles, permite a países sin recursos petrolíferos disminuir su dependencia energética al explotar recursos autóctonos, a la par que generar puestos de trabajo locales, directos e indirectos.

En este contexto, resulta muy interesante la utilización de biomasa como combustible en centrales que satisfagan la demanda de energía térmica de varios edificios ubicados en el entorno de la central, lo que constituye una red de calor de distrito, o utilizando el término anglosajón, un “district heating”.

Los conocimientos adquiridos en el seno del Máster de Ingeniería Industrial impartido en la Escuela de Ingenierías Industriales (EII) de la Universidad de Valladolid (UVA) permiten abordar íntegramente el proyecto de ejecución de una central térmica de estas características, así como de la red de distribución y de las subestaciones de intercambio de calor entre la red y los edificios a los que abastece. Pero dada la complejidad y extensión que supondría abarcar todo el proyecto, este trabajo se ha centrado en el diseño, cálculo y dimensionamiento de los equipos e instalaciones necesarios para el funcionamiento de la central térmica y la red de distribución.

Para ello, se han aplicado y desarrollado los conocimientos en materias de las áreas de ingeniería eléctrica, ingeniería fluidomecánica y termofluidos, termodinámica, tecnología energética, etc, adquiridos en diferentes asignaturas del Máster.

Los **objetivos** que se pretenden conseguir con el presente Trabajo Fin de Máster (TFM) son los siguientes:

- Diseñar una central térmica que utilice biomasa como combustible, en concreto astillas, para dar suministro de agua caliente para calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS) a varios edificios independientes y que puedan tener diferentes usos, como residencial, administrativo, sanitario, deportivo, etc., de una localidad cualquiera de mediano o gran tamaño, para que pueda ser de aplicación en toda la geografía nacional.
- Definir y seleccionar el equipamiento industrial necesario:
 - Equipos generadores de calor.
 - Equipos de depuración de humos.

- Sistemas de alimentación de biomasa.
- Sistema de distribución de calor.
- Describir el funcionamiento de la central térmica diseñada en función de la demanda térmica instantánea de los edificios conectados a la red de distribución.
- Diseñar el edificio contenedor; y su dimensionamiento únicamente en cuanto a capacidad para albergar a todos los equipos e instalaciones de la central térmica, diferenciando los espacios necesarios:
 - Descarga de combustible de camiones de cisterna.
 - Silo de almacenamiento de astillas.
 - Cámara hidráulica para accionamiento del suelo móvil.
 - Sala de máquinas.
 - Entreplanta con oficina y aseo.
- Diseñar y dimensionar las instalaciones industriales necesarias para el funcionamiento de la central térmica:
 - Suministro de agua para abastecer a los aparatos sanitarios; para el llenado del circuito hidráulico; y para los sistemas de seguridad de las calderas.
 - Evacuación de aguas residuales producidas en el interior del edificio y de aguas pluviales.
 - Instalación hidráulica para la generación de calor en la central térmica (circuitos primarios de calderas, colector, circuito secundario, vasos de expansión, depósitos de inercia); red de distribución de agua caliente desde la central hasta los edificios a los que se suministra (bombas circuladoras, red de tuberías); y subestaciones de intercambio de calor entre la red distribución y los edificios.
 - Instalación eléctrica: acometida e instalación de enlace; diseño del Cuadro General de Distribución y de los Cuadros Secundarios con los dispositivos de protección y maniobra (calibres, curvas de disparo, poderes de corte, etc.); instalación interior: dimensionado de líneas eléctricas (criterios de calentamiento, caída de tensión, y cortocircuito), protecciones de motores, iluminación, alumbrado de emergencia; red de puesta a tierra.
 - Instalación de protección contra incendios: caracterización del edificio en relación con la seguridad contra incendios; protección activa contra incendios (sistemas de detección, alarma y extinción). La protección pasiva está vinculada a la estructura, la cubierta y los cerramientos del edificio por lo que no entra dentro del alcance del TFM.

Como el fomento del uso de combustibles renovables es de interés general, se pretende que el diseño pueda ser válido para cualquier localidad, donde evidentemente, la demanda de calor sea lo suficientemente grande como para justificar la inversión que supone la construcción de la central térmica; pero para el dimensionamiento de las instalaciones es necesario aplicar la reglamentación vigente en la localidad donde se construya la misma, por lo que a estos efectos, se ha considerado la ubicación en Valladolid (España), y se ha aplicado la normativa de ámbito nacional que se relaciona en el capítulo 6, “REFERENCIAS”.

El TFM se ha limitado a las instalaciones propias de la central térmica que salvo para determinados cálculos, como pueden ser los de evacuación de aguas que dependen de

la pluviometría de la localidad; o los del sistema de generación que dependerán de la demanda de los edificios que se prevea conectar a la red; o los del sistema de bombeo y distribución que dependerán además de la potencia demandada, de la ubicación de los edificios conectados, pueden ser válidas para cualquier municipio del territorio español.

Para la construcción de la central térmica en una ubicación concreta, además de la reglamentación en la que se ha basado el dimensionamiento de las instalaciones, deberá contemplarse, por una parte, el terreno donde se construirá, será necesario realizar un estudio geotécnico a partir del cual se calculará la estructura del edificio contenedor; y por otra parte, la normativa medioambiental de la localidad elegida, para adoptar las medidas correctoras necesarias en cuanto a emisiones de partículas, de gases contaminantes y de ruidos.

El **planteamiento** del TFM para conseguir los objetivos buscados ha sido el siguiente:

- En primer lugar, puesto que además de diseñar, se pretende dimensionar las instalaciones, es necesario calcular la previsión de demanda térmica, para ello se han considerado varios edificios de diferente uso, de los que se pueden encontrar habitualmente en cualquier localidad de mediano tamaño.
- A partir de datos de la instalación térmica de estos edificios como el consumo anual de combustible, la potencia instalada, el rendimiento de los generadores de calor, etc., se han dimensionado las calderas necesarias para satisfacer la demanda térmica de los edificios considerados. La potencia de los equipos generadores determina tanto su tamaño como el de los equipos auxiliares necesarios como son los sistemas de alimentación de combustible; de depuración de humos; de seguridad y de bombeo.
- Una vez seleccionados los equipos, y teniendo como requisitos el tamaño y la distribución en planta de los mismos; la capacidad del silo de almacenamiento de combustible; y las instalaciones necesarias; se han contemplado diferentes layout hasta llegar al diseño final del edificio contenedor que dispone de los espacios requeridos para albergar todo el equipamiento industrial.
- Por último se han diseñado y dimensionado las instalaciones necesarias tanto para el proceso industrial de producción de calor, como son la instalación hidráulica, eléctrica y de suministro de agua para los circuitos y sistemas de seguridad de las calderas; como para el propio edificio, como son el suministro de agua a los aparatos sanitarios, la evacuación de aguas residuales y pluviales; la instalación eléctrica y la de protección activa contra incendios.

2 SITUACIÓN ACTUAL

Como situación de partida se ha considerado una muy habitual en la mayoría de ciudades, como es la coexistencia en un espacio relativamente poco extenso de edificios públicos y privados de uso administrativo como pueden ser los edificios de usos múltiples; de uso sanitario como hospitales y centros de salud; de uso deportivo como polideportivos municipales con piscinas; de uso residencial como edificios de viviendas, residencias de la tercera edad; y de uso docente como colegios, institutos o universidades.

En función principalmente de la época de construcción de los edificios, de la disponibilidad de redes de distribución de gas natural, de los equipos consumidores inicialmente instalados y de la disponibilidad de espacio para albergar equipos y depósitos de almacenamiento de combustibles, puede resultar que edificios cercanos estén utilizando combustibles fósiles diferentes como gasóleo, gas natural, gas propano, etc.

En muchos casos no es posible la sustitución de los generadores existentes en el edificio por generadores que utilicen biomasa, ya sea por motivos económicos debido a que el consumo no es lo suficientemente elevado como para que la inversión sea viable económicamente; ya sea por no disponer del espacio necesario para alojar a estos equipos y al depósito de almacenamiento; o incluso por la falta de espacio exterior o accesibilidad para el tránsito y descarga de los camiones de suministro de la biomasa.

En estas situaciones puede ser rentable tanto económica como medioambientalmente la construcción de una central térmica ubicada en el entorno que utilice biomasa como combustible y que mediante una red de calor suministre toda o parte de la energía térmica demandada por este conjunto de edificios.

A partir de los datos de la potencia instalada en los generadores de calor que se pueden obtener accediendo a las salas de calderas de los edificios considerados; y del consumo de los mismos y del precio del combustible empleado que siempre son conocidos, basta para ello disponer de las facturas de energía, se puede hacer un sencillo análisis de viabilidad económica de la central térmica. Si además se dispusiera de la curva monótona de demanda de cada uno de los edificios se podría profundizar en el análisis de viabilidad y optimizar la capacidad de generación de calor de la central, determinando si es preferible que cubra toda la demanda en cualquier instante, o si es preferible abastecer los picos de potencia en los días más desfavorables con los generadores de combustibles fósiles existentes en los edificios.

Al margen de criterios ecológicos y de sostenibilidad, antes de realizar la inversión necesaria para la construcción de una central térmica y su red de calor, debe hacerse un estudio detallado de viabilidad económica. Pero para los objetivos del TFM que no contemplan los aspectos económicos si no únicamente los técnicos, el análisis de viabilidad económica no es determinante, por lo que se parte de la circunstancia de que bien por criterios medioambientales, bien por criterios económicos, o bien por ambos, se pretende construir una central térmica que utilice biomasa para sustituir generadores de calor de combustibles fósiles de varios edificios ubicados en un entorno cercano.

A efectos de dimensionamiento de la instalación se ha considerado la siguiente situación, en la que coexisten varios edificios que utilizan gasóleo y gas natural como combustible, y que debido al uso (horas de funcionamiento) ocupación, tamaño, etc., tienen diferentes potencias instaladas y diferentes consumos:

- E1. Centro de salud: con tres calderas de gasóleo, dos de 700kW para calefacción y una de 200kW para ACS y un consumo anual de 50.000l.
- E2. Residencia geriátrica: con tres calderas de gas de 580kW y un consumo anual de 97.000m³.
- E3. Instituto de enseñanza secundaria (IES): con tres calderas de gasóleo, dos de 500kW para calefacción y una de 200kW para ACS y un consumo anual de 40.000l.
- E4. Polideportivo municipal con piscina climatizada: con dos calderas de gas natural de 900kW y un consumo anual de 160.000 m³.
- E5. Edificio de viviendas: con dos calderas de gasóleo de 700kW y un consumo anual de 70.000l.
- E6. Edificio de usos múltiples: con cuatro calderas de gas natural de 470kW y un consumo anual de 120.000 m³.

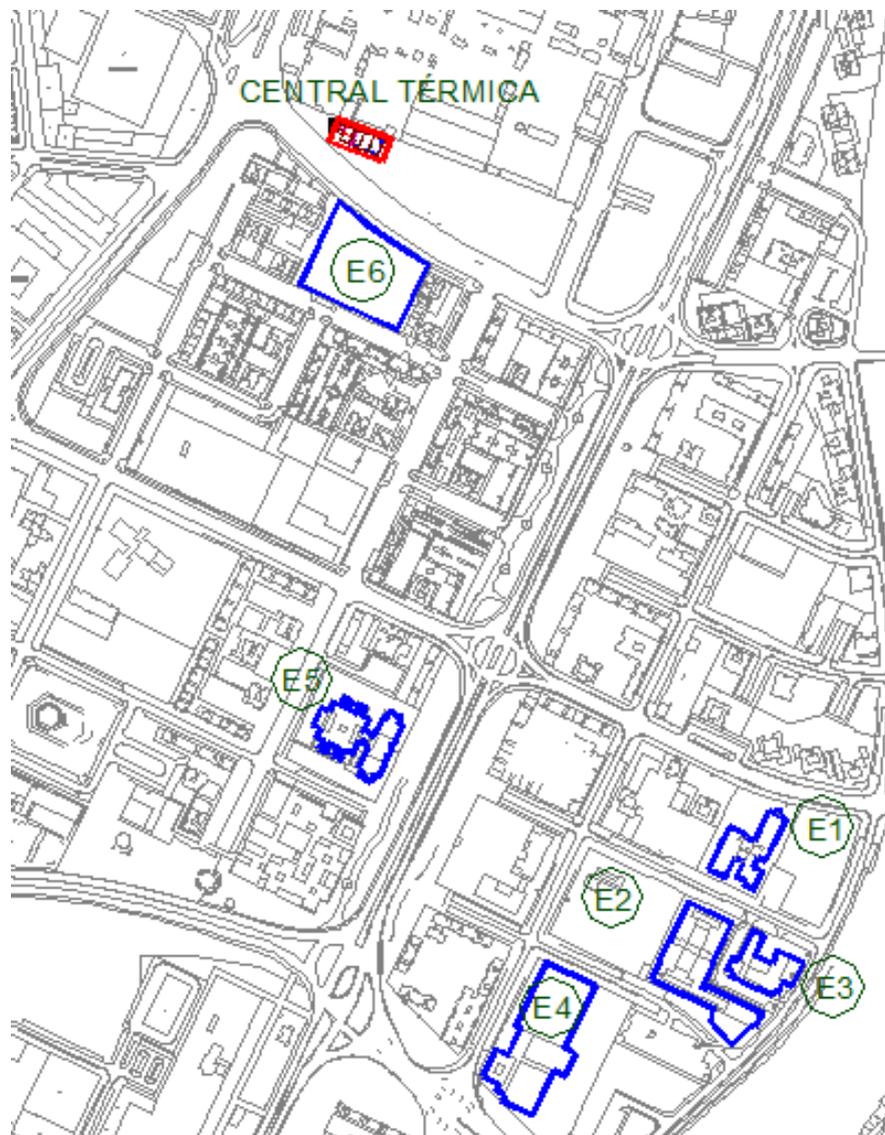


Figura 1. Ubicación de los edificios y de la central térmica

En la tabla de consumos de los edificios (*Tabla 1*), se resumen los datos de combustible empleado, potencia instalada, rendimiento y energía consumida anualmente:

Tabla 1. Datos de consumo y potencia instalada de los edificios a conectar a la red

EDIFICIO		Consumo		Rendimiento del generador	Consumo de energía kWh	Potencia instalada kW
		gas/gasoil	unidad			
E1	CENTRO DE SALUD	50.000	litros	77,5%	514.000	1.600
E2	RESIDENCIA GERIÁTRICA	97.000	m ³	85,0%	1.050.510	1.740
E3	INSTITUTO DE ENSEÑANZA SECUNDARIA	40.000	litros	77,5%	411.200	1.200
E4	POLIDEPORTIVO MUNICIPAL	160.000	m ³	85,0%	1.732.800	1.800
E5	EDIFICIO DE VIVIENDAS	70.000	litros	77,5%	719.600	1.400
E6	EDIFICIO USOS MÚLTIPLES	120.000	m ³	85,0%	1.299.600	1.880
TOTAL					5.727.710	9.620

Los datos proceden de edificios existentes en Valladolid, que por razones de confidencialidad no se nombran, por esta misma circunstancia la ubicación reflejada en la Figura 1 es ficticia pero sirve para dimensionar la red de distribución. Se han considerado los consumos medios de los tres últimos años (2012, 2013 y 2014).

Para los objetivos del TFM, estos datos no son determinantes, ya que se podría desarrollar el trabajo igualmente partiendo de una potencia prevista para la central térmica y la fracción de esa potencia destinada a cada edificio, pero si aportan un orden de magnitud de la capacidad de abastecimiento de la central que se va a diseñar, de manera que pueda extrapolarse la situación considerada a cualquier otra localidad con edificios, emplazamientos y usos diferentes.

A la vista del contenido de la Tabla 1, la potencia instalada total es de 9.620kW que es suficiente para cubrir la demanda de los edificios, ya que se parte de la hipótesis de que en la situación actual, cada edificio satisface adecuadamente sus necesidades térmicas.

El consumo anual de gasóleo es de 160.000l y el de gas natural de 377.000m³.

La energía útil consumida es de 5.727.710kWh, que se ha obtenido considerando los poderes caloríficos inferiores de los combustibles indicados en la tabla CBL-01: Poderes Caloríficos de los Combustibles de la Guía técnica de diseño de centrales de calor eficientes redactada por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en Junio de 2010, (*Tabla 2*).

Tabla 2. Poderes caloríficos de combustibles. Diseño de centrales de calor del IDAE

Combustible	Poder calorífico	
	Inferior (PCI)	Superior (PCS)
Carbón	9,08 kWh/kg	9,43 kWh/kg
Gasóleo	10,28 kWh/l	10,89 kWh/kl
Gas butano	12,73 kWh/kg	13,79 kWh/kg
Gas propano	12,86 kWh/kg	13,97 kWh/kg
Gas natural	10,83 kWh/Nm ³	11,98 kWh/Nm ³

3 METODOLOGÍA ELEGIDA PARA SATISFACER LOS OBJETIVOS

Con el objeto de que el diseño de la central térmica y la red de calor sea lo más eficiente posible tanto en su ejecución como en su explotación, se ha seguido la metodología que se describe a continuación.

En primer lugar, para estimar la potencia a instalar en la central térmica, a partir de la cual se elegirán los generadores de calor, cuya potencia y dimensiones condicionarán el diseño, cálculo y dimensionamiento de las instalaciones industriales objeto del TFM, se ha realizado un análisis de la situación actual de los edificios que se prevé que se conecten a la red a partir de:

- Consumos energéticos anuales.
- Equipos generadores instalados: horarios, potencias, rendimientos, combustibles utilizados, etc.
- Disponibilidad física de espacio para albergar las subestaciones de intercambio.
- Ubicación de los edificios respecto a la de la central térmica.

En el capítulo anterior se indicó la potencia instalada total entre todos los edificios, que es de 9.620kW y con la que se satisface adecuadamente las necesidades térmicas actuales. Se podría diseñar la central térmica para esta potencia sin más consideraciones; sin embargo, un pensamiento ingenieril no admitiría un criterio tan vasto a la hora de determinar la potencia de la central ya que la experiencia nos dice, que en edificios de usos diferentes a los de vivienda, con más de 20 años de antigüedad, la potencia instalada en los generadores de calor suele estar muy sobredimensionada por lo que cabría la posibilidad de disminuir la potencia instalada para abaratar los costes de instalación.

Para calcular la potencia nominal óptima de la central térmica habría que considerar las curvas monótonas de carga de los edificios, pero lo habitual es que no se disponga de ellas, ya que en la mayoría de edificios antiguos no están monitorizados los consumos; en su defecto, se podrían contar los elementos terminales instalados en cada edificio y obtener así la máxima potencia que puede disipar la instalación térmica de cada uno de ellos que serviría para una mejor estimación de la potencia a instalar en la central.

Para realizar un proyecto de ejecución de estas características que requieren una gran inversión, debe recurrirse a estos métodos para optimizar la potencia de la central térmica; sin embargo, para los propósitos del TFM, puesto que no se dispone ni de las curvas monótonas de demanda, ni del recuento de los elementos disipadores de calor de los edificios, se puede suponer que con las simultaneidades que puedan darse teniendo en cuenta los distintos usos y horarios de funcionamiento de los edificios, con una potencia en torno a 7.000kW sería suficiente para satisfacer toda la demanda la mayor parte del año, además de disponer de potencia de reserva para poder satisfacer la demanda de otros edificios que se pudieran conectar a la red en el futuro, por lo que se calculará la red de distribución con capacidad para posibles ampliaciones.

Por otra parte, como la instalación de producción térmica de los edificios que se van a conectar a la red se mantiene en servicio, las puntas de consumo pueden ser producidas en caso de necesidad por sus propias salas de caldera, posibilitando así, que la central térmica no se sobredimensione en exceso; a la vez que se garantiza la continuidad de suministro en caso de avería en la central térmica.

Una vez determinada la potencia de la central, se seleccionan los equipos necesarios; para ello, se acude a catálogos de fabricantes especializados en calderas de biomasa y en base a criterios técnico-económicos se elige el modelo/s de caldera a instalar que es función de la potencia de la central; el mismo fabricante aporta los equipos de alimentación de combustible y depuración de gases de combustión. Básicamente los equipos a seleccionar son:

- Equipos generadores de calor: calderas de biomasa.
- Equipos de depuración de humos: multiciclones y filtros de mangas.
- Sistemas de alimentación del combustible a las calderas: tornillos sinfín.
- Chimenea.
- Depósitos de inercia.
- Sistemas de seguridad: válvulas, depósitos de expansión,...
- Sistemas de bombeo: bombas circuladoras y tubería de distribución.
- Subestaciones de intercambio.

A partir de las dimensiones de los equipos y de las necesidades de espacios para su funcionamiento y mantenimiento se realiza el lay-out del proceso industrial que sirve de base para diseñar el edificio contenedor de la central térmica con sus diferentes dependencias:

- Silo de descarga y su cuarto de instalaciones: el silo de descarga se utiliza para agilizar el proceso de descarga de los camiones cisterna y llenado del silo de almacenamiento.
- Silo de biomasa con suelo móvil, donde se almacena la biomasa.
- Sala hidráulica donde se instalan los pistones hidráulicos que accionan el suelo móvil.
- Sala de calderas.
- Oficina y aseo.

A continuación se han diseñado, calculado y dimensionado las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la central y de la red de calor:

- Suministro de agua al edificio.
- Evacuación de aguas residuales y pluviales del edificio.
- Instalación hidráulica de los equipos generadores de calor, del sistema de bombeo y de la red de distribución de calor.
- Instalación eléctrica en baja tensión.
- Instalación de protección activa contra incendios.

Para ello se han tenido en cuenta la normativa de aplicación vigente en la actualidad; fundamentalmente el Código Técnico de la Edificación (CTE) y los Reglamentos específicos de cada instalación, además de normas UNE y guías y manuales técnicos que se detallan en el capítulo 6 “REFERENCIAS”.

En este ámbito normativo, puesto que la actividad de la central térmica es la de producción y distribución de energía térmica a diferentes edificios y titulares, de acuerdo con la ley 21/1992 de Industria, se trata de una actividad industrial, por lo que no le son de aplicación:

- la Exigencia Básica HE2 “Rendimiento de las instalaciones térmicas” del Documento Básico HE “Ahorro de energía” del CTE que es de aplicación a las instalaciones térmicas de los edificios, destinadas al bienestar de sus ocupantes;
- el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), al no estar dentro de su ámbito de aplicación las instalaciones térmicas de procesos industriales.

Por tanto, al no ser de aplicación el RITE, las instalaciones térmica e hidráulica deben cumplir con las prescripciones establecidas en el Reglamento de Equipos a Presión (REP) aprobado por Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre y su Instrucción Técnica Complementaria ITC EP-1 “CALDERAS”. Esta ITC se aplica a la instalación, reparación e inspecciones periódicas de calderas y sus elementos asociados (economizadores, sobrecalentadores, etc.), contemplados en el REP.

No obstante, en los aspectos no recogidos en dicha ITC EP-1, con el objeto de estar amparado por una normativa, se han aplicado criterios establecidos en el RITE y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (IT).

Finalmente se ha realizado un análisis para calcular las emisiones anuales de CO₂ producidas por la biomasa y un estudio de viabilidad económica del proyecto para justificar la rentabilidad de la inversión; de manera que sirvan para fomentar el uso de la biomasa como combustible alternativo a los de origen fósil.

4 DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA PROPUESTA

En este capítulo se describe inicialmente el funcionamiento de la central térmica diseñada para dar suministro de agua caliente para calefacción y ACS a diferentes edificios; seguidamente, se describen los equipos previstos tanto para la generación de calor, como para la depuración de humos procedentes de la combustión, como para la distribución del calor a los edificios receptores; a continuación se describe el edificio contenedor diseñado para ubicar estos equipos; posteriormente se diseñan, calculan y dimensionan las instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento del district heating; y finalmente se realiza un análisis de las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles implicados y un estudio de viabilidad económica.

4.1 FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La central producirá en los generadores de calor instalados la energía térmica demandada por los edificios a los que abastece; mediante el sistema de bombeo y distribución llevará el fluido de trabajo, agua, hasta las subestaciones de intercambio con dichos edificios donde intercambiará calor con los circuitos primarios de cada edificio. A partir de las subestaciones, serán las instalaciones de distribución de cada edificio las que se encargarán de suministrar calor internamente.

Cada caldera dispone de un circuito primario que moverá la energía generada en la cámara de combustión hasta un colector, que servirá de soporte de las bombas de primario, unificándose aquí la energía producida en las dos calderas; y desde el que se alimentará a los depósitos de inercia de la instalación donde se cierra el circuito primario. Estos circuitos primarios están compuestos por un sistema de bombeo y un sistema de elevación de la temperatura de retorno, además de por accesorios como filtros, manguitos, valvulería, purgadores, etc. El objetivo del sistema de elevación de la temperatura de retorno es conseguir que no pase agua a través del intercambiador piro-tubular de la caldera por debajo de los 50-60 °C ya que este agua en contacto con los piro-tubos podría condensar parte de los humos, que quedarían depositados en las paredes de los piro-tubos pudiendo ser agresivos y produciendo su corrosión. La encargada de mantener el agua de retorno por encima de estas temperaturas en determinados momentos de funcionamiento de la caldera, ya que no es una situación habitual, es la válvula motorizada de tres vías, que desvía una pequeña cantidad de caudal de impulsión de vuelta al retorno. El salto térmico del circuito de primario es de de 10°C, entre 90°C en la impulsión y 80°C en el retorno.

El colector de primario está unido a los depósitos de inercia (2 unidades de 40.000 l/ud) que son la clave del funcionamiento eficiente de la biomasa, ya que cumplen dos funciones fundamentales. La labor principal es la acumulación de inercia térmica que pueda responder ante demandas de forma rápida ya que el encendido de una caldera de astillas es lento; de este modo, los depósitos pueden suministrar la energía térmica demandada durante el tiempo que las calderas tardan en encenderse o en alcanzar el máximo de temperatura. Por otro lado, cumplen una función de seguridad cuando las calderas reciben la orden de apagarse al disminuir la demanda, ya que una caldera de biomasa necesita para poder apagarse quemar todo el combustible que tiene en su interior, lo cual genera una inercia térmica que tiene que ser acumulada o cedida en algún lugar, y este lugar es precisamente el volumen de agua de los depósitos de inercia.

De los depósitos de inercia y por medio de un colector de secundario se alimentan las bombas circuladoras de la red de distribución, que conseguirán hacer llegar hasta el último edificio la energía térmica demandada con las condiciones de caudal y temperatura requeridas.

Posteriormente, mediante las subcentrales de intercambio instaladas en cada edificio, la red de distribución entregará la potencia térmica demandada en cada momento a través de los intercambiadores de placas.

El funcionamiento de la instalación se representa en los planos “P13. Instalación hidráulica. Planta nivel -2.40” y “P14. Instalación hidráulica. Esquema de principio” incluidos en el documento “PLANOS”.

4.1.1 REGULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CALOR

Como los edificios receptores tienen distinto uso, los horarios de funcionamiento no son iguales; además, la temperatura externa varía a lo largo del día; por lo tanto, la central térmica debe ser capaz de regular la producción de calor de manera que se adapte de forma óptima a la demanda térmica de los edificios en cada instante.

AUMENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN LA RED

Cuando exista demanda energética en los edificios conectados se arrancarán las bombas de los circuitos de sus instalaciones interiores, lo que provocará un descenso en la temperatura de retorno en el secundario del intercambiador de calor de la subestación correspondiente. Al detectar este descenso de temperatura el módulo de control de la subestación dará la orden de apertura a la válvula motorizada del lado primario permitiendo la circulación del agua y el intercambio de calor entre la red y el edificio. A medida que las válvulas de control permitan la circulación de agua, la presión diferencial en los circuitos de distribución irá disminuyendo. Este cambio será detectado por las sondas de presión que envían una señal al controlador que dará orden de aumentar las revoluciones del giro de las bombas generales de distribución de la red aumentándose el caudal transmitido y la potencia térmica y restaurándose la presión diferencial de consigna. El salto térmico de 20°C (entre 90°C en la impulsión y 70°C en el retorno) en el circuito secundario se conservará. Al entrar en funcionamiento las bombas del circuito secundario de la central comenzará a disminuir la temperatura de retorno en su colector secundario. Este cambio será detectado por el sistema de control y dará la orden de arranque a las bombas del circuito primario de las calderas. Una vez que la caldera haya detectado flujo debido a las bombas de primario, el control de la central dará la orden de arranque al sistema de control integrado de cada caldera.

El sistema de control de la red de calor deberá estar perfectamente integrado con los sistemas de control locales de los diferentes edificios dando prioridad, siempre que sea posible, a la producción térmica mediante las subestaciones. Los generadores térmicos de los edificios conectados a la red quedarán en modo de reserva o back-up. Si en algún momento, la red demanda más potencia térmica de la que es capaz de producir la central, se irán cerrando las válvulas de aquellos edificios que tengan equipos de producción más modernos y eficientes y con combustibles más baratos (gas natural frente a gasóleo). En todo caso, la red suministrará calor en todo momento a los edificios cuyos equipos de producción sean mediante gasóleo.

DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN LA RED

Cuando la demanda en los edificios descienda, se irán desconectando grupos de bombeo de sus instalaciones interiores, provocando que la temperatura en el lado secundario de la subestación de intercambio aumente. Al detectar este aumento de la temperatura el sistema de control de la subestación dará la orden de cierre de la válvula de control motorizada reduciendo el caudal. A medida que las válvulas de control de los edificios se vayan cerrando, aumentará la presión diferencial entre los circuitos. Este aumento será detectado por las sondas de presión, el control actuará sobre las bombas generales de distribución, de caudal variable, dando la orden de disminuir revoluciones, disminuyendo el caudal y restaurándose la presión diferencial hasta los valores de consigna. A medida que vaya disminuyendo el caudal en el circuito secundario, aumentará la temperatura de retorno a las calderas de biomasa lo que será detectado por el sistema de gestión que dará la orden de ir disminuyendo potencia al sistema de control de las calderas. Una vez que se hayan parado las calderas, el sistema de control dará la orden de paro a los elementos de bombeo primarios.

4.1.2 COMBUSTIBLE

Como combustible se utilizará una astilla G100 o inferior con una humedad menor del 30%. Las calderas y los accesorios de las mismas que se incluyen en el presente TFM, el almacén de biomasa y los sistemas de trasiego, están preparados técnicamente para este tipo de biomasa y este rango de humedad.

La astilla se almacena en un silo de almacenamiento, desde donde se transporta a las calderas mediante un suelo móvil accionado por pistones hidráulicos, y una serie de tornillos sinfín.

4.1.3 CAPACIDAD DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

La capacidad mínima del silo debe ser la suficiente para garantizar el suministro de combustible de dos semanas del mes más desfavorable.

Para obtener el mes más desfavorable se utiliza la tabla de valores medios mensuales obtenidos en la estación meteorológica “Observatorio de Valladolid” y publicados en la guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto redactada por ATECYR para el IDAE (*Tabla 3*).

Los grados día de calefacción con base 15/15 (GD_{15°C}) en forma mensual son la suma mensual del valor horario de la temperatura seca con respecto a 15°C dividido por 24 y únicamente contabilizando los valores negativos (se expresa finalmente en número absoluto dicho valor); en Valladolid los GD_{15°C} anuales son 1781.

El mes más desfavorable en Valladolid de acuerdo con la Tabla 3 es enero que supone el 19,4% de los GD_{15°C} anuales, por lo que debe garantizarse capacidad de combustible para satisfacer el 9,7% de la energía anual que corresponde a las dos semanas más desfavorables.

Tabla 3. Valores medios mensuales del observatorio "Valladolid". IDAE

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	3,8	4,9	346	501	0	1,7	4,4
Febrero	5,3	7,2	274	415	0	2,9	5,4
Marzo	8,8	10,9	202	348	1	4,0	9,2
Abril	10,5	12,7	154	289	4	5,2	12,8
Mayo	14,9	16,9	76	183	24	6,3	18,1
Junio	20,4	23,0	19	75	88	7,5	25,9
Julio	22,1	24,5	9	53	118	7,3	27,6
Agosto	21,8	24,2	8	53	108	6,3	27,1
Septiembre	18,0	20,7	29	106	46	4,9	22,3
Octubre	13,0	15,1	93	223	5	3,0	15,4
Noviembre	7,1	8,9	237	386	0	1,9	8,9
Diciembre	4,2	5,6	334	489	0	1,5	5,2

En el Anexo 1 "Cálculos detallados de las instalaciones" se adjunta el cálculo de la capacidad del depósito de almacenamiento a partir de la energía anual consumida por los edificios, de los rendimientos de las calderas y de los poderes caloríficos de los combustibles obteniéndose un volumen mínimo de almacenamiento de 731,64m³; se ha previsto una altura de 7,15 metros, por lo que la superficie mínima es de 102,33m².

Se ha considerado como poder calorífico de la astilla, 3,5kWh/kg en base húmeda con un porcentaje de humedad inferior al 30%, considerando un valor medio a partir de la Tabla de Propiedades de los biocombustibles sólidos de la Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios redactada por el Departamento de Biomasa y Residuos del IDAE junto a un colectivo de especialistas en biomasa para usos térmicos coordinados por Escan, S.A., (Tabla 4).

Tabla 4. Propiedades de los biocombustibles sólidos. IDAE

	PCI		Humedad
	(kJ/kg)	(kWh/kg)	b.h. (%)
Pélets	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 15
Astillas	10.000 – 16.000	2,8 – 4,4	< 40
Hueso de aceituna	18.000 – 19.000	5,0 – 5,3	7 - 12
Cáscara de frutos secos	16.000 – 19.000	4,4 – 5,3	8 - 15
Leña	14.400 – 16.200	4,0 – 4,5	< 20
Briquetas	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 20

4.2 EQUIPOS DE LA SALA DE MÁQUINAS.

En este apartado se describen los principales equipos seleccionados para el funcionamiento de la central térmica, desde los sistemas de alimentación de combustible a las calderas hasta los sistemas de bombeo y distribución a la red.

4.2.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL COMBUSTIBLE A LAS CALDERAS.

El sistema de alimentación de astilla desde el silo hasta las calderas se realiza mediante un sistema doble e independiente entre sí para garantizar la continuidad de servicio de la instalación, está compuesto por:

- Dos pisos móviles independientes constituidos cada uno de ellos por 4 rascadores (Figura 2) accionados por pistones hidráulicos (Figura 3) movidos por una bomba eléctrica que arrastran la astilla desde el silo hasta un sinfín (1) dispuesto perpendicularmente al piso móvil.

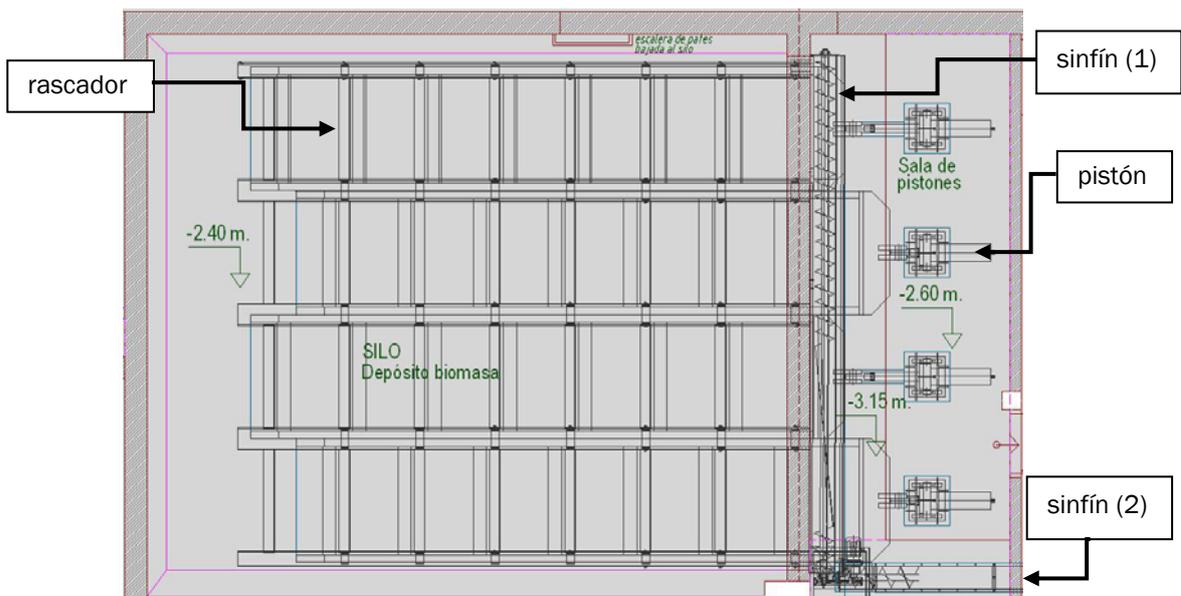


Figura 2. Detalle del suelo móvil con sus pistones de accionamiento



Figura 3. Pistones del suelo móvil

- Dos sinfines (1) de transporte de astilla (Figura 3 y Figura 4), uno por cada piso móvil, que recogen el combustible procedente del silo de almacenamiento para trasladarlo a los sinfines de alimentación del silo dosificador.
- Dos sinfines (2) de alimentación del silo dosificador, uno por cada piso móvil, que elevan el combustible desde los sinfines anteriores hasta el silo dosificador.
- Un silo dosificador que sirve de almacenamiento intermedio entre el depósito de astillas y las calderas.
- Dos sinfines (3) horizontales de alimentación (uno para cada caldera) para transportar el combustible desde el silo dosificador hasta las calderas.

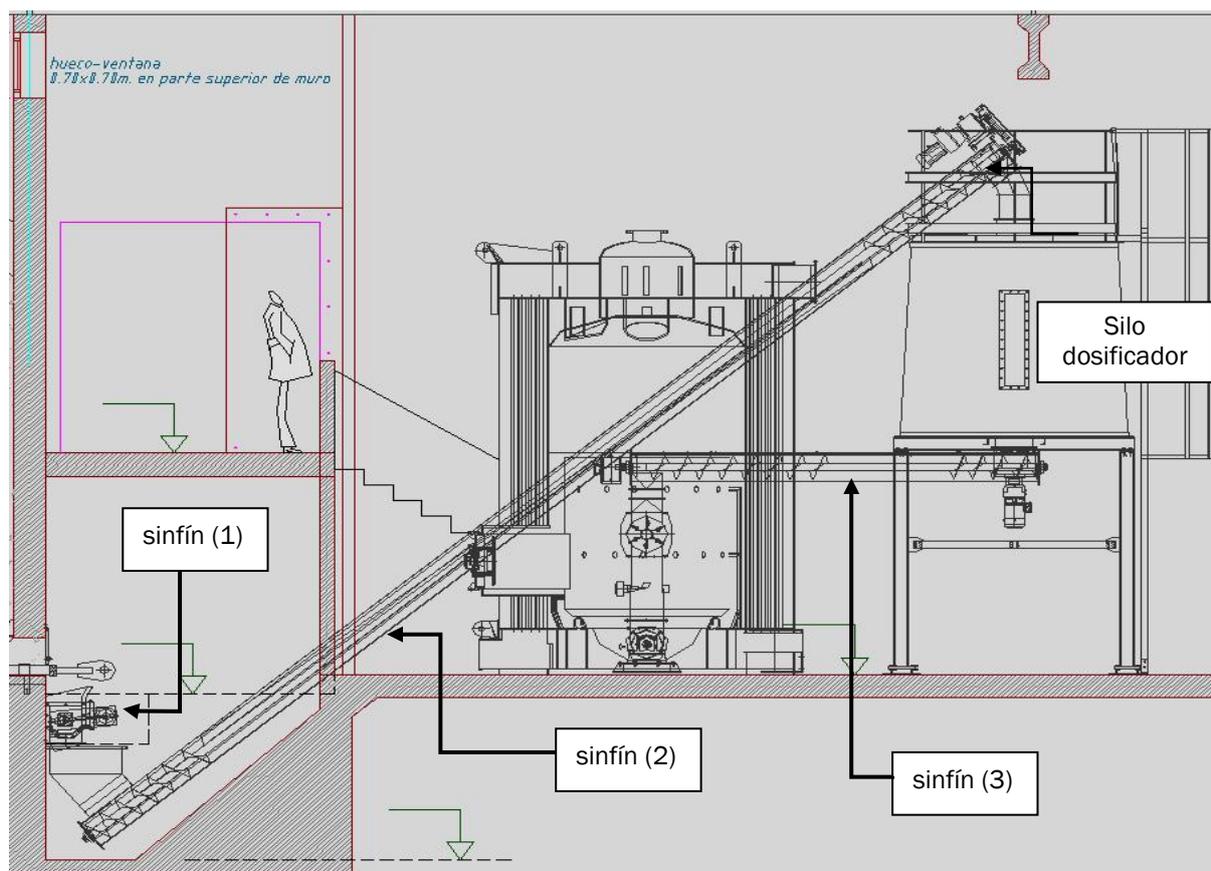


Figura 4. Sistema de alimentación a las calderas desde silo dosificador

Las calderas regulan los sinfines de alimentación según las necesidades de combustible en cada momento.

El sistema de piso móvil seleccionado permite aprovechar el 100% del volumen destinado a silo de almacenamiento, evitando las pérdidas que se originan con otros sistemas como el tornillo sinfín en silo o el sistema rotativo.

Los tornillos sinfines estarán distribuidos de forma que el sistema en todo momento disponga de una duplicidad, garantizando que una caldera pueda mantenerse siempre en funcionamiento.

Los sinfines estarán cerrados a lo largo de su recorrido. Disponen de un acceso desde el exterior, para mantenimiento y reparación en caso de averías.

4.2.2 EQUIPOS GENERADORES DE ENERGÍA TÉRMICA CON BIOMASA.

Se han seleccionado dos equipos de combustión del fabricante VENTIL de 3.480kW de potencia nominal cada uno, sumando un conjunto de 6.960kW térmicos.

Cada uno de los equipos generadores de energía con biomasa incluye un sistema de depuración de humos para disminuir la emisión de partículas a la atmósfera constituido por un multiciclón y un filtro de mangas con un rendimiento mínimo del 86%.

Cada generador está constituido por:

- Caldera de agua caliente de 3.480kW.
- Depurador de humos multiciclónico.
- Filtro de mangas
- Ventilador de tiro forzado.
- Sistema de insuflación de aire.
- Sinfín de alimentación de caldera integrado.
- Chimenea.
- Sistema de detección de chispa.
- Cuadro de mando de regulación automática para la caldera, equipado con variadores de frecuencia.
- Sistema de elevación de temperatura de retorno.

4.2.2.1 CALDERA DE AGUA CALIENTE

La caldera CVT 3000 de VENTIL de 3.480kW (*Figura 5*) es el equipamiento principal para la producción de energía calorífica; para dar la potencia nominal se deben utilizar combustibles con un PCI mínimo de 2.400 kcal/h. La alimentación de la cámara de combustión se realiza de forma automática mediante un tornillo sinfín.

Tiene las siguientes características:

- Presión máxima de trabajo: 3 Kg / cm²
- Presión de diseño 6 Kg / cm²
- 85% ≤ rendimiento ≤ 92%
- Volumen de agua 9,9 m³
- El sistema utiliza como fluido transportador de calor, agua caliente a una temperatura máxima de 109 °C.
- Superficie de intercambio: 174 m²
- Medidas principales: 3,1m (diámetro) x 4,8 m (Altura).

Puesto que la caldera de biomasa seleccionada tiene un rendimiento comprendido entre el 85% y el 92% a plena carga, se cumple, aunque no sea prescriptivo, el requisito de rendimiento mínimo exigido del 80% a plena carga que establece el RITE.

La caldera dispone de un sistema de alimentación de astilla que variará en función de la demanda térmica que exista en cada momento modulando de 300kW a 3.480 kW.



Figura 5 Caldera CVT 3000 de 3.480kW

Cámara de combustión:

Revestida de hormigón refractario e incorporado en la caldera, permite una mezcla en condiciones ideales del combustible con el aire de combustión, así como una temperatura de combustión estabilizada.

La parrilla de tipo estático, construida en acero, tiene orificios que permiten la entrada de aire primario. Las paredes en hormigón protegen el interior metálico del cuerpo de la caldera permitiendo que las altas temperaturas de trabajo faciliten la combustión; disponen de orificios para la entrada de aire de los tubos de admisión secundario y terciario.

Permite la combustión de astillas de madera, con un valor máximo de cenizas del 4% cuya humedad máxima no exceda del 30%.

Intercambiador Vertical para combustibles sólidos Ventil.

El intercambiador de tipo vertical, con tres pasos de humos, apoyado en la cámara de combustión de grandes dimensiones, incorporado y construido en vuelta de la llama (primer paso), garantiza la transmisión máxima de calor por radiación. Seguidamente los gases son enfriados por el paso por los tubos de humos, colocados verticalmente alrededor del intercambiador (segundo y tercer paso por conversión), permitiendo un elevado rendimiento.

4.2.2.2 SISTEMA DE INSUFLACIÓN DE AIRE.

El sistema de insuflación de aire está compuesto por:

- Un ventilador centrífugo para aire primario.
- Un ventilador centrífugo para el aire secundario y terciario.
- Registros de caudal motorizados (aire primario, secundario y terciario).
- Colector de insuflación.

4.2.2.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICO.

El sistema de alimentación de la caldera (*Figura 6*) recibe el combustible del silo intermedio y lo coloca en el hogar de la caldera. Está compuesto por:

- Reductor para accionamiento del tornillo.
- Sinfín equipado con válvula rotativa.
- Sistema de detección de incendios.



Figura 6. Alimentación de la caldera

4.2.2.4 DEPURADOR DE HUMOS MULTICICLÓNICO.

El depurador de humos multiciclón de alto rendimiento (*Figura 7*), está constituido por tres cuerpos bien diferenciados: salida de gases, cuerpo separador y tolva con cubo de recogida de cenizas. Todo el conjunto está perfectamente montado.

El cuerpo separador, está formado por varias unidades ciclónicas, cada una constituida por la parte superior cilíndrica, de impacto, y una parte inferior cónica, de salida de las partículas separadas.

Cada unidad ciclónica tiene una entrada y una salida estando todas las entradas y salidas conectadas a una entrada y una salida generales.

La entrada está conectada a la salida de la caldera y sobre la salida se ubica la aspiración del ventilador de tiro.

De igual modo, todas las partes inferiores cónicas, de las unidades ciclónicas, están conectadas a una tolva común, que conduce todas las partículas separadas a un cubo de recogida.

El depurador está compuesto por:

- Una batería de ciclones construidos en acero.
- Blindajes en chapa de acero, subdividido en tres compartimentos: cámara de los ciclones, tolva de recogida de las cenizas y colector de escape de los humos.
- Bridas de admisión y de escape de los humos.
- Depósitos de almacenamiento de cenizas.
- Estructura soportante del conjunto.
- Conducto de conexión a la caldera.
- Válvula rotativa de descarga de cenizas con reductor.
- Aislamiento térmico con lana mineral y aluminio.



Figura 7. Sistema de depuración de humos: multiciclón

4.2.2.5 FILTRO DE MANGAS

Como segundo equipo reductor de emisiones, se utiliza un filtro de mangas que es considerado el equipo más eficaz de separación sólido-gas mediante un medio poroso. Su función consiste en recoger las partículas sólidas que arrastra la corriente gaseosa consecuencia de la combustión de la biomasa en cada uno de los equipos instalados.

El tamaño de partículas a separar por los filtros de mangas estará comprendido entre 1 y 40 μm , ya que los multiciclones, descritos en el apartado anterior eliminarán totalmente las partículas de mayor tamaño.

Los filtros de mangas que utilizan las calderas seleccionadas tienen 234m² de superficie filtrante, estando constituidos por un cuerpo construido en chapa de 3 mm de espesor, dotado de aislamiento térmico en lana mineral y chapa de aluminio, equipado con mangas especiales de fibra de vidrio con resistencia a temperaturas hasta 200°C. Cada manga tiene en su interior una jaula metálica para soporte de las mismas.

El gas limpio discurre por el espacio exterior de los sacos y se lleva por una serie de conductos hasta la chimenea.

Las cenizas son descargadas de su interior por medio de un sinfín con reductor y una válvula rotativa con reductor.

Este sistema de filtrado dispone de un mecanismo de seguridad anti-incendios, que es capaz de detectar una chispa y actuar ante la misma, de manera que ésta no puede entrar en el sistema de filtrado; el sistema de seguridad está compuesto por:

- Grupo de presión con el caudal y presión requeridos por el fabricante del filtro, conectado a las bocas de emergencia del mismo para la extinción de incendios.
- Sistema de detección de chispa y bypass en chimenea que en caso de detección de chispas, desvía los humos directamente a la chimenea por medio de unas válvulas hasta que no exista riesgo de chispas en el sistema de depuración. Este

bypass también permite mantener el funcionamiento de las calderas cuando es necesario realizar alguna operación de mantenimiento con los filtros.

- Sistema de aire comprimido:
 - para la limpieza de las mangas.
 - Para accionar el cierre y apertura de las válvulas de bypass del filtro de mangas en caso de emergencia por presencia de chispa.

4.2.2.6 VENTILADOR DE TIRO FORZADO

El ventilador de tiro forzado (*Figura 8*), de alto rendimiento, aspira los gases de la combustión y los conduce hacia la chimenea. De esta forma se crea una depresión en la cámara de combustión, obligando a la admisión automática del aire necesario para la combustión. Una combustión en depresión es mucho más segura ya que minimiza la posibilidad de retornos de llama.

Su aislamiento lo protege de condensaciones y lo aísla acústicamente para evitar altos niveles sonoros en la instalación.

Si la depresión es demasiado elevada o demasiado baja, puede ser corregida, regulando el débito de admisión al ventilador, a través de la válvula de mariposa instalada en el conducto de humos, en función de la combustión deseada.



Figura 8. Ventilador de tiro forzado

El ventilador está compuesto por:

- Ventilador.
- Grupo motor, formado por un motor eléctrico y su correspondiente base de asentamiento, poleas y correas de transmisión.
- Conducto de escape de humos del ventilador a la chimenea.

4.2.2.7 CHIMENEA.

Las calderas dispondrán de conexión para la salida de humos a la cubierta del edificio.

Las chimeneas serán modulares de acero inoxidable (calidad AISI-316 en el interior) con aislamiento interior de lana mineral y chapa de acero inoxidable AISI 304 en su exterior; de 13 metros de altura y 700mm de diámetro interior.

La chimenea dispondrá de un módulo de registro en la parte inferior de la misma que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos.

4.2.2.8 CUADRO DE MANDO DE REGULACIÓN AUTOMÁTICA.

Cada equipo generador incluye un cuadro de mando, regulación automática y control, equipado con variadores de frecuencia, que hace funcionar, registra datos y genera las alarmas necesarias de cada uno de los equipos.

Para el control de la combustión está provisto de una sonda lambda que mide la concentración de oxígeno del aire de combustión y de válvulas motorizadas que regulan el aporte de aire.

4.2.2.9 SISTEMA DE ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA DE RETORNO.

El sistema de elevación de la temperatura de retorno del fluido caloportador está compuesto por:

- una bomba de circuito primario ubicada entre la caldera y el colector de primario;
- una válvula de tres vías;
- programación en el cuadro de mando de cada uno de los equipos.

4.2.3 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE CENIZAS.

Las cenizas procedentes de las calderas, ciclones y filtros de mangas se depositan en contenedores específicos ubicados en cada equipo. Cuando se llenan los contenedores se llevarán al exterior de la nave mediante medios mecánicos por la rampa de acceso a la sala de calderas. Periódicamente serán transportados a un almacén de residuos urbanos ya que no requieren de ningún sistema de tratamiento.

4.2.4 DEPÓSITOS DE INERCIA

Se dimensionan dos depósitos de inercia de 40.000l cada uno, obteniéndose un volumen total de acumulación de 80.000 litros.

Los depósitos dispondrán de boca de hombre, aislamiento térmico mediante lana de roca y acabado en chapa de aluminio, envainados en toda su altura para recoger datos tanto de sondas como de termómetros de la temperatura de estratificación del agua.

Se conectarán en serie y se instalarán bypasses para poder independizar cada uno de los depósitos en caso de avería o mantenimiento.

4.2.5 SISTEMAS DE BOMBEO

Hay que distinguir dos sistemas de bombeo:

- Sistema de Bombeo del Circuito Primario de caldera: Se instalará una bomba en el circuito primario de cada caldera, que circulará el agua entre la caldera y los depósitos de inercia.
- Sistema de Bombeo de la red de District Heating: Está formado por tres bombas de caudal variable, diseñadas para dar cada una de ellas el 50% del caudal de diseño. Funcionarán dos bombas y una siempre estará de reserva. El funcionamiento será alternativo.

4.3 EDIFICIO CONTENEDOR DE LA CENTRAL TÉRMICA.

En este capítulo se describe el edificio contenedor de la central térmica (*Figura 9*) destinada a “District Heating” que se diseña.

La parcela o finca donde se ubique la nave dependerá de los edificios a los que se quiera dar servicio, debiendo adaptarse la construcción de la nave a la normativa de urbanismo (suelo, edificabilidad, alturas, usos,...), protección del medio ambiente atmosférico, ruido, accesibilidad, etc., tanto del municipio como de la comunidad autónoma donde se construya, así como a la normativa nacional en materia de edificación (CTE), y construcción (Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08,...).

La parcela deberá contar con los siguientes servicios urbanos:

- Acceso: el edificio se ubicará en una parcela con acceso peatonal y rodado; desde este acceso se habilitará en el interior de la parcela un carril de acceso rodado directo hasta el silo de descarga previo al depósito de biomasa.
- Red de abastecimiento de agua.
- Red de evacuación de aguas residuales y pluviales.
- Suministro de energía eléctrica.

La nave que se plantea es una edificación sencilla, de volumetría rectangular, con una imagen acorde al resto de las edificaciones del entorno. La edificación estará semienterrada dadas las necesidades de altura de las instalaciones que va a albergar, de manera que en ningún caso la edificación supere, sobre rasante, las alturas marcadas por el Plan General de Urbanismo de aplicación.



Figura 9. Edificio contenedor de la central térmica

En principio, se adopta la solución de enterrar el edificio hasta la cota -2.40m para conseguir la altura necesaria para la instalación sin sobrepasar la altura permitida sobre rasante. No obstante, esta decisión estará condicionada por la ubicación escogida para la construcción de la nave, debiendo realizarse un estudio geotécnico de la parcela elegida, para determinar la naturaleza del terreno, el nivel freático, etc., y determinar con estos datos y con la altura máxima permitida para el edificio de acuerdo con la normativa de urbanismo local, la profundidad y tipo de cimentación, así como la profundidad de enterramiento del edificio.

La nave se divide en dos zonas muy bien diferenciadas: la sala de máquinas propiamente dicha y el silo de almacenaje de biomasa (astillas). Ambas zonas están semienterradas, con nivel inferior en cota -2.40m.

Se dispone una compartimentación interior mínima, buscando un gran espacio diáfano con medidas suficientes para albergar los equipos proyectados, de grandes dimensiones, así como el volumen para el almacenaje de la astilla que se utilizará como combustible. Las medidas de los equipos a instalar, calderas, filtros, ciclones y depósitos de inercia, así como el volumen del depósito de astillas, de aproximadamente 800m³ brutos, suponen el determinante inicial de las dimensiones y forma geométrica del edificio.

El silo de biomasa se diseña en su totalidad con muros de hormigón armado ejecutados in situ, con unas dimensiones de 15 m de largo por 8,50m de ancho y 7,15m de altura.

Previo al espacio del silo se proyecta una cámara enterrada (Figura 10), ejecutada con muros de contención de hormigón armado. Dicha cámara se divide en dos espacios: uno que recibe la astilla directamente del camión (silo de descarga) y que mediante un tornillo sinfín la transporta al segundo espacio; y otro donde se instalará un sistema de tubos y un “soplador” que haga llegar la astilla recibida hasta la parte superior del silo principal (depósito). A este segundo espacio se accederá únicamente (para su mantenimiento) desde el exterior, a través de una trampilla en el suelo y una escalera de pates.

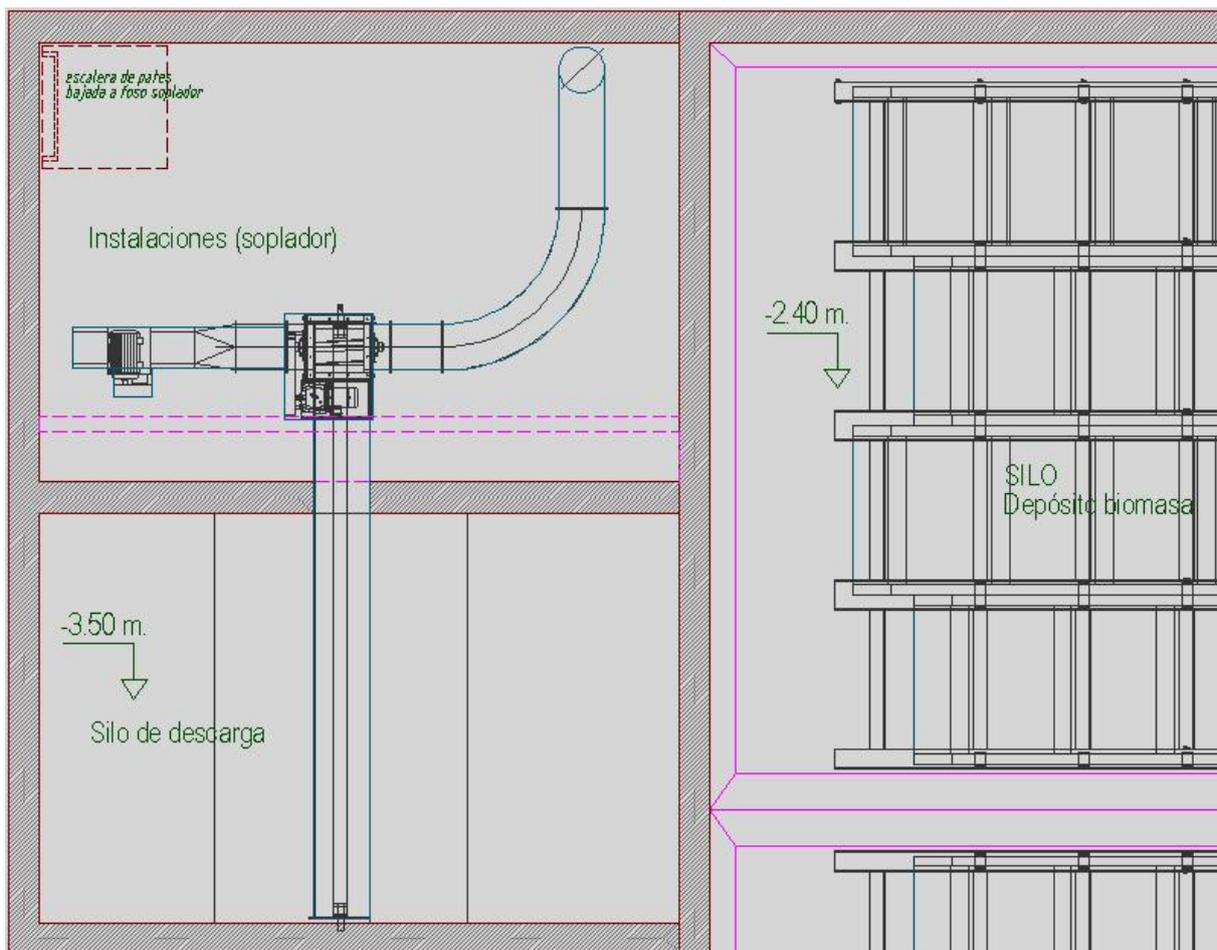


Figura 10. Cámara enterrada: silo de descarga y cuarto de instalaciones del soplador

En la base del silo principal (Figura 11) se instalará un suelo móvil que irá desplazando la astilla almacenada hacia el sinfín (ubicado en la sala de pistones) que suministra el combustible al sistema de alimentación de las calderas. Para el funcionamiento de este suelo móvil es precisa una batería de pistones hidráulicos que lo muevan. El espacio que alberga los pistones (Figura 11) se proyecta cerrado, independizado de la sala de calderas en sí, como medida de protección contra incendios.

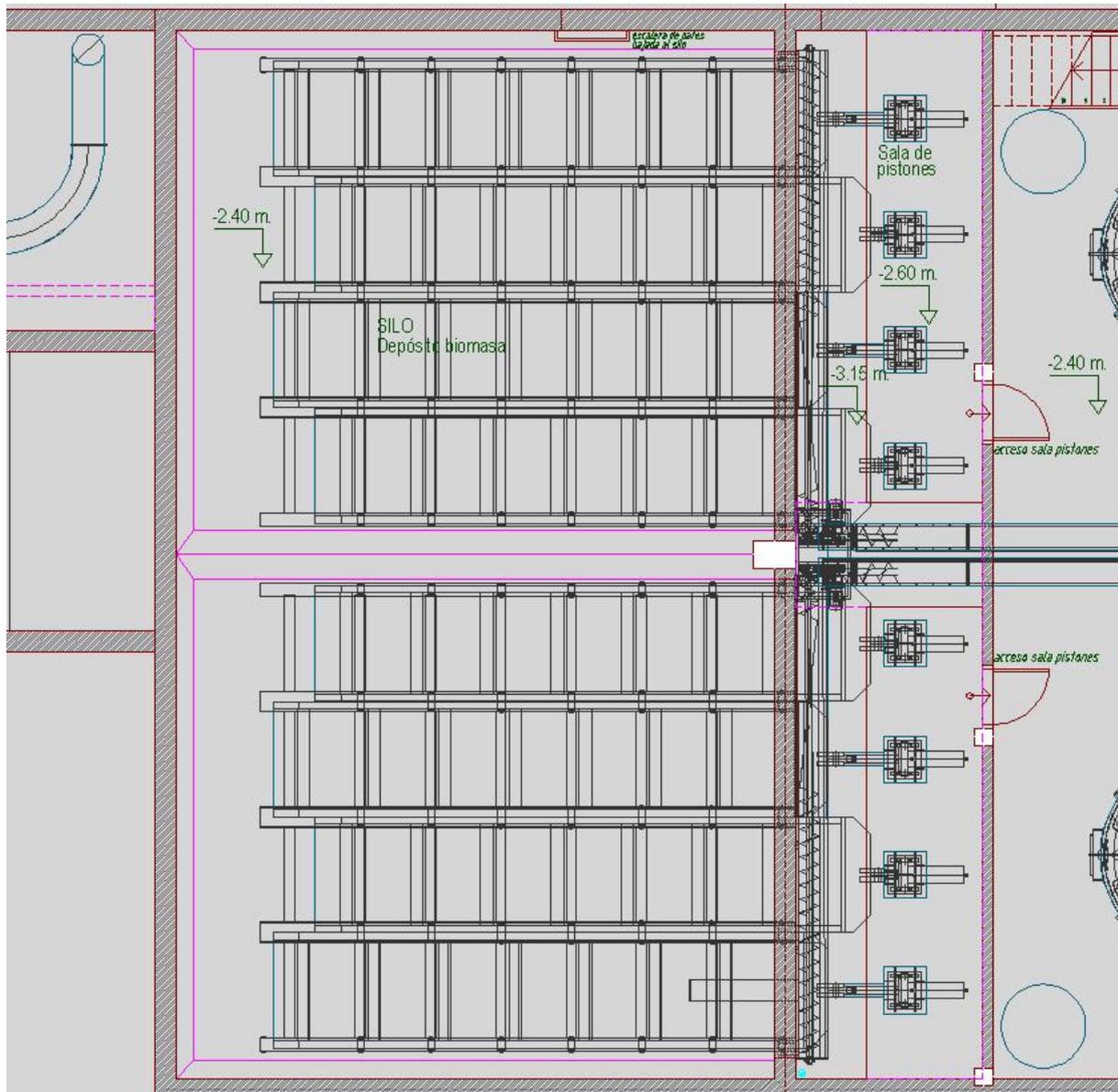


Figura 11. Silo y cámara hidráulica

Sobre la sala de pistones se plantea un pequeño altillo que además de servir de acceso a la sala de calderas (cota 0.00m), da la posibilidad de instalar un pequeño despacho y un aseo, además de los cuadros eléctricos de la instalación.

El resto del espacio es la sala de calderas (Figura 12). Un gran espacio diáfano de 26m de largo por 15m de ancho, con una altura de 7,15m, con acceso peatonal a cota 0.00m y acceso rodado a cota -2.40m, a través de una rampa. De este modo se proporciona una entrada y salida de equipos de la instalación y de evacuación de las cenizas de la combustión con un pequeño vehículo (sin necesidad de instalar un montacargas).

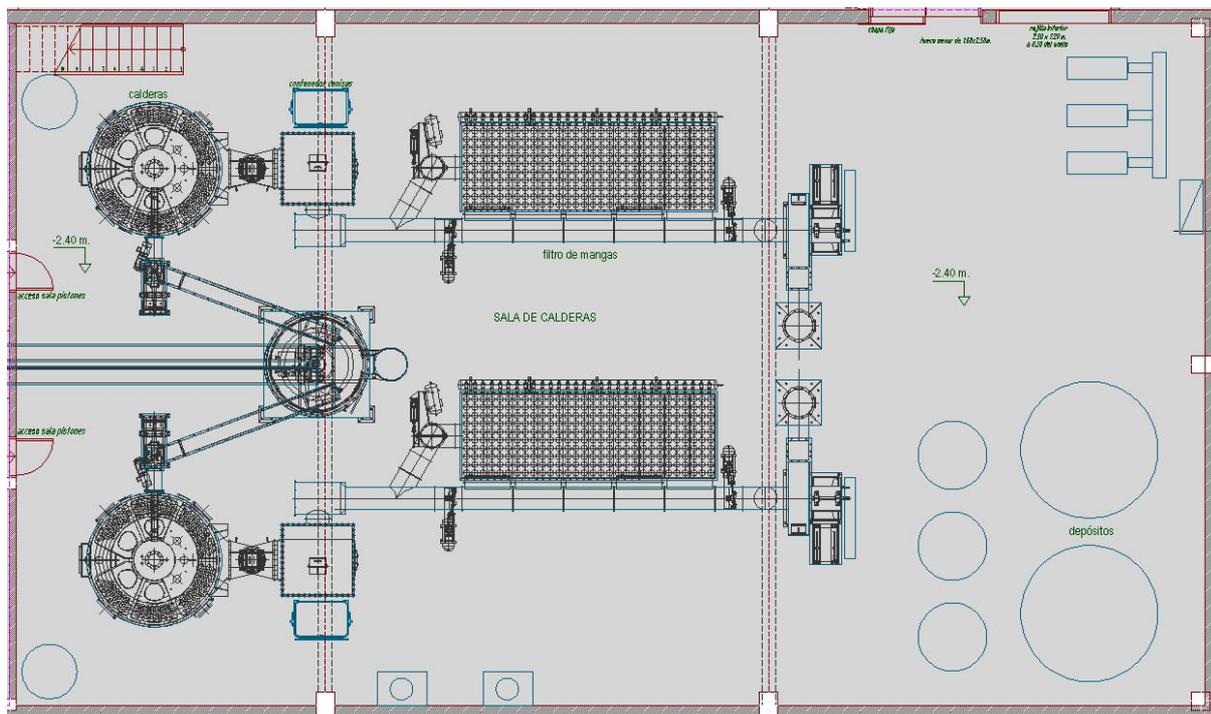


Figura 12. Central térmica: sala de calderas

La parte enterrada de la sala de calderas (y la sala de pistones) se diseña con un muro de contención de hormigón armado. Sobre rasante se sustituye el muro “in situ” por otro de paneles prefabricados también de hormigón anclados a un sistema de pilares, también prefabricados de hormigón.

Parte de los muros de fachada sobre rasante se “revestirán” con una chapa ondulada colocada sobre rastreles para configurar la imagen del edificio.

La cubierta se resuelve con panel sándwich (nervado de 6 cm de espesor) y vigas prefabricadas de hormigón, con objeto de conseguir espacios diáfanos y la calidad y rapidez de la construcción prefabricada.

El edificio contenedor de la central térmica donde se ubicarán las calderas se ha diseñado de forma que cumpla las siguientes condiciones establecidas en el artículo 6 de la Instrucción Técnicas Complementarias (ITC EP-1) del Reglamento de Equipos a Presión (REP) aprobado por el Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre:

- Tiene las dimensiones suficientes para que todas las operaciones de mantenimiento, inspección y control puedan efectuarse en condiciones seguras, disponiendo de al menos 1 m de distancia a las paredes de la sala. En las zonas donde no existen elementos de seguridad ni se impide el manejo o el mantenimiento, esta distancia es superior a 0,2 m.
- La sala de calderas está permanentemente ventilada, con llegada continua de aire tanto para su renovación como para la combustión, y cumple con los requisitos específicos en relación con el combustible empleado.

Puesto que la sala de calderas linda con el exterior, se ha dispuesto una abertura en su parte inferior para entrada de aire de 250x120cm, distante como máximo a 20cm del suelo, y dos aberturas en la parte superior para salida de aire de 250x60cm, en posición opuesta a las anteriores. La sección neta total es de 1,35m² superior a la mínima de 1,20m², obtenida mediante la expresión:

$$S = \frac{Qt}{0.58}$$

siendo:

S la sección neta de ventilación requerida, expresada en cm²;

Qt la potencia calorífica total instalada de los equipos de combustión en kW.

En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se incluye el dimensionamiento de la ventilación.

Puesto que las calderas son de clase segunda, como se determina posteriormente en el apartado 4.6.2.1 “Prescripciones particulares para las calderas” del subcapítulo 4.6 “INSTALACIÓN HIDRÁULICA”, la sala debe cumplir además las prescripciones establecidas en el apartado 4 del artículo 6 de la ITC EP-1 del REP, entre las cuales:

- La sala contará con dos salidas de fácil acceso.
- Como las distancias a los riesgos ajenos es menor de 14 m, es necesario disponer de muro de protección.
- El techo de la sala rebasa en más de un metro la cota del punto más alto entre los sometidos a presión de la caldera. Puesto que las aberturas de los muros de protección destinadas a ventanas tiene que estar situadas a un metro, sobre el punto más alto sometido a presión de la caldera, para disponer de una iluminación natural se intercalan en la cubierta paneles translúcidos que permitan la entrada de luz.

Las superficies de los distintos espacios se recogen en la tabla de superficies (Tabla 5):

Tabla 5. Cuadro de superficies del edificio contenedor

ESPACIO	SUPERFICIE		
	ÚTIL	CONSTRUIDA	COMPUTABLE
Cota -4.00 m.			
Silo de descarga	24,81 m ²		
Cámara (soplador)	26,66 m ²		
		59,82 m ²	0,00 m ²
Cota -2.40 m.			
Sala de calderas	389,30 m ²		
Sala de pistones	39,68 m ²		
Depósito de biomasa	127,38 m ²		
		601,51 m ²	601,51 m ²
Cota +0.00 m.			
Acceso / cuadros eléctricos	22,63 m ²		
Oficina	12,15 m ²		
Aseo	5,32 m ²		
		48,36 m ²	48,36 m ²
Total:	647,93 m²	709,69 m²	649,87 m²

4.4 INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA.

La instalación de suministro de agua se diseña de acuerdo con la sección HS4 “Suministro de agua” del Documento Básico HS “Salubridad” del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Esta exigencia básica establece que “los edificios deben disponer de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua”.

Para asegurar el cumplimiento de las exigencias básicas que se establecen en la sección HS4 del CTE se seguirá el siguiente procedimiento:

- Caracterización y cuantificación de las exigencias de la HS4.
- Verificación del cumplimiento de las condiciones de diseño.
- Verificación del cumplimiento de las condiciones de dimensionado.

La instalación de suministro de agua, (distribución en planta, trazado y dimensiones), se representa en el plano P10 “Instalación de suministro de agua. Planta nivel +00” incluido en el documento “PLANOS”.

4.4.1 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS.

4.4.1.1 CALIDAD DEL AGUA.

El agua de la instalación debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano.

El dimensionado de la instalación se efectúa en base a los datos de caudal y presión que facilite la compañía suministradora; concretamente, en la ciudad de Valladolid, la presión está en torno a 4kg/cm².

Los materiales previstos en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministran cumplirán las prescripciones establecidas en el apartado 2.1.1 de la HS4.

Para cumplir dichas condiciones se utiliza tubería de polietileno y polibutileno con sistemas de protección (tubo coarrugado) resistentes a temperaturas de hasta 40°C y sistemas de tratamiento de agua (filtrado).

4.4.1.2 PROTECCIÓN CONTRA RETORNOS.

Se diseñarán sistemas antirretorno para evitar la inversión del sentido del flujo en los puntos que figuran a continuación:

- después del contador general;
- en las derivaciones a cada ramal de distribución;

Los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

4.4.1.3 CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO

La instalación suministra a los aparatos del equipamiento higiénico los caudales instantáneos mínimos que figuran en la Tabla 2.1 de la Sección HS4 del CTE “Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato” (Tabla 6).

Tabla 6. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. Sección HS4 CTE

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

En los puntos de consumo la presión mínima será:

- 100 kPa para grifos comunes;
- 150 kPa para fluxores y para el sistema de inundación del tornillo de alimentación de las calderas.

La presión en cualquier punto de consumo no superará los 500 kPa.

4.4.1.4 MANTENIMIENTO.

Los elementos y equipos de la instalación se instalarán en locales cuyas dimensiones sean suficientes para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento adecuadamente. En este caso, no están previstos ni grupo de presión ni sistemas de tratamiento de agua, por lo que el único elemento es el contador general que se alojará en un armario de las dimensiones especificadas en la HS4.

Las redes de tuberías, se han diseñado de tal forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, para ello están a la vista, alojadas en huecos o patinillos registrables o disponen de arquetas o registros.

4.4.1.5 SEÑALIZACIÓN DE INSTALACIONES NO APTAS PARA EL CONSUMO.

Las tuberías, grifos y puntos terminales que transportan agua de calefacción se señalarán para que puedan ser identificadas como tales de forma fácil e inequívoca.

4.4.2 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.

El diseño de la instalación parte de las siguientes premisas:

- La presión de la acometida (4kg/cm^2) es mayor que la presión de servicio por lo que no se requieren equipos de sobreelevación de la presión; teniendo en cuenta que el circuito hidráulico de la red de calor está a cota -2.40 y el cuarto húmedo a cota 0.00 , la pérdida de presión debido a la altura geométrica es muy pequeña, por lo que esta premisa será válida en la mayoría de las situaciones.
- No se requiere suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

La instalación de suministro de agua al edificio está compuesta de acometida, instalación general y derivaciones.

4.4.2.1 ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN.

El esquema general de la instalación es el de “red con contador general único, según la Figura 3.1 de la Sección HS4 del CTE “Esquema de red con contador general” (Figura 13) compuesta por la acometida; la instalación general que comprende un armario o arqueta del contador general, un tubo de alimentación y un distribuidor principal; y las derivaciones.

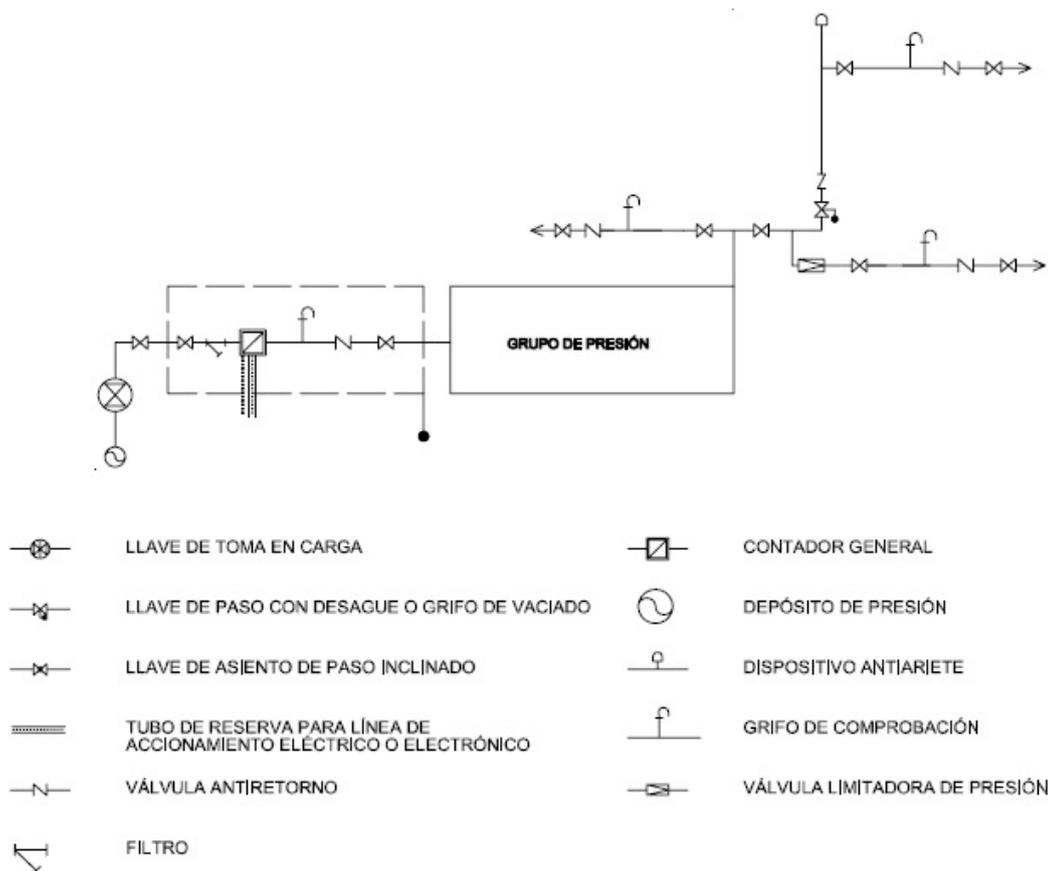


Figura 13. Esquema de red con contador general. Figura 3.1 Sección HS4 del CTE

4.4.2.2 ACOMETIDA.

La acometida enlazará la llave de registro para manejo de la empresa suministradora (situada en el exterior de la parcela) con la llave de paso general instalada enterrada.

Se realizará en el punto de acometida que facilite la empresa suministradora.

Dispone de los siguientes elementos (Figura 14):

- un collarín de toma de carga sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abra el paso a la acometida;
- un tubo de acometida que enlaza el collarín de toma de carga con la llave de corte general;
- una llave de corte en el exterior de la propiedad.

La acometida se realizará en tubería de polietileno de 50 mm de diámetro (PE-100) según norma UNE-EN 12201 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento con presión. Polietileno (PE)”.

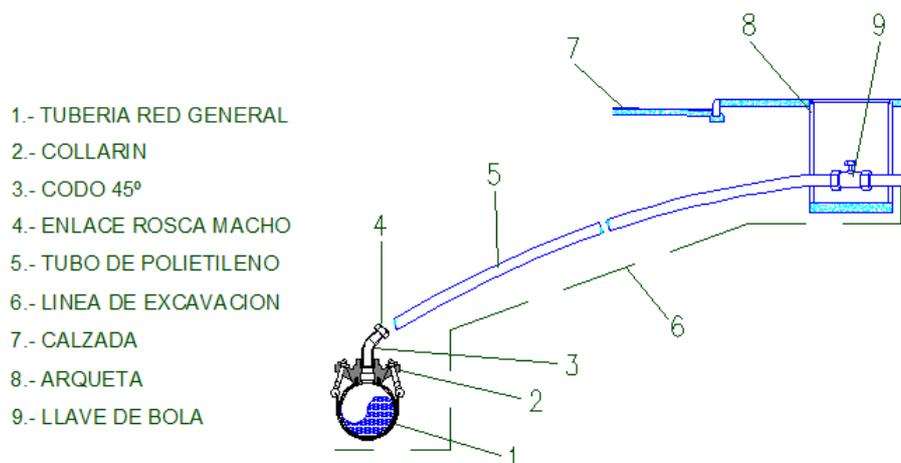


Figura 14. Detalle de acometida de abastecimiento de agua

4.4.2.3 INSTALACIÓN GENERAL.

La instalación general contiene en función del esquema de contador único adoptado los siguientes elementos: llave de corte general, filtro general, contador general, tubo de alimentación y distribuidor principal.

1. Llave de corte general.

La llave de corte general sirve para interrumpir el suministro al edificio, y está situada dentro de la propiedad, en el interior del armario del contador, accesible para su manipulación y señalada adecuadamente para permitir su identificación.

2. Filtro de la instalación general.

El filtro de la instalación general retendrá los residuos del agua que puedan dar lugar a corrosiones en las canalizaciones metálicas. Se instalará en el armario del contador general, a continuación de la llave de corte general. El filtro será autolimpiante, con un sistema de limpieza formado por anillos autoaspirantes. La limpieza se efectuará mediante accionamiento manual. La situación del filtro será tal que permita realizar adecuadamente las operaciones de limpieza y mantenimiento sin necesidad de corte de suministro.

3. Armario o arqueta del contador general:

El armario del contador se ubicará en el límite entre la propiedad pública y privada; contiene dispuestos, en este orden, la llave de corte general, un filtro de la instalación

general, el contador, una llave, grifo o racor de prueba, una válvula de retención y una llave de salida (*Figura 15*). Su instalación debe realizarse en un plano paralelo al del suelo.

La llave de salida permite la interrupción del suministro al edificio. La llave de corte general y la de salida servirán para el montaje y desmontaje del contador general.

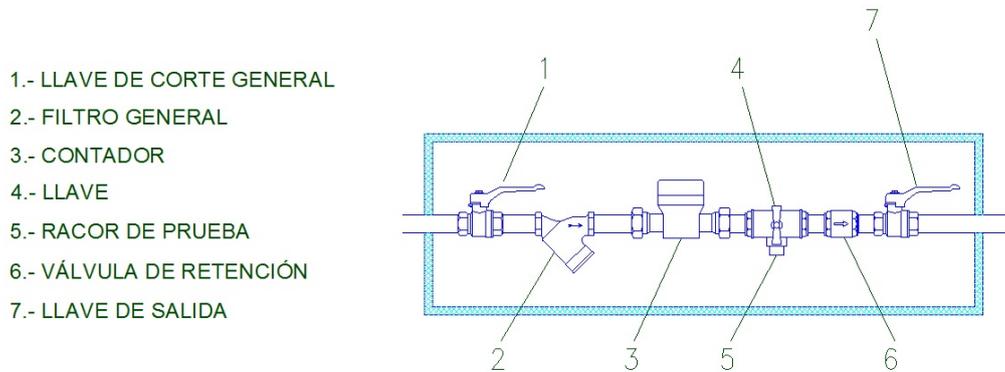


Figura 15. Detalle de armario del contador general

4. Tubo de alimentación.

La tubería de alimentación unirá el contador general con la instalación interior del edificio y será de polietileno de 50 mm de diámetro (PE-100) según norma UNE 12.201.

El trazado del tubo de alimentación discurrirá enterrado por la parcela hasta el edificio; dispondrá en sus extremos de registros para su inspección y control de fugas.

5. Distribuidor principal.

El trazado del distribuidor principal discurrirá por el interior de la nave, suspendido del forjado mediante varillas y perfiles o adosado a la pared mediante soportes y abrazaderas.

La tubería será de polibutileno de 50 mm de diámetro (PN-10) según UNE-EN-ISO-15876. “Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polibutileno (PB)”.

Se dispondrán llaves de corte en todas las derivaciones, de tal forma que en caso de avería en cualquier punto, no deba interrumpirse todo el suministro.

4.4.2.4 DERIVACIONES.

Del distribuidor principal partirán dos derivaciones, una al cuarto húmedo (aseo) y otra para los circuitos hidráulicos de la sala de máquinas.

Las tuberías de distribución, discurrirán suspendidas del forjado de la nave mediante varillas y perfiles o adosadas a la pared mediante abrazaderas. Estas tuberías serán de polibutileno de diámetros 20mm para el cuarto húmedo y 50mm para las calderas, según UNE-EN-ISO-15876. Para evitar condensaciones en las tuberías, se recubrirán con coquillas adecuadas.

En su diseño se aplicarán las siguientes condiciones:

- Cada una de las derivaciones contará con un antirretorno y una llave de corte situada en un lugar accesible para su manipulación.
- Todos los aparatos de descarga, tanto depósitos como grifos, las calderas y los aparatos sanitarios, llevarán una llave de corte individual.

Además, las uniones entre los distintos tramos de tubería o de éstas con sus accesorios, se realizarán mediante los accesorios recomendados por el fabricante de las mismas.

Cuando las tuberías tengan que atravesar muros o forjados lo harán a través de un manguito pasamuros, con una holgura de 10 mm, rellenándose el espacio libre con masilla plástica.

1. Cuarto húmedo (aseo).

La derivación al cuarto húmedo será independiente de la de los circuitos hidráulicos de la sala de máquinas.

La distribución se realizará en tubería de polibutileno según UNE-EN-15876 hasta la llave de corte de entrada al aseo, que pasará a ser de polietileno según UNE-EN-15875.

Se instalarán llaves de corte de empotrar en las tuberías de agua fría a la entrada del aseo.

Las tuberías de derivación a los diferentes aparatos, serán de polietileno reticulado según UNE-EN-ISO-15875 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X)”. Discurrirán desde el colector instalado en el falso techo, primero por el techo y después empotradas en las paredes, y se protegerán con tubo corrugado (azul para el agua fría).

Finalizarán en un codo de 90° del modelo recomendado por el fabricante y tendrán rosca hembra de ½” en el otro extremo, en donde se conectarán llaves de regulación de escuadra.

2. Circuitos hidráulicos de la sala de máquinas.

Se instalará una derivación común para los circuitos hidráulicos de la sala de máquinas:

- Circuito de llenado del fluido caloportador de la red de distribución.
- Circuitos de seguridad de las calderas para evacuar el calor residual en las mismas en caso de avería eléctrica.

4.4.2.5 SISTEMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN DE LA PRESIÓN.

Dependiendo de la presión de la red pública, puede que sea necesaria la instalación de válvulas limitadoras de presión en una de las dos derivaciones diseñadas para regular las fluctuaciones y el exceso de presión de la red y así evitar que se supere la presión máxima de servicio en los puntos de utilización.

No se diseña la instalación de un grupo de presión, ya que generalmente la presión de la red será suficiente como se ha indicado en las premisas de diseño.

4.4.2.6 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA.

Dado el uso de la instalación no se requiere un sistema de tratamiento de agua en la instalación interior.

4.4.2.7 PROTECCIÓN CONTRA RETORNOS

CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN DE SUMINISTRO.

La constitución de los aparatos y dispositivos previstos y su modo de instalación son tales, que se impedirá la introducción de cualquier fluido en la instalación y el retorno del agua salida de ella.

La instalación nunca se empalmará directamente a una conducción de evacuación de aguas residuales.

PUNTOS DE CONSUMO DE ALIMENTACIÓN DIRECTA

En el lavabo, el nivel inferior de la llegada del agua verterá a 20 mm, por lo menos, por encima del borde superior del recipiente.

DEPÓSITOS CERRADOS

En los depósitos cerrados aunque estén en comunicación con la atmósfera, el tubo de alimentación desembocará 40 mm por encima del nivel máximo del agua, o sea por encima del punto más alto de la boca del aliviadero. Este aliviadero tendrá una capacidad suficiente para evacuar un caudal doble del máximo previsto de entrada de agua.

DERIVACIONES DE USO COLECTIVO

Los tubos de alimentación estarán provistos de un dispositivo anti retorno y una purga de control.

CONEXIÓN DE CALDERAS

Cada caldera requiere de un llenado para el sistema de seguridad en caso de fallo del suministro eléctrico. Además es necesario un llenado para el circuito cerrado de la red de calor. Estos tres ramales partirán de la derivación al circuito hidráulico de la sala de máquinas.

El llenado del circuito cerrado de la red de calor será manual. La alimentación se realizará mediante una válvula de cierre, un filtro y un contador. En el tramo que conecta el circuito cerrado al dispositivo de alimentación se instalará una válvula automática de alivio que tendrá un diámetro mínimo DN20 y estará tarada a una presión igual a la máxima de servicio en el punto de conexión más 0,2 a 0,3 bar, siempre menor que la presión de prueba.

GRUPOS MOTOBOMBA

No se ha previsto la instalación de sistemas de sobreelevación de presión.

4.4.2.8 SEPARACIONES RESPECTO DE OTRAS INSTALACIONES

El tendido de las tuberías de agua fría se hará de tal modo que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una distancia de 4 cm, como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría deberá ir siempre por debajo de la de agua caliente.

Las tuberías irán por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

Con respecto a las conducciones de gas se guardará al menos una distancia de 3 cm.

4.4.2.9 SEÑALIZACIÓN

Las tuberías de agua fría de consumo humano se señalarán con color azul cada metro.

Las tuberías, grifos y los demás puntos terminales de la instalación de suministro de agua no apta para el consumo, deben estar adecuadamente señalados.

4.4.2.10 AHORRO DE AGUA

Al tratarse de un único usuario la contabilización de agua fría se realizará mediante el contador general. En el aseo se instalarán grifos con pulsador temporizado como sistema de ahorro de agua.

4.4.3 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.

4.4.3.1 RESERVA DE ESPACIO EN EL EDIFICIO

El armario para alojar el contador general tendrá las dimensiones indicadas en la Tabla 4.1 de la Sección HS4 del CTE “Dimensiones del armario y de la arqueta para el contador general” (Tabla 7).

Tabla 7. Dimensiones del armario y de la arqueta para el contador general. HS4 CTE

Dimensiones en mm	Diámetro nominal del contador en mm										
	Armario					Cámara					
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Largo	600	600	900	900	1300	2100	2100	2200	2500	3000	3000
Ancho	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
Alto	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1000	1000

Como el contador tiene un diámetro de 32mm, el armario será de 900x500x300mm.

4.4.3.2 RED DE DISTRIBUCIÓN.

El dimensionado de la red se realiza de acuerdo a la sección HS4 del CTE y a la norma UNE 149201 “Abastecimiento de agua. Dimensionamiento de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios”.

Para el dimensionado de la red se utiliza el siguiente método:

- Se obtienen los caudales mínimos instantáneos considerados para cada aparato, de acuerdo con la tabla 2.1 de la HS4 (ver Tabla 6 en página 31):
 - Lavabo, inodoro con cisterna 0,10 l/s
 - Llenado del sistema de seguridad de las calderas 1,50 l/s
 - Como el llenado del circuito caloportador se realiza una única vez, antes de la puesta en marcha de la central térmica, no se considera su caudal para el dimensionamiento de la instalación.
 - Caudal total: $Q_t=3,2$ l/s
- Se calcula el caudal máximo de cada tramo como la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por cada tramo.
- A continuación se calcula el caudal simultáneo teniendo en cuenta las expresiones indicadas en el punto 5 de la norma UNE-149201 recogidas en la Tabla 8.
 - Puesto que salvo el sistema de llenado y de seguridad en caso de fallo eléctrico, que raramente son necesarios, los únicos aparatos existentes son los del aseo de la oficina, se ha considerado la expresión correspondiente a edificio de oficinas con:

- $Q_t=3,2 < 20 \text{ l/s}$
- $Q_{\min}=1,5 \geq 0,5 \text{ l/s}$
- El caudal de cálculo resulta $Q_c=1,47 \text{ l/s}$

Tabla 8. Expresiones para calcular el caudal simultáneo según norma UNE-149201

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
		Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	
			$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Edificios de viviendas	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$	$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0,4 \times (Q_t)^{0,54} + 0,48$			
Edificios de hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 1,08 \times (Q_t)^{0,5} - 1,83$	$Q_c = 0,698 \times (Q_t)^{0,5} - 0,12$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = (Q_t)^{0,366}$
Edificios de centros comerciales	$Q_c = 4,3 \times (Q_t)^{0,27} - 6,65$			
Edificios de hospitales	$Q_c = 0,25 \times (Q_t)^{0,65} + 1,25$			

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	
		$Q_t \leq 1,5 \text{ l/s}$	$Q_t > 1,5 \text{ l/s}$
Edificios de escuelas, polideportivos	$Q_c = -22,5 \times (Q_t)^{-0,5} + 11,5$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 4,4 \times (Q_t)^{0,27} - 3,41$

Donde:

Q_t es el caudal total instalado (suma de los caudales mínimos de cada aparato Q_{\min} según la tabla 2.1 del DB HS4)

Q_c es el caudal simultáneo o de cálculo

- Se elige una velocidad de circulación del agua que no sea superior a 1,5m/s para estar en el lado de la seguridad ($v < 3,50 \text{ m/s}$ para tuberías termoplásticas).

$$j = 10,3 * n^2 \frac{Q^2}{D^{5,33}}$$

- Las pérdidas de carga se calculan de acuerdo a la fórmula de Manning:
 - donde:
 - j : pérdida de carga por unidad de longitud en m;
 - n : coeficiente de rugosidad, para tuberías de polietileno y polibutileno, 0.0075;
 - Q : caudal en m^3/s ;
 - D : diámetro en m;
 - Para tener en cuenta las pérdidas de carga localizadas (accesorios: codos, "T"; válvulas, etc.) se utiliza un coeficiente de mayoración.
- Se comprueba que las presiones en los aparatos están comprendidas entre 15 y 35 mca para estar en el lado de la seguridad ($P < 500 \text{ kPa}$). Para ello, se determina la pérdida de carga del circuito sumando las pérdidas de presión total de cada tramo y se comprueba que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable es superior a la mínima exigida.

En el Anexo 1 "Cálculos detallados de las instalaciones" pueden verse los diámetros, velocidades y pérdidas de carga para cada uno de los tramos de la red de AFS.

4.4.3.3 DERIVACIONES A CUARTOS HÚMEDOS Y RAMALES DE ENLACE.

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se dimensionan conforme a la Tabla 4.2 de la sección HS4 del CTE “Diámetros mínimos de derivaciones a aparatos” (Tabla 9), y los ramales de enlace a las calderas en base a datos del fabricante, resultando:

Tabla 9. Diámetros mínimos de derivaciones a aparatos. HS4 del CTE

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	½	12
Lavabo, bidé	½	12
Ducha	½	12
Bañera <1,40 m	¾	20
Bañera >1,40 m	¾	20
Inodoro con cisterna	½	12
Inodoro con fluxor	1- 1 ½	25-40
Urinario con grifo temporizado	½	12
Urinario con cisterna	½	12
Fregadero doméstico	½	12
Fregadero industrial	¾	20
Lavavajillas doméstico	½ (rosca a ¾)	12
Lavavajillas industrial	¾	20
Lavadora doméstica	¾	20
Lavadora industrial	1	25
Vertedero	¾	20

- Lavabo e inodoro: tubo de polietileno PE-X16 (16x1,8) según UNE 15875, 16mm de diámetro exterior y 1,8mm de espesor, que equivale a diámetro de 12mm.
- Ramales calderas: tubo de polietileno PE-X40 (40x3,7) según UNE 15875, 40mm de diámetro exterior y 3,7mm de espesor, que equivale a diámetro de 32mm.

Los diámetros de los diferentes tramos de las derivaciones se dimensionan según el método indicado anteriormente, adoptándose como mínimo los valores de la Tabla 4.3 de la sección HS4 del CTE “Diámetros mínimos de alimentación” (Tabla 10).

Tabla 10. Diámetros mínimos de alimentación. HS4 del CTE

Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	¾	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	¾	20
Columna (montante o descendente)	¾	20
Distribuidor principal	1	25
Alimentación equipos de climatización	< 50 kW	½
	50 - 250 kW	¾
	250 - 500 kW	1
	> 500 kW	1 ¼

- Cuarto húmedo: tubo de polibutileno PB20 (20x1,9)según UNE 15876.
- Sala calderas: tubo de polibutileno PB50 (50x4,6) según UNE 15876.

En el Anexo 1 de cálculos detallados de las instalaciones se indican los diámetros, pérdidas de presión y velocidades de cada una de las derivaciones de suministro y de los ramales a los aparatos del cuarto húmedo.

4.4.3.4 EQUIPOS, ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE LA INSTALACIÓN.

DIMENSIONADO DE LOS CONTADORES.

El calibre nominal de los contadores se adecuará a los caudales nominales y máximos de la instalación:

- El caudal nominal para elegir el contador general es de $Q_c=5,29\text{m}^3/\text{h}$ (1,47 l/s) por lo que el calibre será DN30.
- El caudal nominal para elegir el contador del sistema de llenado del circuito de la red de calor es de $Q_c=4,14\text{m}^3/\text{h}$ (1,50 l/s) por lo que el calibre será DN25.

CÁLCULO DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL REDUCTOR DE PRESIÓN.

El diámetro nominal se elige utilizando la Tabla 4.5 de la sección HS4 del CTE “Valores del diámetro nominal en función del caudal máximo simultáneo” (Tabla 11), que da el diámetro nominal del reductor de presión en función del caudal máximo simultáneo calculado ($5,95\text{m}^3/\text{h}$).

Tabla 11. Diámetro nominal del reductor de presión. HS4 del CTE

Diámetro nominal	Caudal máximo simultáneo	
	dm ³ /s	m ³ /h
15	0,5	1,8
20	0,8	2,9
25	1,3	4,7
32	2,0	7,2
40	2,3	8,3
50	3,6	13,0
65	6,5	23,0
80	9,0	32,0
100	12,5	45,0
125	17,5	63,0
150	25,0	90,0
200	40,0	144,0
250	75,0	270,0

El reductor de presión tendrá un calibre nominal DN32.

4.5 INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS.

La instalación de saneamiento se diseña de acuerdo con la sección HS5 “Evacuación de aguas” del Documento Básico HS “Salubridad” del Código Técnico de la Edificación.

Dicha exigencia básica establece que los edificios dispondrán de medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías.

Para asegurar el cumplimiento de las exigencias básicas que se establecen en la sección HS5 del CTE se verificarán los siguientes apartados:

- Cumplimiento de las condiciones de diseño.
- Cumplimiento de las condiciones de dimensionado.

4.5.1 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.

El diseño de la instalación parte de las siguientes premisas:

- Características del alcantarillado: Red pública unitaria (pluviales + residuales).
- Cota del alcantarillado público > cota de evacuación.
- A efectos de dimensionado se ha considerado la ubicación de la central térmica en Valladolid, para determinar la Intensidad Pluviométrica a utilizar en los cálculos.

La instalación de evacuación de aguas, (distribución en planta, trazado y dimensiones), se representa en los planos P11 “Instalación de evacuación de aguas. Planta nivel -2,40” y P12 “Instalación de evacuación de aguas. Planta nivel +0,00” incluidos en el documento “PLANOS”.

4.5.1.1 CONDICIONES GENERALES DE LA EVACUACIÓN

La parcela dispone de una acometida que conectará la instalación de evacuación con la red de alcantarillado público.

La acometida se conectará a la arqueta general, que dispondrá de válvula anti-retorno, y a la que desaguará el colector mixto de la instalación de evacuación.

Se dispondrá de saneamiento para recogida de:

- aguas pluviales;
- aguas residuales provenientes de los sumideros de la sala de máquinas previstos para la limpieza de local y maquinaria, y del aseo de la cota +00;
- agua de nivel freático.

La red de drenaje perimetral se ejecutará a base de tubería de drenaje de PVC corrugado simple ranurado del tipo SN-2 de 160 milímetros de diámetro interior y se conectará a la arqueta de bombeo instalada en el cuarto de instalaciones del soplador.

Puesto que no existen residuos industriales no se hace necesario un tratamiento previo al vertido a la red de alcantarillado, no obstante, el agua procedente de los sumideros de la sala de calderas se pasará por una arqueta separadora de grasas colocada antes del pozo de bombeo.

El desagüe se realizará por gravedad hasta la arqueta general, a excepción de la recogida de aguas residuales de la planta de cota -2.40m y de la red de drenaje, que se elevarán mediante un pozo de bombeo con doble bomba para elevar el agua hasta la cota del colector enterrado de aguas residuales.

Se dispondrá una arqueta de registro donde se conectarán los dos colectores (pluviales y residuales), de la que partirá el colector mixto hasta la arqueta de acometida a la red pública.

4.5.1.2 CONFIGURACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN

Al existir una red de alcantarillado única, se dispondrá un sistema separativo con una conexión final de las aguas pluviales y las residuales, antes de su salida a la red exterior.

La conexión entre ambas redes se hará con la interposición de un cierre hidráulico que impedirá la transmisión de gases de una a otra y su salida por los puntos de recogida de aguas pluviales como sumideros, calderetas o rejillas.

4.5.1.3 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.

ELEMENTOS EN LA RED DE EVACUACIÓN

1. Cierres hidráulicos.

Se instalarán distintos tipos de cierres hidráulicos:

- Sifones individuales, propios de cada aparato.
- Bote sifónico en el aseo, que sirve a varios aparatos; puesto que el inodoro dispone de sifón individual, es preferible instalar también el lavabo con sifón individual no siendo necesaria en este caso la instalación de bote sifónico.
- Sumideros sifónicos que recogerán las posibles pérdidas de agua en la sala de máquinas.
- Arquetas sifónicas, situadas en los encuentros de los conductos enterrados de aguas pluviales y residuales, así como en los puntos de recogida en los que la evacuación se efectuará mediante colectores enterrados.

Los cierres hidráulicos definidos tienen las siguientes características:

- Son autolimpiables, de esta forma, cuando el agua los atraviesa, arrastra los sólidos en suspensión.
- Sus superficies interiores no retienen materias sólidas.
- No tienen partes móviles que impidan su correcto funcionamiento.
- Disponen de un registro de limpieza fácilmente accesible y manipulable.
- La altura mínima de cierre hidráulico será de 50 mm para usos continuos y 70 para usos discontinuos. La altura máxima será de 100 mm. La corona estará a una distancia igual o menor que 60 cm por debajo de la válvula de desagüe del aparato. El diámetro del sifón será en todo caso, igual o mayor que el diámetro de la válvula de desagüe.
- El cierre hidráulico se instalará lo más cerca posible de la válvula de desagüe de los aparatos, limitando de este modo la longitud de tubo sucio sin protección hacia el ambiente.
- Nunca se instalarán dos cierres hidráulicos en serie.

- Se realizará con sifón individual el desagüe de aparatos de bombeo.

2. Redes de pequeña evacuación.

El diseño de las redes de pequeña evacuación se ha efectuado conforme a los siguientes criterios:

- El trazado de la red es lo más sencillo posible para conseguir una circulación natural por gravedad. Se han evitado los cambios bruscos de dirección y utilizado las piezas especiales adecuadas.
- Los ramales de desagüe del aseo se conectarán directamente a la bajante.
- Los aparatos dotados de sifón individual tendrán las características siguientes:
 - la distancia a la bajante será 4,00m como máximo, con pendientes comprendidas entre un 2,5 y un 5 %;
- El lavabo dispone de rebosadero.
- No se colocarán desagües enfrentados acometiendo a una tubería común;
- Las uniones de los desagües a las bajantes tienen la mayor inclinación posible, aunque siempre menor que 45°.

3. Bajantes y canalones.

Las bajantes se han previsto sin desviaciones ni retranqueos y con un diámetro uniforme en toda su altura.

El diámetro nunca disminuirá en el sentido de la corriente.

4. Colectores.

La instalación dispondrá únicamente de colectores enterrados.

Colectores enterrados:

- Los tubos se colocarán en zanjas de dimensiones adecuadas, situados por debajo de la red de distribución de agua potable.
- Se ha considerado una pendiente mínima del 2%.
- Esta red es registrable mediante arquetas de paso y arquetas sumidero en tramos que no superan los 15 m.
- Las bajantes no acometen directamente a la red enterrada, si no a una arqueta de pie de bajante no sifónica.
- Para la red de saneamiento enterrado, se empleará tubería de PVC según UNE-EN-1401-1, de los diámetros especificados en planos

5. Elementos de conexión.

En la red enterrada todas las uniones se realizarán con arquetas dispuestas sobre cimientado de hormigón, con tapa practicable, acometiendo un máximo de un colector por cada cara de la arqueta y el ángulo entre cada colector y su salida no superará los 90°.

Al final de la instalación y antes de la acometida se encuentra la arqueta general del edificio, accesible desde el exterior.

Los registros para limpieza de colectores se han previsto en cada encuentro y cambio de dirección e intercalados en tramos rectos.

ELEMENTOS ESPECIALES.

1. Sistema de elevación y bombeo.

Se ha previsto la instalación de un sistema de elevación y bombeo, para la recogida de aguas de la cota -2.40m, que puede estar por debajo de la cota del punto de acometida.

Al depósito de este sistema de bombeo vierten las aguas de posibles fugas en la sala de máquinas, del cuarto de instalaciones, del soplador, del sistema de seguridad de las calderas, y red de drenaje.

Se instalará un pozo de bombeo en el interior del cuarto de instalaciones del soplador, en el que se instalarán 2 bombas con el fin de garantizar el servicio de forma permanente en casos de avería, reparaciones o sustituciones, y se conectarán a un grupo electrógeno de uso exclusivo o una batería con una autonomía de funcionamiento de 24h.

Las bombas dispondrán de funcionamiento alternativo automático mediante reguladores de nivel y se instalarán con válvula anti-retorno en la salida de cada una de ellas, estarán alimentadas desde un cuadro eléctrico dotado de alarma visual.

Para evitar que en el pozo de bombeo entren aguas que contengan grasas, aceites, etc., se construirá una arqueta separadora de grasas.

El depósito de recepción dispondrá de una tubería de ventilación.

2. Válvulas anti-retorno de seguridad.

Se colocará una válvula anti retorno de seguridad para prevenir inundaciones en el interior del edificio, en el caso de que la red exterior de alcantarillado se sobrecargue.

SUBSISTEMAS DE VENTILACIÓN.

Puesto que el edificio tiene menos de 7 plantas y los ramales de desagüe tienen menos de 5 m, se considera suficiente como sistema de ventilación, la ventilación primaria.

Las bajantes de aguas residuales se prolongarán 1,3 m por encima de la cubierta del edificio, ya que ésta no es transitable.

La salida de ventilación está convenientemente protegida de la entrada de cuerpos extraños y su diseño es tal que la acción del viento favorece la expulsión de los gases, para ello se han dispuesto aspiradores estáticos.

4.5.2 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.

Se realizan dos dimensionados, el del **sistema separativo** que conlleva el dimensionado de la red de aguas residuales por un lado y el de la red de aguas pluviales por otro, de manera separada e independiente, y el del **sistema mixto** mediante las oportunas conversiones utilizando el método de adjudicación del número de unidades de desagüe (UD) a cada aparato sanitario, de acuerdo a los criterios establecidos en el punto 4 de la HS5 del CTE.

Para el dimensionado de colectores y canalones se ha considerado una pendiente del 2%; en ocasiones puede ocurrir que debido a la altura de la acometida, la máxima pendiente sea menor que las utilizadas en las tablas de la HS5, en cuyo caso habría que utilizar otros métodos para dimensionar los colectores calculando el caudal máximo que es capaz de transportar cada tramo del colector, como por ejemplo, utilizando la fórmula de Manning usada en el capítulo anterior para el cálculo de la instalación de suministro de agua.

El método de adjudicación de UD a cada aparato sanitario se realiza teniendo en cuenta que el uso es privado.

El vaciado de los circuitos hidráulicos de la central térmica, el de la propia red de calor (colectores, depósitos de inercia, calderas,...) y el de los sistemas de seguridad de las calderas, se puede realizar directamente al sistema de evacuación de las aguas residuales como se comprueba en el apartado 4.5.2.2.

4.5.2.1 RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

1. Derivaciones individuales.

La única necesidad de evacuación de aguas residuales en la nave diseñada es la correspondiente al aseo de la planta cota +00.

Se adjudican las UD a cada aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales, de longitud inferior a 1,5m, de acuerdo con la tabla 4.1 de la HS5 del CTE para uso privado (Tabla 12).

Tabla 12. Unidades de desagüe correspondientes a aparatos sanitarios. HS5 del CTE.

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	4	5	100	100
	Con cisterna	5	100	100
	Con fluxómetro	8	100	100
Urinario	Pedestal	-	-	50
	Suspendido	-	-	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100

En la Tabla 13 se da una relación de los aparatos sanitarios y unidades de desagüe de la instalación.

Tabla 13. Relación de aparatos sanitarios y Unidades de Desagüe

APARATO	Diámetro (mm)	UD	SIFÓN
Lavabo	32	1	SI
Inodoro (con cisterna)	100 (mínimo)	4	SI

El diámetro de las conducciones nunca será menor que el de los tramos situados aguas arriba.

2. Botes sifónicos o sifones individuales.

En el edificio diseñado, tanto el lavabo como el inodoro están dotados de sifón individual con un diámetro igual que la válvula de desagüe conectada, por lo que no es necesaria la instalación de bote sifónico en el aseo, y las derivaciones individuales calculadas en el paso anterior no existirán, instalándose en su lugar dos ramales colectores; no obstante, se han calculado estas derivaciones para casos en que sea necesario un bote sifónico.

3. Ramales colectores.

Para la obtención del diámetro de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante se utiliza la tabla 4.3 de la HS5 del CTE, (Tabla 14) que proporciona el diámetro del colector introduciendo la pendiente y el número de UD que circulan por él.

Tabla 14. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante. HS5

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Al utilizarse aparatos con sifones individuales, no existe la derivación individual a cada aparato si no su correspondiente ramal colector.

La distancia a la bajante del lavabo es menor de 4,0m con pendiente comprendida entre 2,5 y 5%, por lo que de acuerdo con la Tabla 14 los diámetros mínimos de los ramales son 32mm y 50mm para el lavabo y el inodoro respectivamente; no obstante el ramal del inodoro se sobredimensiona hasta 110mm de diámetro:

BAJANTES DE AGUAS RESIDUALES.

Para la obtención del diámetro de las bajantes se ha utilizado la tabla 4.4 de la HS5 del CTE, (Tabla 15) que proporciona el diámetro de la bajante como el mayor de los valores obtenidos entre:

- Máximo número de UD en una bajante, dependiendo de la altura
- Máximo número de UD en cada ramal, dependiendo igualmente, de la altura de la bajante.
- El diámetro de las conducciones nunca será menor que el de los tramos situados aguas arriba.

Tabla 15. Diámetro de las bajantes en función del número de plantas y de UD. HS5

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Según la Tabla 15 y teniendo en cuenta que:

- existen dos ramales, el del lavabo con 1 UD, y el del inodoro con 4UD, cada uno de ellos con menos de 6UD;
- que la única bajante tiene 5UD;
- que la altura de la bajante es de una planta;

el diámetro de la bajante de aguas residuales debe ser como mínimo de 50mm, sin embargo, al ser el ramal del inodoro de 110mm, se utiliza este mismo diámetro para la bajante.

COLECTORES HORIZONTALES DE AGUAS RESIDUALES.

Para la obtención del diámetro de los colectores horizontales de aguas residuales se utiliza la tabla 4.5 de la HS5 del CTE, (Tabla 16) que proporciona el diámetro del colector introduciendo la pendiente y el número de UD que circulan por él.

Tabla 16. Diámetro de colectores horizontales en función de UD y pendiente. HS5

1 %	Máximo número de UD		Diámetro (mm)
	Pendiente 2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Al tratarse de un colector enterrado, la pendiente mínima será del 2%, por lo que el diámetro mínimo debe ser de 50mm, sin embargo, al ser el ramal del inodoro de 110mm, este sería el diámetro mínimo para el colector; no obstante, se sobredimensiona este diámetro hasta 160mm.

La acometida de la bajante al colector se realiza en una arqueta de pie de bajante.

4.5.2.2 RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.

RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.

La red de pequeña evacuación de aguas pluviales está compuesta por los canalones, bajantes, sumideros y colector de aguas pluviales.

El número mínimo de sumideros que deben disponerse es función de la superficie de la cubierta en proyección horizontal, según se indica en la tabla 4.6 de la HS5 (Tabla 17).

Tabla 17. Número de sumideros en función de la superficie de cubierta. HS5 del CTE

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 < S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

La proyección horizontal de la superficie de la cubierta es de 557m² por lo que se instalarán 4 sumideros.

CANALONES.

Para la obtención del diámetro de los canalones de evacuación de aguas pluviales, se utiliza la tabla 4.7 de la HS5 (Tabla 18), que proporciona el diámetro del canalón de evacuación de aguas pluviales.

Tabla 18. Diámetro del canalón para régimen pluviométrico de 100mm/h. HS5

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Pendiente del canalón				Diámetro nominal del canalón (mm)
	0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100	
60	80	115	165	125	
90	125	175	255	150	
185	260	370	520	200	
335	475	670	930	250	

Esta tabla está calculada para un régimen pluviométrico de 100 mm/h, por lo que para un régimen pluviométrico distinto se debe aplicar un factor f de corrección a la superficie de cubierta servida que se calcula mediante la expresión:

$$f = \frac{i}{100}$$

siendo i la intensidad pluviométrica de la localidad donde se ubique la central.

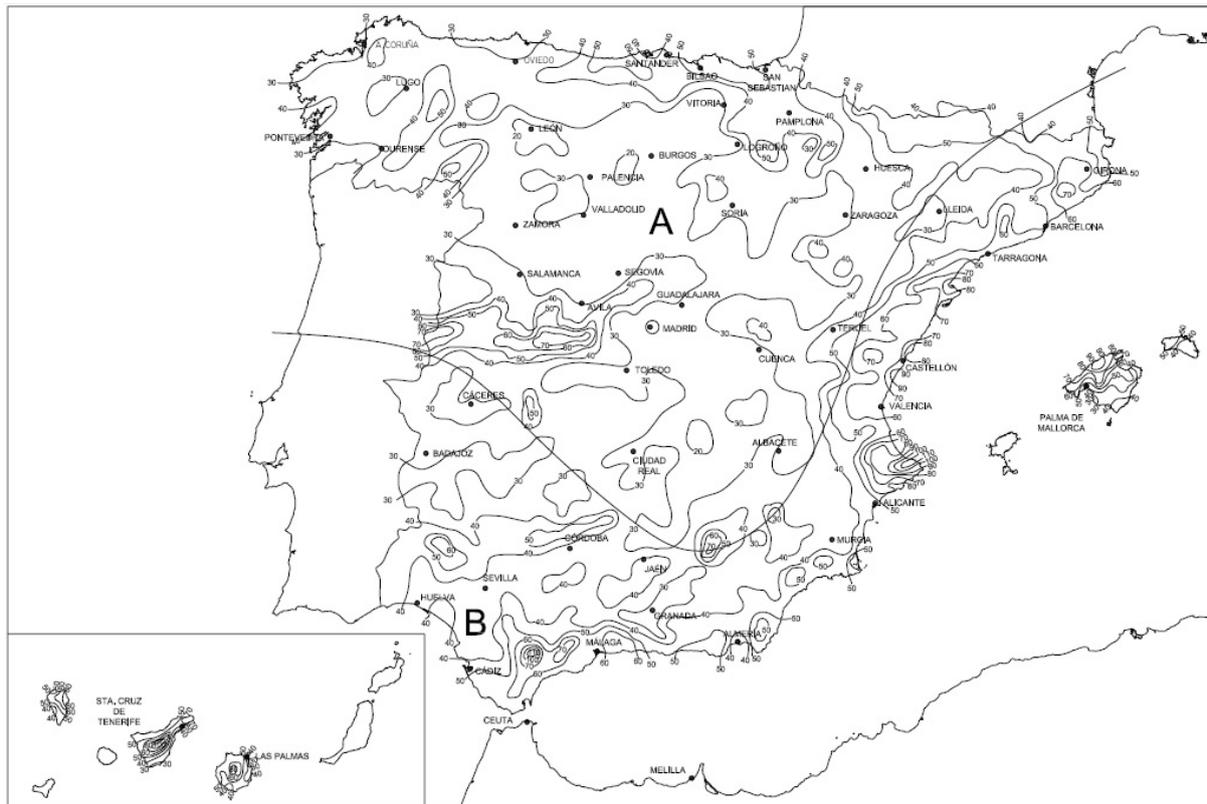


Figura 16. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. Figura B1 de la HS5 del CTE

De acuerdo con el mapa de isoyetas y zonas pluviométricas del Apéndice B de la HS5, (Figura 16), la isoyeta correspondiente a Valladolid que pertenece a la Zona A es la de 30, y según la tabla B1 del Apéndice B de la HS5, (Tabla 19), la intensidad pluviométrica es:

$$i=90 \text{ mm/h}$$

$$f=0.9$$

Tabla 19. Intensidad pluviométrica i (mm/h). Tabla B1 de la HS5 del CTE

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

con lo que la proyección horizontal de la cubierta corregida para el régimen pluviométrico de Valladolid es:

$$Sh=557\text{m}^2 \cdot 0.9=501.3\text{m}^2$$

siendo Sh la proyección horizontal de la cubierta;

como hay previstos 4 sumideros en la cubierta, cada uno de ellos recogerá la cuarta parte de las aguas pluviales de la cubierta

$$Sh_{\text{canalón}}=501.3\text{m}^2/4=125.32\text{m}^2$$

siendo $Sh_{\text{canalón}}$ la proyección horizontal de la cubierta que sirve cada canalón; por lo que el diámetro de cada tramo del canalón será:

$$D_{\text{canalón}}=150\text{mm para una pendiente del 2\%.$$

Como el canalón no es circular, la sección cuadrangular equivalente debe ser un 10% superior a la obtenida como sección semicircular; como la sección del canalón circular obtenido es 17.672mm², la sección mínima de un canalón cuadrangular debe ser de 19.439mm², por lo que un canalón cuadrangular de 140mm de lado sería suficiente; se ha previsto una viga canalón de 215mm de lado en la que se construirán los 4 sumideros calculados.

BAJANTES DE AGUAS PLUVIALES.

Para la obtención del diámetro de las bajantes de aguas pluviales se utiliza la tabla 4.8 de la HS5, (Tabla 20) que proporciona el diámetro de la bajante a partir de la superficie de cubierta en proyección horizontal que sirve.

Análogamente al dimensionado de los canalones, hay que aplicar el factor f de corrección a la superficie de cubierta para un régimen pluviométrico diferente de 100 mm/h.

Tabla 20. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para régimen pluviométrico de 100mm/h. HS5

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

$S_{bajante}=125.32m^2$ siendo $S_{bajante}$ la proyección horizontal de la cubierta que sirve cada bajante.

$D_{bajantes}=75mm$ siendo $D_{bajantes}$ el diámetro mínimo de las bajantes

Se construirán 4 bajantes de pluviales de sección circular, de PVC serie C de 110 milímetros de diámetro conectadas a arquetas a pie de bajante.

COLECTORES DE AGUAS PLUVIALES

Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente.

Para la obtención del diámetro de estos colectores, se utiliza la tabla 4.9 de la HS5 del CTE, (Tabla 21) que proporciona el diámetro del colector a partir de su pendiente y de la superficie de cubierta en proyección horizontal a la que sirve.

Análogamente al dimensionado de canalones y bajantes, hay que aplicar el factor f de corrección a la superficie de cubierta para un régimen pluviométrico diferente de 100 mm/h.

Como el último tramo del colector da servicio a toda la superficie de la cubierta, cuya proyección horizontal ya corregida es de 501.3m², se calcula el diámetro de este tramo que es el más desfavorable, y se mantiene constante en todo su trazado.

Tabla 21. Diámetro de colectores de aguas pluviales para régimen pluviométrico de 100mm/h. HS5 del CTE

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
1 %	Pendiente del colector		
	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Se instalará por tanto un colector enterrado de 160mm de diámetro.

El colector enterrado se ejecutará a base de tubería de PVC corrugado del tipo SN-2 de 160 milímetros de diámetro interior en tubería de un solo tramo de arqueta a arqueta en color teja y colocada sobre cama de 10 centímetros de espesor de arena de río lavada para posterior relleno de la zanja. La pendiente de las tuberías será del 2%.

VACIADO DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS DE LA CENTRAL TÉRMICA

Tratándose de una central térmica que utiliza biomasa como combustible, hay que considerar la evacuación del agua procedente de los sistemas de seguridad de las calderas; y también, aunque raramente será necesario, el vaciado del circuito hidráulico de la red de calor en el interior de la sala de máquinas.

En el apartado 4.4.3.2 “Dimensionado de la red de distribución” del subcapítulo 4.4 “SUMINISTRO DE AGUA” se calculó el llenado del sistema de seguridad considerando un caudal de 1,5 l/s para cada caldera, con una tubería de polietileno de 50mm para el caudal total de 3 l/s y de 40mm para el caudal correspondiente a cada caldera. Para el vaciado de estos circuitos se utilizará tubería de 110mm de diámetro hasta la arqueta de registro del colector, con lo que la pérdida de carga que debe soportar el sistema de bombeo será menor.

Para realizar el vaciado del circuito hidráulico de la red no se requiere un caudal específico, bastará con que se realice en un tiempo razonable. Como se indica en el apartado 4.6.4.2 “Redes de tuberías” del subcapítulo 4.6 “Instalación hidráulica”, la norma UNE-100-155 determina un diámetro mínimo de la tubería de vaciado DN40, por lo que se utilizará una tubería de acero de 1½” según UNE-EN-10255 para el vaciado de este circuito.

El volumen de agua de este circuito en el interior de la sala de máquinas es de 96.728 l, de los cuales, 80.000 l corresponden a los depósitos de inercia (2x40.000l) y 8.364 l al primario de cada caldera (se calcula en el Anexo 1.5.1 “Cálculo hidráulico del circuito primario de las calderas”). Puesto que la tubería es del mismo diámetro que las del llenado de los sistemas de seguridad de las calderas, utilizando el mismo cálculo, con un caudal de 1,5 l/s, el tiempo de vaciado del circuito sería de 19 horas (tiempo de vaciado=volumen del circuito/caudal). Como se indica en el Anexo 1.4.1 “Cálculo de los sistemas de bombeo y elevación) el sistema de bombeo que se dimensiona en el apartado 4.5.2.6 tiene capacidad suficiente para evacuar a la red pública este volumen en 1,2h.

4.5.2.3 COLECTORES DE TIPO MIXTO.

Los dos colectores separativos se conectan a un colector mixto en una arqueta con interposición de un cierre hidráulico. Este colector unirá la instalación interior con la red de alcantarillado pública.

Para dimensionar el colector de tipo mixto se transforman las unidades de desagüe correspondientes a las aguas residuales en superficies equivalentes de recogida de aguas, y se suman a las correspondientes a las aguas pluviales.

La transformación de las UD en superficie equivalente para un régimen pluviométrico de 100 mm/h se efectúa con el siguiente criterio:

- para un número de UD menor o igual que 250 la superficie equivalente es de 90m²;
- para un número de UD mayor que 250 la superficie equivalente es de 0,36 x n° UD m².

El número de UD calculado es de 5 por lo que se suman 90m².

Como el régimen pluviométrico es de 90mm/h, se utiliza el factor de corrección *f* obtenido anteriormente para corregir la superficie equivalente resultando ser 81m², por lo que la superficie total a considerar es:

$$501.3+81=582.3\text{m}^2$$

El diámetro del colector mixto se calcula como en el caso del dimensionado de colectores de aguas pluviales, utilizando la tabla 4.9 de la HS5 del CTE, obteniéndose igualmente un diámetro de 160mm.

4.5.2.4 DIMENSIONADO DE LA RED DE VENTILACIÓN.

Puesto que el edificio tiene menos de 7 plantas y los ramales de desagüe tienen menos de 5 m, se considera suficiente como sistema de ventilación, la ventilación primaria.

La ventilación primaria tiene que ser del mismo diámetro que la bajante de la que es prolongación, por lo que la ventilación primaria tiene un diámetro de 110mm.

4.5.2.5 ACCESORIOS.

Las dimensiones mínimas de las arquetas se obtienen de la tabla 4.13 de la HS 5 del CTE (Tabla 22), en función del diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 22. Dimensiones de las arquetas. HS5 del CTE

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Las arquetas de saneamiento serán de 60x60 cm, construidas de ladrillo perforado tosco de ½ pie de espesor, recibido con mortero de cemento M-5 y apoyado sobre losa de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 centímetros de espesor. Interiormente se enfoscará con acabado en bruñido a base de mortero de cemento M-15. En la base se aplicará mortero favoreciendo la continuidad de las tuberías.

4.5.2.6 DIMENSIONADO DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO Y ELEVACIÓN.

Se ha previsto un sistema de bombeo para elevar el agua procedente de la cota -2.40m de la nave y del drenaje, hasta la cota del colector enterrado de aguas residuales, compuesto por un depósito y un equipo de bombeo.

DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO DE RECEPCIÓN.

El dimensionado del depósito se hace de forma que se limite el número de arranques y paradas de las bombas a 12 veces a la hora como máximo.

La capacidad del depósito se calcula con la expresión:

$$V_u = 0.3 * Q_b$$

siendo Q_b el caudal de la bomba en l/s.

Esta capacidad debe ser mayor que la mitad de la aportación media diaria de aguas residuales.

Puesto que en la ubicación elegida para el edificio contenedor, las aguas pluviales desaguan por gravedad; para calcular la capacidad del depósito únicamente habría que considerar las aguas residuales, tanto las provenientes del cuarto húmedo como las provenientes de los sumideros de la sala de calderas; y por otro parte, considerar el vaciado de la red de calor en el interior de la sala de máquinas (calderas, colectores, tubería y depósitos de inercia) por si en alguna ocasión fuese necesario.

No obstante, como también existe una red de drenaje conectada al sistema de bombeo, se puede considerar que la evacuación de las aguas pluviales es un caso más desfavorable que la evacuación del agua procedente del drenaje, por lo que teniendo en cuenta la evacuación de las aguas pluviales en el cálculo del depósito se está en el lado de la seguridad, además de servir para otras situaciones en que el colector enterrado de aguas pluviales quede por debajo de la cota de la acometida.

Como la proyección horizontal de la superficie, teniendo en cuenta la transformación de las UD y la rampa, es de 736.17m² (557+90+89.17), y considerando una intensidad de pluviometría de 90mm/h, el caudal de aguas a evacuar es de 18.40 l/s, por lo que el caudal de cada bomba es de 23.01 l/s, y el depósito tiene que ser como mínimo de 5521 litros.

Por otra parte hay que considerar el caudal de aguas residuales ya que la capacidad del depósito tiene que ser mayor que la mitad de la aportación media diaria de aguas residuales que para 5 UD (0.47l/s) y 12 arranques de las bombas es de 353l.

Por lo tanto, el depósito será de 5521 litros, que como ya se ha indicado, también es suficiente para realizar en un tiempo razonable el vaciado de la red de calor de la sala de máquinas.

El caudal de entrada de aire al depósito es igual al de las bombas.

Como la tubería de drenaje prevista es de 160mm, el diámetro de la tubería de ventilación será de 100mm (como mínimo igual a la mitad del de la acometida).

CÁLCULO DE LAS BOMBAS DE ELEVACIÓN.

El caudal de cada bomba debe ser igual o mayor que el 125 % del caudal de aportación, siendo las dos bombas iguales.

La presión manométrica de la bomba se obtiene como resultado de sumar la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe elevar las aguas y el nivel

mínimo de las mismas en el depósito (en este caso, aproximadamente 2.40m que es la diferencia de cotas entre plantas), y la pérdida de presión producida a lo largo de la tubería, calculada mediante la fórmula de Manning, desde la boca de la bomba hasta la arqueta de registro donde se unen los colectores de aguas residuales y pluviales.

Esta tubería será de 75mm de diámetro exterior, del tipo PVC-Presión según UNE 1452.

Desde la arqueta de conexión de ambos colectores, la tubería se dimensiona como cualquier otro colector horizontal por los métodos ya señalados.

El cálculo de las bombas se realiza con el programa del fabricante WILO, los resultados se adjuntan en el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” y las fichas técnicas de las bombas en el Anexo 2 “Especificaciones técnicas de los equipos seleccionados”.

4.6 INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Al no ser de aplicación el RITE, la instalación hidráulica debe cumplir con las prescripciones establecidas en el Reglamento de Equipos a Presión (REP) aprobado por Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre. Este reglamento se aplica a la instalación de los equipos a presión sometidos a una presión máxima admisible superior a 0,5 bar, como son:

- Calderas.
- Vasos de expansión.
- Depósitos de inercia.
- Tuberías de conducción.

4.6.1 CRITERIOS DE DISEÑO

La instalación se diseña diferenciándose en tres partes:

- Generación de calor.
- Red de distribución.
- Subestaciones de intercambio de calor.

4.6.1.1 GENERACIÓN DE CALOR

La generación de calor se realiza íntegramente en el interior de la central térmica, está constituida por los generadores de calor, un circuito primario y un circuito secundario. Los generadores de calor son dos calderas de biomasa, cada una de ellas dispone de su circuito primario independiente (hasta el colector de primario) que se conecta a un colector común para ambas. Desde este colector se circula el agua a dos depósitos de inercia, que están conectados en serie mediante bypasses para poder independizar cada uno de los depósitos en caso de avería o mantenimiento. De los depósitos de inercia, el agua pasa a un colector común donde se instalan las bombas del sistema de bombeo de la red de distribución constituyendo junto con la red de distribución el circuito secundario.

Los equipos que componen la instalación hidráulica de la central térmica, generadores de calor, depósitos de inercia, y sistema de bombeo se han descrito en el subcapítulo 4.2 “EQUIPOS DE LA SALA DE MÁQUINAS”.

El funcionamiento de la instalación hidráulica correspondiente a la generación de calor se representa en los planos “P13. Instalación hidráulica. Planta nivel -2.40” y “P14. Instalación hidráulica. Esquemas de principio” incluidos en el documento “PLANOS”.

4.6.1.2 RED DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR

La red de distribución de calor está compuesta por el sistema de bombeo y la tubería de conducción enterrada.

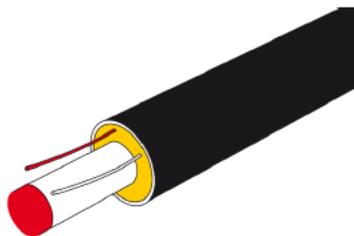
El equipo de bombeo está compuesto por tres bombas de caudal variable, diseñadas para dar cada una de ellas el 50% del caudal de diseño. Funcionarán dos bombas en paralelo y una siempre estará de reserva. El funcionamiento será alternativo.

Las tuberías de unión (ida y retorno), en los tramos en los que discurran aéreas, serán de acero según UNE-EN-10255 “Tubos de acero no aleado aptos para soldeo y roscado. Condiciones técnicas de suministro”, calorifugadas con coquilla tipo armaflex y acabadas en chapa de aluminio.

Para la conducción enterrada se ha previsto tubería de acero preaislada diseñada específicamente para el transporte eficiente de fluidos térmicos en instalaciones de District Heating & Cooling, instalaciones industriales, etc.

Este tipo de tubería, está compuesta por una tubería de servicio de acero, por una espuma rígida de poliuretano (PUR), en la que se utiliza el ciclo pentano como agente de expansión y por una robusta envolvente de polietileno de alta densidad (PEAD). La espuma PUR se encuentra íntimamente ligada a los otros dos elementos formando en su conjunto, un único material compuesto.

En la Figura 17 se detallan las características más significativas de la tubería.



TUBERÍAS - CARACTERÍSTICAS									
Dimensiones				Suministro (m)	Diámetro del envolvente			Peso en kg/m	Vol/m
Diámetro DN	Pulg.	d _e (mm)	e (mm)		D _e (mm)				
					Serie 1	Serie 2	Serie 3		
20	3/4"	26,9	2,6	6/12	90	110	125	2,9	0,4
25	1"	33,7	2,6	6/12	90	110	125	3,3	0,6
32	1 1/4"	42,4	2,6	6/12	110	125	140	4,2	1,1
40	1 1/2"	48,3	2,6	6/12	110	125	140	4,6	1,5
50	2"	60,3	2,9	6/12	125	140	160	6,1	2,3
65	2 1/2"	76,1	2,9	6/12	140	160	180	7,5	3,9
80	3"	88,9	3,2	6/12	160	180	200	9,4	5,3
100	4"	114,3	3,6	6/12	200	225	250	14	9
125	5"	139,7	3,6	6/12	225	250	280	16	14
150	6"	168,3	4	6/12	250	280	315	21	20
200	8"	219,1	4,5	6/12	315	355	400	31	35
250	10"	273,0	5	6/12	400	450	500	45	54
300	12"	323,9	5,6	12	450	500	520	58	77
350	14"	355,6	5,6	12	500	520	560	66	93
400	16"	406,4	6,3	12	520	560	630	85	120
450	18"	457,2	6,3	12	560	630	710	98	160
500	20"	508,0	6,3	12	630	710	780	109	190
600	24"	610,0	7,1	12	780	800	...	150	280
700	28"	711,0	8	12	900	...	...	180	380
800	32"	813,0	8,8	12	1000	...	...	230	500
900	36"	914,0	10	12	1100	...	...	280	630
1000	40"	1016,0	11	12	1200	...	...	340	780
1100	44"	1118,0	11	12	1300	...	...	378	943
1200	48"	1219,0	12,5	12	1400	...	...	460	1120

Figura 17. Tuberías de acero preaisladas. Catálogo técnico LOGSTOR® 12-2014

El suministro de la tubería se realiza en barras de 6 o 12 m según diámetro. La conexión entre barras o accesorios se realiza mediante soldadura de arco eléctrico. Para poder

realizar estos trabajos, los últimos 220 mm a ambos extremos de la tubería y accesorios se encuentran sin aislar térmicamente. Una vez realizados y comprobados los trabajos de soldadura, se aísla térmicamente la unión mediante un kit de empalme.

La tubería incorpora dos hilos de cobre (sistema Nordic) que junto con la unidad analógica o digital conforman el sistema de detección de fugas. Este sistema permite la detección de humedad en el aislamiento, tanto por rotura de la tubería de servicio como del envolvente, con un margen de error de $\pm 2\%$.

Para ejecutar la red preaislada serán necesarios accesorios como codos, uniones en "T", reducciones, kits de empalme, juntas pasamuros, etc. Las uniones de tramos de tuberías se realizarán con kits de empalme, terminales termoretráctiles y juntas.

4.6.1.3 SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO DE CALOR

En cada edificio que se conecte a la red de distribución de energía térmica se instalará una llave de corte en una arqueta registrable en el exterior del edificio y una subestación de intercambio de calor entre la red de distribución y la sala de calderas existente en el propio edificio.

En las subestaciones se instalará un intercambiador de calor, donde se producirá el intercambio térmico entre la red de calor y el circuito interno de cada edificio. Las condiciones de diseño son 90°C/70°C en la red y 80°C/65°C en los circuitos de los edificios conectados.

En cada subestación se instalarán los siguientes elementos:

- Un contador de energía térmica en el secundario del intercambiador.
- Una válvula de corte, regulación de caudal y presión diferencial con regulación 1-10 V en el primario del intercambiador, que abrirá o cerrará dependiendo de la demanda de calor del edificio.
- Una bomba en el secundario del intercambiador de calefacción que distribuye la energía térmica a la instalación actual del edificio conectado a la red.
- Un botellón de compensación hidráulica, para compensar las diferencias de caudal entre la bomba de secundario y los circuitos existentes en cada edificio.
- Sondas de temperatura que mandarán la información necesaria al sistema de control para comandar las diferentes válvulas y bombas.
- Válvulas, sistemas de expansión y seguridad, llenado y vaciado de circuitos, etc...
- Toma de red para comunicación mediante red Ethernet con la central de biomasa.
- Cuadro eléctrico para alimentar los diferentes receptores de la subcentral.

4.6.2 PRESCRIPCIONES DE SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN

Se adoptarán las medidas de seguridad, de rendimiento y medioambientales indicadas en las correspondientes disposiciones específicas que dependerán de la localidad donde se ubique la central térmica.

De acuerdo con el artículo 4 del REP, las instalaciones de los equipos a presión dispondrán de los dispositivos y medios apropiados de protección necesarios para que su funcionamiento se realice de forma segura. Para ello las calderas dispondrán de una válvula de seguridad tarada a 1bar por encima de la presión de funcionamiento de la caldera (3bar). Por otra parte, se diseñarán los sistemas de expansión adecuados para

absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador contenido en el circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo la presión entre los límites establecidos e impidiendo al mismo tiempo, pérdidas y reposiciones de la masa del fluido.

Los equipos a presión se instalarán en condiciones que permitan la realización posterior de las operaciones de mantenimiento y control previstas en las instrucciones del fabricante y la realización de las inspecciones periódicas indicadas en el artículo 6 del REP.

Las uniones permanentes que deban realizarse en las instalaciones deberán ser realizadas con procedimientos de soldadura adecuados.

La descarga de válvulas de seguridad o discos de rotura deberán evacuar a lugar seguro.

4.6.2.1 PRESCRIPCIONES PARTICULARES PARA LAS CALDERAS

Se han previsto dos calderas pirotubulares de 3.480kW.

A efectos de las condiciones exigibles por el REP, en el artículo 3 de la ITC EP-1 las instalaciones se clasifican en función del tipo de caldera en clase primera o segunda, dependiendo del tipo de caldera (pirotubular o acuotubular) y del producto de la presión máxima de servicio en bar (Pms) por el volumen en litros de la caldera (VT). En la Tabla 23 se detallan las características de las calderas que se van a instalar en este proyecto:

Tabla 23. Características de las calderas según la ITC EP-1 del REP

CARACTERÍSTICAS DE LAS CALDERAS						
	POTENCIA	Pms	VT	Pms x VT	Pirotubular	Acuotubular
	kW	bar	litros			
Caldera 1	3.480	3	8.000	24.000	SI	NO
Caldera 2	3.480	3	8.000	24.000	SI	NO
Total	6.960			48.000		

Puesto que las calderas son pirotubulares y el producto Pms x VT es mayor de 15.000, la instalación es de **clase segunda**.

El sistema de vigilancia cumplirá los siguientes requisitos:

Vigilancia directa. El operador de la caldera debe asegurar su presencia en la sala de calderas o en sala con repetición de las señales de seguridades, para poder actuar de forma inmediata en caso de anomalía. En dicho local, debe existir un pulsador de emergencia que pare inmediatamente el sistema de aporte calorífico de forma segura y que active los sistemas de disipación de energía que hayan sido diseñados. Si el fabricante no ha indicado instrucciones para la vigilancia de la caldera, se considerará como de vigilancia directa.

Vigilancia indirecta. Los intervalos de comprobación de los sistemas de control y seguridad para que el funcionamiento de la instalación sea seguro serán indicados por el fabricante de la caldera. El sistema de vigilancia de la caldera estará relacionado con los dispositivos de control de los que disponga.

En las calderas que, de acuerdo con las instrucciones de funcionamiento del fabricante, puedan funcionar de forma automática, sin presencia del personal de conducción en la sala de calderas, el operador deberá realizar comprobaciones funcionales para asegurar la operatividad de sus sistemas de control y seguridad. Se consideran adecuados los sistemas de control y seguridad indicados en las normas UNE-EN 12953 y UNE-EN 12952 o cualquier otra norma equivalente que pueda utilizar el fabricante. En caso de

fallo de controles o seguridades requerirá la utilización de las instrucciones de emergencia, debiéndose pasar a vigilancia directa hasta la subsanación de la anomalía.

4.6.2.2 PRESCRIPCIONES PARTICULARES PARA LAS TUBERÍAS

En todos los circuitos cerrados se han dispuesto válvulas de seguridad, cuya descarga será visible y se conducirá a un lugar seguro.

En los puntos altos de la instalación se ha previsto la instalación de purgadores automáticos.

En tramos de longitud recta mayores de 20 metros se instalarán dilatadores siguiendo los criterios de la norma UNE-100156, mientras que en las zonas en las que existan cambios frecuentes de dirección de las tuberías estos se aprovecharán para poder compensar las dilataciones.

Cada circuito independiente se protegerá con un filtro de luz de 1 mm, y las válvulas automáticas con filtros de luz 0,25 mm.

Para evitar los golpes de ariete producidos por el cierre brusco de una válvula, a partir de DN100 las válvulas de mariposa llevarán desmultiplicador. En diámetros mayores que DN32 las válvulas de retención serán de disco con muelle de retorno o motorizadas.

4.6.3 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN.

En la central se instalará un autómata con las suficientes entradas y salidas de datos para el control de la instalación diseñada. El sistema de control se gestionará vía WEB.

En cada subestación se instalará un módulo de control que se conectará al autómata de la central mediante un bus de datos de fibra óptica.

El sistema de control deberá ser capaz de controlar las dos calderas (combustión mediante sonda lambda, limpieza de intercambiadores, sistema de extracción de cenizas, elevación de temperatura de retorno, etc...), la temperatura de preparación del agua caliente en la central térmica y la acumulación de inercia, la modulación y cascada de calderas, la modulación de los sistemas de bombeo y la apertura y cierre de válvulas en la central térmica y en las diferentes subestaciones.

Toda la información proveniente de los diferentes elementos de campo de los que está compuesta la instalación será recogida y almacenada por el sistema de control mediante una red MOD-BUS o cable de fibra óptica.

En el plano "P14. Instalación hidráulica. Esquemas de principio" incluido en el documento "PLANOS" se indican las entradas y salidas analógicas y digitales necesarias para el funcionamiento adecuado del sistema de control.

4.6.4 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.

El circuito hidráulico se ha dimensionado para un salto térmico de 10°C en el primario de las calderas (90-80); de 20°C (90-70) entre la ida y el retorno de la red de distribución; y de 15°C (80-65) en los circuitos interiores de los edificios conectados.

La red de distribución de calor variará en función de la previsión de edificios que se vayan a conectar a la misma o que sean susceptibles de hacerlo en un futuro; a efectos de dimensionamiento se ha considerado que se conectarán los edificios relacionados en

el capítulo 2 “SITUACIÓN ACTUAL” y ubicados en el emplazamiento indicado en el plano P01 “Ubicación de la central térmica y la red de calor” incluido en el documento “PLANOS”.

4.6.4.1 SISTEMAS DE EXPANSIÓN

Se ha dimensionado un vaso de expansión cerrado con diafragma, con un volumen de 1.500l, para cada caldera; mientras que para la red de distribución se ha diseñado un sistema de expansión por transferencia de masa de 12.000l con el objeto de limitar el volumen útil de expansión.

Los sistemas de expansión han sido calculados de acuerdo a la norma UNE-100155 “Climatización. Diseño y Cálculo de sistemas de expansión”. En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se adjunta el cálculo del sistema de expansión y en el Anexo 2 “Especificaciones técnicas de los equipos seleccionados” se incluyen las fichas técnicas de los vasos seleccionados.

4.6.4.2 REDES DE TUBERÍAS.

Para el dimensionado de las tuberías de alimentación y vaciado se ha tenido en cuenta la norma UNE-100-155 y las IT del RITE 1.3.4.2.2 y 1.3.4.2.3. De acuerdo a estas normas, para la potencia térmica de la instalación, 6.960kW, el diámetro mínimo de la tubería de alimentación es DN32, y el de la tubería de vaciado DN40. No obstante, en ambos casos se utilizará una tubería de acero de 1½” (DN40) según UNE-EN-10255.

Para el dimensionado de las tuberías de circulación se ha utilizado una hoja de cálculo confeccionada con las expresiones descritas en este capítulo en la que se verifica el cumplimiento de los criterios siguientes:

- La velocidad v no superará nunca 1 m/s en locales habitados y los 2 m/s en tuberías enterradas o en galerías.
- La pérdida de carga unitaria j , en cada tramo no superará nunca 40 mmca, lo que se consigue aumentando el diámetro.

Para ello, en primer lugar se calcula el caudal necesario en cada tramo a partir de la potencia y del salto térmico de diseño de 20°C entre la ida y el retorno (de manera análoga al cálculo que se detalla en el apartado posterior 4.6.4.5 “SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO DE CALOR”); a continuación se eligen sucesivamente los diámetros de la tubería de cada tramo de manera que se cumplan los dos criterios anteriores.

Para el cálculo de la pérdida de carga se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$h = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

donde:

- h = pérdida de carga (m).
- f = coeficiente de fricción adimensional (función de la temperatura del agua y del material de la tubería a través del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de las paredes de la tubería).
- L = longitud de la tubería (m).
- v = Velocidad (m/s).
- D = Diámetro interno de la tubería (m).
- g = aceleración de la gravedad (m/s²).

Para determinar el factor de fricción f , se ha utilizado la ecuación de Prabhata K. Swamee y Akalank K. Jain (1976),

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

donde:

- f = coeficiente de fricción adimensional de la ecuación de Darcy-Weisbach;
- ε = rugosidad absoluta de la tubería (m);
- D = Diámetro interno de la tubería (m);
- Re = número de Reynolds (adimensional);

comprobándose que el error relativo es muy pequeño con respecto a las ecuaciones de Von Karman (inferior al 3%) y Haaland (<1%) y estando del lado de la seguridad; para aplicar estas ecuaciones se ha comprobado mediante el diagrama de Moody que se trabaja en zona de tuberías con comportamiento rugoso. Posteriormente se han validado estos resultados comparándolos con los que se obtienen utilizando el diagrama de pérdidas de carga en tramos rectos de tubería facilitados por el fabricante LOGSTOR.

En la hoja de cálculo, se utiliza por comodidad el diámetro interior en mm para la equivalencia con el diámetro nominal que la norma UNE-EN-10255 lo da en pulgadas; se calcula la pérdida de carga unitaria para verificar que sea inferior a 40mmca por metro y posteriormente la del tramo completo.

Para el cálculo de la pérdida de carga localizada en accesorios tales como curvas, tes, derivaciones etc, se empleará el método de la longitud equivalente, en el caso de válvulas de regulación, válvulas de zona, elementos terminales, etc, se emplearán los datos suministrados por los fabricantes.

En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se adjunta el cálculo hidráulico de la red de distribución, con las velocidades y pérdidas de carga en todos los tramos de la red de distribución a partir de los diámetros seleccionados para las tuberías.

Los espesores mínimos de los aislamientos térmicos de las tuberías de la instalación que circulan por el exterior de los edificios serán iguales o equivalentes a los definidos en el RITE. Para una conductividad térmica de referencia de $\lambda=0,04$ W/mK, serán los indicados en la tabla de espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios indicados en la Tabla 1.2.4.2.2 del RITE (Tabla 24).

Tabla 24. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios. RITE

DIAMETRO EXTERIOR (mm)	0<tª<10		40<tª<60		60<tª<100	
	interior	exterior	interior	exterior	interior	exterior
D < 35	20 mm	40 mm	25 mm	35 mm	25mm	35 mm
35 < D < 60	30 mm	50 mm	30 mm	40 mm	30 mm	40 mm
60 < D < 90	30 mm	50 mm	30 mm	40 mm	30 mm	40 mm
90 < D < 140	40 mm	60 mm	30 mm	40 mm	40mm	50 mm
140 < D	40 mm	60 mm	35 mm	45 mm	40mm	50 mm

El acabado de los aislamientos en las tuberías que discurren por la sala de calderas se realizará con chapa de aluminio, y el espesor mínimo será 10mm menos del indicado en la Tabla 24.

4.6.4.3 DISPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS EN ZANJA

A lo largo de todo el recorrido se colocará en la zanja una cinta señalizadora que indicará la ubicación de la tubería para que en futuras excavaciones pueda localizarse la misma.

Las dimensiones de la zanja vienen determinadas por el diámetro exterior de la tubería de cada tramo; indicándose en el plano P15 “Instalación hidráulica. Red de distribución”.

4.6.4.4 SISTEMAS DE BOMBEO

Se han seleccionado las bombas circuladoras de forma que su rendimiento sea máximo en las condiciones calculadas de funcionamiento. Para ello se ha utilizado el programa de cálculo de bombas del fabricante de bombas WILLO, software “Wilo select 3.1.13.”

En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se incluye el cálculo de las bombas circuladoras seleccionadas a partir de los datos del punto de funcionamiento y en el Anexo 2 “Especificaciones técnicas de los equipos seleccionados” se incluyen las fichas técnicas de las bombas seleccionadas.

4.6.4.5 SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO DE CALOR

Para el cálculo de las subestaciones de intercambio de calor se realiza un balance de energía para calcular el caudal necesario a partir de la potencia de cada edificio y del salto térmico considerado mediante la expresión:

$$Q = \frac{P}{\rho * c_p * \Delta T}$$

donde:

- Q el caudal en m³/s;
- P la potencia instalada en calderas del edificio en kW (ver en página 7 Tabla 1. Datos de consumo y potencia instalada de los edificios a conectar a la red);
- ρ la densidad media del agua en las temperaturas de intercambio en kg/m³;
- c_p la capacidad calorífica media a presión constante en las temperaturas de intercambio en kJ/kg.°C;
- ΔT el salto térmico en °C;
- Se han utilizado los datos de la densidad y la capacidad calorífica a distintas temperaturas de tablas obtenidas a partir de “Propiedades del agua. S.A. Klein y F.L. Alvarado “Engineering Equation solver Software (EES)”, versión 6.271.

Una vez calculados los caudales de los circuitos primario y secundario de cada subestación, mediante la fórmula de Darcy-Weisbach, se calcula la pérdida de carga para dimensionar las bombas necesarias a partir del software “Wilo select 3.1.13.”

En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se adjunta el cálculo hidráulico de las subestaciones de intercambio, con las velocidades y pérdidas de carga en el primario y en el secundario, a partir de los diámetros seleccionados para las tuberías; así como el cálculo de las bombas circuladoras seleccionadas.

4.7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica en baja tensión se diseña de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.

En este capítulo se determinan y justifican las condiciones técnicas y reglamentarias que debe reunir la instalación eléctrica, con el fin de:

- Preservar la seguridad de las personas y los bienes.
- Asegurar el normal funcionamiento de dicha instalación y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.
- Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de la instalación industrial objeto del TFM.

4.7.1 PREVISIÓN DE CARGAS

La ITC-BT-10 del REBT tiene por objeto establecer la previsión de cargas para los suministros de baja tensión de modo que se garantice la conexión y utilización segura de los receptores usados habitualmente y que futuros aumentos de la potencia demandada por los usuarios no tenga como consecuencia inmediata la necesidad de modificar la instalación. La previsión de cargas sirve también para dimensionar la capacidad de suministro de las líneas de distribución de las compañías eléctricas, así como la potencia a instalar en los centros de transformación.

De acuerdo con esta instrucción, la carga total correspondiente a un edificio destinado a una industria se calcula considerando un mínimo de 125W por metro cuadrado y planta, con un mínimo de 10.350W y coeficiente de simultaneidad 1; como la superficie total de la nave industrial es de 709,69m², la carga prevista total en base a la superficie es de 88,71kW.

No obstante, esta previsión de carga es el valor teórico mínimo a considerar; y puesto que la demanda real de potencia de la instalación es de 239,10kW, según los cálculos realizados y que se adjuntan en el Anexo 1, se utilizará este último valor por ser superior al mínimo teórico prescrito en la ITC-BT-10.

Por lo tanto, la previsión de carga considerada es la demanda real de 239,10kW.

4.7.2 ACOMETIDA

Al tratarse de una potencia elevada (239,1kW), y de gran consumo energético ya que se prevé que la instalación funcione con coeficiente de simultaneidad cercano a 1 en los meses de calefacción durante al menos 12 horas diarias, seguramente resulte como solución económica más rentable, solicitar a la empresa suministradora una acometida en alta tensión.

Para decidir si es más rentable el suministro en alta o en baja tensión, habría que considerar el consumo energético previsto, las diferencias entre las tarifas de alta y baja tensión, y evaluar varios aspectos recogidos en el Real Decreto 1.955/2.000, de 1 de diciembre de 2.000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución,

comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, como son:

- Cuando se trate de suministros en baja tensión de más de 100kW, el titular de la instalación deberá reservar un local, para su posterior uso por la empresa distribuidora, cerrado y adaptado, con fácil acceso desde la vía pública, para la ubicación de un centro de transformación.
- Cuando se trate de suministros en alta tensión la instalación de extensión cubrirá una potencia máxima solicitada de 250 kW; por lo que los costes de la instalación de extensión serían a cargo de la empresa distribuidora.

También habría que tener en cuenta la cercanía de la red de distribución de alta tensión de la empresa suministradora, porque podría interesar costear los derechos de extensión, que en el caso de que la red discurra por la vía pública límite con la parcela donde se ubique la central térmica serían despreciables, y disponer a cambio de más de 250kW de potencia para futuras ampliaciones de potencia.

En cualquier caso, la decisión dependerá de la ubicación de la nave industrial, pero lo habitual es que la opción más rentable sea la de suministro en alta tensión, por lo que en adelante se considera esta opción a efectos de descripción de la instalación de la acometida.

El dimensionamiento y diseño del centro de transformación que se realizaría de acuerdo con el “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” aprobado por Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23, así como con las normas particulares de la empresas suministradora, no entra dentro del alcance del TFM, por considerarse por una parte, una instalación ajena al funcionamiento interno de la central térmica, y por otra parte, una instalación totalmente convencional, que no aporta ninguna solución original o inédita. No obstante, a efectos de cálculos de poderes de cortocircuito, se considera que el suministro se realiza desde un centro de transformación ubicado aproximadamente a 100 metros del Cuadro General de Distribución de baja tensión.

Así pues, la instalación industrial contará con una acometida en alta tensión de la empresa suministradora para dar suministro a un centro de transformación de abonado. La medida se realizará en alta tensión.

Para ello, deberá realizarse una instalación consistente en la construcción de un centro de seccionamiento de compañía preparado para la tensión 13,2/20kV, en un prefabricado de hormigón de superficie ubicado en el límite entre la vía pública y la parcela de propiedad privada donde se edificará la nave industrial que albergará a la central térmica objeto del TFM, con el fin de dar suministro al centro de transformación de abonado que se construirá en la misma envolvente, pero separada físicamente de la instalación de compañía; y la conexión del centro de seccionamiento a la red de distribución de la empresa distribuidora mediante una derivación subterránea de alta tensión a 13,2kV, con previsión futura a 20kV (la tensión puede variar dependiendo de la zona geográfica y de la empresa distribuidora), a entroncar en el punto de conexión que facilite la empresa distribuidora con su red subterránea de alta tensión, que enlazará el nuevo centro de seccionamiento previsto, de forma que quede intercalado en el bucle de la red de Alta Tensión de la compañía; la entrada y salida al bucle se realizará mediante sendos entronques subterráneos en dicha red en el punto de conexión.

La acometida en alta tensión incluye por tanto las siguientes fases:

- Instalación de un centro de seccionamiento en un prefabricado de hormigón de superficie (que contendrá también al centro de transformación de abonado).

- Instalación de una línea subterránea de alta tensión a la tensión nominal de 13,2 kV, (con previsión futura a 20kV), entre fases y a la frecuencia de 50 Hz, y empalme de con la red subterránea de alta tensión de la empresa distribuidora en el punto de conexión que ésta facilite, dejándola alimentada a la tensión nominal de 13,2kV entre fases y a la frecuencia de 50 Hz.
- Instalación de un centro de transformación en un prefabricado de hormigón de superficie (que contendrá también al centro de seccionamiento de compañía), en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos desde la aparamenta de alta tensión hasta el cuadro de baja tensión, incluyendo un transformador de potencia de 400kVA, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.
- Conexión de la instalación particular con el centro de seccionamiento de la empresa suministradora, dejándola alimentada a la tensión nominal de 13,2/20kV entre fases y a la frecuencia de 50 Hz.

4.7.3 ESQUEMA

De acuerdo con la Instrucción ITC-BT-12 del REBT, la instalación de enlace entre la red de distribución y la instalación interior se ajustará al esquema de “colocación de contadores para un solo usuario”, simplificándose en este caso, la instalación de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida y no existir, por tanto, la Línea General de Alimentación.

Por otra parte, según la Instrucción ITC-BT-13, al disponer el edificio de un centro de transformación para distribución en baja tensión, los fusibles del cuadro de baja tensión de dicho centro se utilizarán como protección de la línea de alimentación, desempeñando la función de caja general de protección.

No obstante, como se ha considerado que el suministro se realizará en alta tensión, el esquema será igualmente el de “colocación de contadores para un solo usuario”, realizándose la medida en alta tensión. Sin embargo, en este caso, no existirán ni Caja General de Protección, ni Línea General de Alimentación, ni Derivación Individual, sustituyéndose por una línea que partirá del cuadro de baja tensión del centro de transformación y dará suministro al Cuadro General de la central térmica.

Esta línea discurrirá enterrada en zanja en el interior de un tubo hasta la entrada al edificio, por donde discurrirá en el interior de un tubo en montaje superficial hasta el Cuadro General. Tendrá las características que se indican en la Tabla 25.

Tabla 25. Características de la línea de alimentación de baja tensión

Clase de corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50Hz
Tensión nominal	230/400V
Tensión máxima entre fase y tierra	250V
Tensión más elevada para el material	24kV
Sistema de puesta a tierra	neutro unido directamente a tierra
Aislamiento de los conductores	0,6/1 kV
Intensidad máxima de cortocircuito trifásico	50 kA
Factor de potencia	0,9
Cables empleados	RZ1-K (AS) 4x(1x240) Cu

La línea está constituida por conductores aislados en canalización enterrada. Los conductores son unipolares de cobre de 240mm² de sección, con aislamiento tipo RZ1-K(AS), no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, según norma UNE 21.123 parte 4.

Se protegerá mediante los correspondientes fusibles de seguridad instalados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación.

4.7.4 CUADROS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

Se instalará un Cuadro General de Distribución que se ubicará en la planta cota +00 del edificio.

Desde este cuadro se dará suministro a los siguientes cuadros secundarios de distribución:

- Cuadro caldera 1
- Cuadro caldera 2
- Cuadro Suelo móvil
- Cuadro Bombas de distribución
- Cuadro "Alimentación silo"

Los cuadros de las calderas y del suelo móvil se instalarán junto al cuadro general; el cuadro de alimentación del silo se instalará en el exterior; y el de las bombas de distribución en la cota -2.40.

En el cuadro general de distribución se dispondrá un borne para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.

Las conexiones entre todos los elementos del cuadro se efectuarán con conductores tipo RZ1-K (AS), con una sección mínima de 6mm²; serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, según norma UNE 21.123, parte 4; las conexiones entre conductores se harán por medio de regletas, y cuando sea necesario, mediante terminales de compresión.

Los cuadros albergarán las protecciones de los circuitos eléctricos; se identificarán todos los circuitos, de alumbrado y de fuerza de forma legible.

La tornillería, y los demás elementos auxiliares de conexión e instalación serán inoxidable.

Estarán dotados de cerradura, sus envolventes se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3 y responderán a las condiciones de resistencia y estanqueidad correspondientes a su ubicación, concretamente, todos los cuadros tendrán un código IK10 según UNE-EN 50.102, que es el grado máximo de protección proporcionado por la envolvente contra los impactos mecánicos; y un IP6X según UNE 20.324, que proporciona el máximo grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, excepto el cuadro "Alimentación silo" que al estar a la intemperie tendrá al menos un IP 65 según UNE 20.324, para la protección de los equipos interiores de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de chorros de agua.

En los planos P17 "Instalación eléctrica en baja tensión. Planta nivel -2.40" y P18 "Instalación eléctrica en baja tensión. Planta nivel +0,00" incluidos en el Documento "PLANOS" se indica la ubicación de los cuadros.

4.7.4.1 EQUIPAMIENTO GENERAL

Los cuadros de distribución estarán compuestos por los dispositivos de protección, control y mando indicados en el correspondiente esquema unifilar; dispondrán de un espacio de reserva de al menos un 25% para posibles ampliaciones.

4.7.4.2 BATERÍA DE CONDENSADORES

Dada la gran cantidad de electrónica (variadores de frecuencia, motores asíncronos, controladores,...) que estarán presentes en la instalación, en lugar de instalar una batería de condensadores estándar para corregir el factor de potencia, es conveniente realizar un análisis de las cargas con la instalación ya en funcionamiento para determinar las corrientes armónicas que se den en la misma, e instalar una batería de condensadores con filtro de armónicos que además de compensar la energía reactiva de la instalación realizará un filtrado de armónicos para evitar sobretensiones armónicas.

Como esto solo se puede calcular con la instalación en marcha, en este apartado se ha estimado la potencia de la batería de condensadores a instalar, siendo aconsejable realizar como ya se ha comentado, el análisis con la instalación en funcionamiento.

Para la estimación de la potencia de la batería se ha empleado un método de cálculo simplificado, que utiliza un coeficiente obtenido de la tabla de elección del Manual de compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos de Schneider Electric, a partir de los factores de potencia inicial y objetivo, que multiplica a la potencia activa de la instalación.

Tabla 26. Elección de la batería de condensadores

cos Φ inicial: 0.87	0,87	
cos Φ objetivo	1	
coeficiente tabulado	0,567	
potencia activa de la instalación	239,1	kW
batería	136	kVAr

A partir de la potencia estimada se elige, a falta del estudio en carga, la batería automática de condensadores con inductancia antiarmónicos VarSet 137,5kvar 190Hz 400V 50Hz.

4.7.4.3 DISPOSITIVOS PRIVADOS DE MANDO Y PROTECCIÓN

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección se colocarán en el interior de los respectivos cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores. En la Figura 18 se representa la configuración del Cuadro General de Distribución.

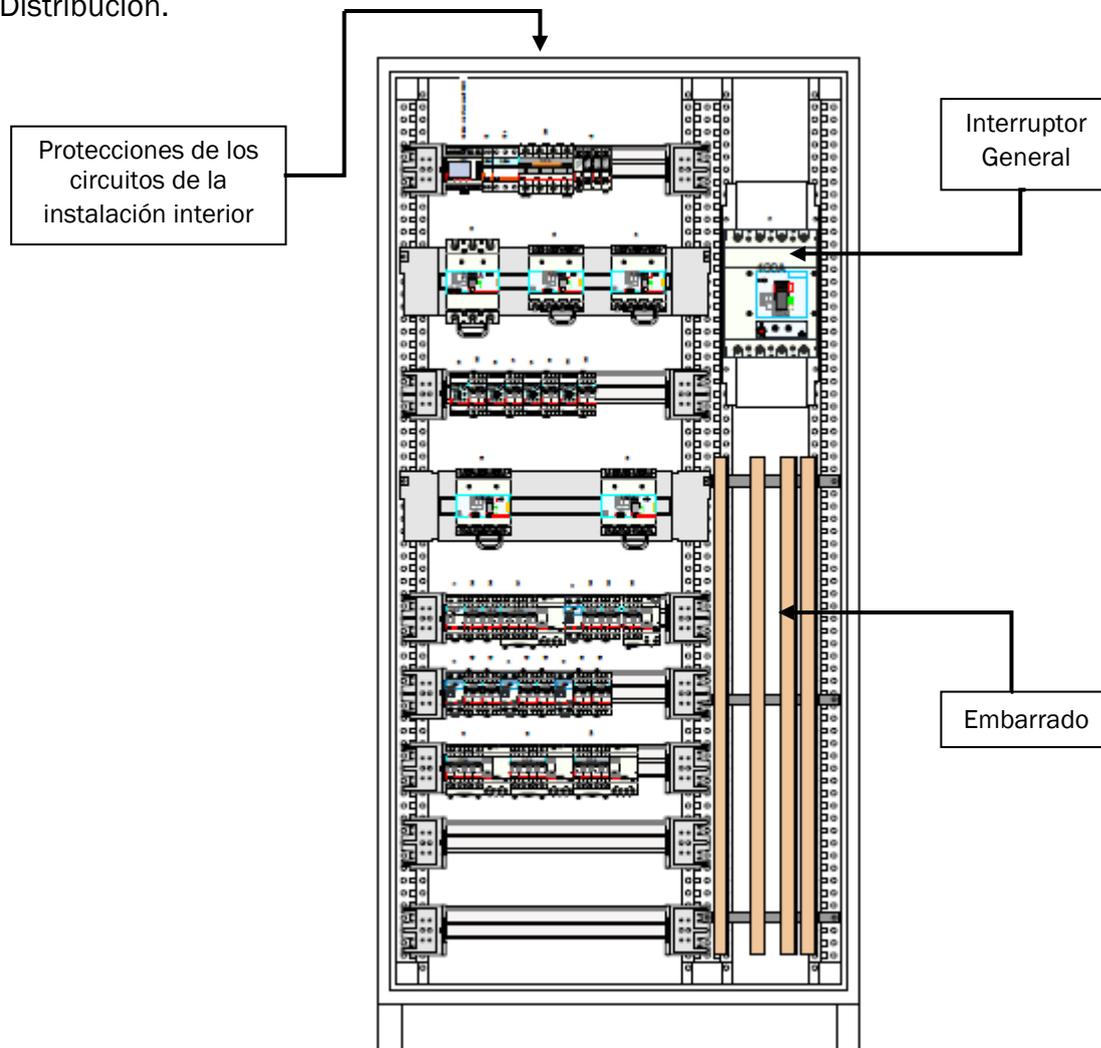


Figura 18. Dispositivos de mando y protección del Cuadro General de Distribución

La protección contra contactos indirectos se realizará mediante la puesta a tierra de las masas y empleo de interruptores diferenciales de alta sensibilidad.

La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realizará mediante el uso de interruptores automáticos magnetotérmicos.

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá capacidad de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en cualquier punto de su instalación.

Los interruptores automáticos magnetotérmicos serán de corte omnipolar, tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen, sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles en los conductores del circuito que protegen, y deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación.

Los interruptores automáticos magnetotérmicos, cumplirán con las Normas EN-60898 y EN-60947-2; los interruptores diferenciales con las Normas EN-61008 y EN-60947-2. El

resto del material no especificado cumplirá con las Normas UNE o Internacionales que estén en vigor.

Los interruptores magnetotérmicos de los circuitos cuyos consumidores principales sean motores responderán a una curva de disparo tipo D. Los interruptores magnetotérmicos que está a la cabeza de los cuadros de distribución responderán a una curva de disparo de tipo C.

La sensibilidad de los interruptores diferenciales será de 30mA, en el caso de que sea necesaria la instalación de interruptores diferenciales en serie, existirá selectividad entre ellos.

En los esquemas unifilares representados en los planos P19 a P24 incluidos en el Documento "PLANOS" se indican los calibres de los interruptores diferenciales y magnetotérmicos.

4.7.5 INSTALACIÓN INTERIOR

La instalación interior cumplirá las prescripciones establecidas en el REBT y en particular en las Instrucciones ITC-BT 19 a 24, 29, 43, 44 y 47.

Todos los circuitos interiores partirán de los cuadros general y secundarios de distribución, desde donde se protegerán con interruptores automáticos magnetotérmicos de los calibres adecuados a la sección del conductor y con interruptores diferenciales.

La alimentación de los circuitos se realizará en distribución monofásica (fase + neutro) con conductor de protección, o en distribución trifásica (3 fases + neutro) con conductor de protección.

Los conductores instalados serán de cobre para una tensión nominal de aislamiento de 750 V, tipo ES07Z1-K (AS) s/UNE 211002 y 0,6/1kV tipo RZ1-K (AS) según UNE 21.123 parte 4.

Se instalarán en canalización en bandeja de acero de tipo rejilla en montaje suspendido, o bajo tubo de PVC o de acero, rígido blindado en montaje superficial.

En la oficina y aseo se instalarán bajo tubo corrugado de PVC en montaje empotrado en las paredes, o en montaje superficial sobre falsos techos; y bajo tubo corrugado reforzado bajo el pavimento.

Los tubos serán del diámetro adecuado según ITC-BT 19, y su colocación se realizará según lo dispuesto al respecto en las Instrucciones Complementarias ITC-BT 20 y 21.

Las secciones de los conductores serán las indicadas en las tablas "Cálculo de los circuitos eléctricos de la instalación" que se incluyen en el Anexo 1 "Cálculos detallados de las instalaciones"; estas tablas se han calculado atendiendo a la prescripción del REBT, que permite una máxima caída de tensión entre el inicio de la instalación y cualquier punto de utilización del 3% en las líneas de alumbrado y del 5% en las de otros usos. Esta caída de tensión se calcula considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. Asimismo las secciones de los conductores se calculan de forma que permitan soportar la máxima intensidad demandada por los receptores que alimenta.

La instalación interior se divide en los circuitos que se relacionan en la Tabla 27 que recoge los circuitos de cada uno de los cuadros de distribución.

Tabla 27. Circuitos de la instalación interior por cuadro de distribución

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN DE LA SALA DE CALDERAS	
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
F1	Alimentación Cuadro de Control
F2 Cuadro caldera 1	Alimentación Cuadro Caldera 1
F3 Cuadro caldera 2	Alimentación Cuadro Caldera 2
F4 Cuadro Suelo móvil	Alimentación Cuadro Suelo móvil
F5 Cuadro Bombas de distribución	Alimentación Cuadro Bombas de distribución
F6 Cuadro "Alimentación silo"	Alimentación Cuadro de alimentación del silo
F7	Alimentación Sistemas de expansión
F8	Alimentación contadores térmicos
F9	Alimentación compresor filtros de mangas
F10	Puesto de trabajo OFICINA
F11	Alimentación tomas de corriente entreplanta
F12	Alimentación cuadros auxiliares NAVE
A1	Alumbrado Entreplanta
A2	Alumbrado sala hidráulica
A3	1/4 Alumbrado sala de calderas
A4	2/4 Alumbrado sala de calderas
A5	3/4 Alumbrado sala de calderas
A6	4/4 Alumbrado sala de calderas
A7	Alumbrado exterior
1-BATERÍA	Alimentación de Batería de condensadores
CUADRO CALDERA 1	
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
2F1	Ventilador de aire primario caldera 1
2F2	Ventilador de aire secundario y terciario caldera 1
2F3	Sistema de alimentación a caldera 1: motor reductor
2F4	Sistema de alimentación a caldera 1: válvula rotativa
2F5	Multiciclón 1: válvula rotativa
2F6	Filtro de mangas 1: motor reductor del sinfín de alimentación
2F7	Filtro de mangas 1: válvula rotativa
2F8	Ventilador de tiro forzado de la caldera 1
2F9	Bomba de primario caldera 1
CUADRO CALDERA 2	
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
3F1	Ventilador de aire primario caldera 2
3F2	Ventilador de aire secundario y terciario caldera 2
3F3	Sistema de alimentación a caldera 2: motor reductor
3F4	Sistema de alimentación a caldera 2: válvula rotativa
3F5	Multiciclón 2: válvula rotativa
3F6	Filtro de mangas 2: motor reductor del sinfín de alimentación
3F7	Filtro de mangas 2: válvula rotativa
3F8	Ventilador de tiro forzado de la caldera 2
3F9	Bomba de primario caldera 2

CUADRO SUELO MÓVIL	
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
4F1	Suelo móvil: motor bomba hidráulica 1
4F2	Suelo móvil: motor bomba hidráulica 2
4F3	Motor sinfín suelo móvil 1
4F4	Motor sinfín suelo móvil 2
4F5	Alimentación silo dosificador: sinfín 1
4F6	Alimentación silo dosificador: sinfín 2
4F7	Sinfín de alimentación caldera 1
4F8	Sinfín de alimentación caldera 2

CUADRO SUELO MÓVIL	
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
5F1	Bomba de distribución bd1 wilo-nl 80/200-30-2-12-50hz
5F2	Bomba de distribución bd2 wilo-nl 80/200-30-2-12-50hz

CUADRO ALIMENTACIÓN SILO	
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
6F1	Ventilador centrífugo mia-450/t
6F2	Válvula rotativa
6F3	Válvulas de distribución
6F4	Tornillo sinfín
6F5	Bomba de achique 1
6F6	Bomba de achique 2
6F7	Alimentación toma de corriente
6A1	Alumbrado

En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se adjunta el “Cálculo de los circuitos eléctricos de la instalación”; asimismo, en los planos P17 “Instalación eléctrica en baja tensión. Planta nivel -2,40” y P18 “Instalación eléctrica en baja tensión. Planta nivel +0,00” incluidos en el Documento “PLANOS” se representa la distribución en planta de la instalación eléctrica.

4.7.5.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN SALA DE PISTONES

La sala de pistones, donde están ubicadas las bombas hidráulicas del suelo móvil, está comunicada con el silo de almacenamiento de astilla, a través de unas aberturas inferiores, por las que pasa la astilla al tornillo sinfín de alimentación a las calderas.

Esto puede dar lugar a la formación de capas de polvo que se puedan acumular sobre la superficie de aparatos o maquinaria, lo que no supone un riesgo de explosión, pero si podría aumentar el riesgo de incendio, si origina un calentamiento del aparato, donde esté depositada la capa de polvo, por encima del punto de inflamación del polvo.

El riesgo de explosión aparece cuando debido a una perturbación del aire, el polvo depositado se diluye en el ambiente formando una atmósfera explosiva.

Al no estar ventilada la sala, no se producirán nubes de polvo, únicamente, al comienzo de la descarga de astilla en el silo, si éste estuviese totalmente vacío, podría pasar una nube de polvo desde el silo a la sala, aunque lo normal es que permanezca en el silo, ya que las aberturas de comunicación son inferiores.

No obstante, como medida de seguridad, los motores de las bombas hidráulicas se instalarán fuera de la sala de pistones; los únicos receptores eléctricos serán las

luminarias de alumbrado normal con marcado EEX II 2D Ex d IIC T4, y de emergencia con marcado EEX II 2D Ex d IIC T6 IP 67.

CLASIFICACIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS

La clasificación y extensión de los emplazamientos se realiza según los procedimientos indicados en el REBT, y en la norma UNE-EN 61241-10. Se definirá teniendo en cuenta lo siguiente:

- La clase de emplazamiento;
- La fuente y el grado de escape de la fuente;
- El grado de ventilación

Al tratarse de una posible presencia de polvo procedente de astillas, la sala se considera como emplazamiento de clase II, por ser un lugar en el que hay o puede haber polvo inflamable.

Y al ser un emplazamiento en el que en condiciones normales de funcionamiento, no cabe contar con la formación de una atmósfera explosiva, en forma de nube de polvo inflamable en el aire, o en la que, en caso de formarse dicha atmósfera explosiva, solo subsiste por breve espacio de tiempo, se clasifica como zona 22.

A continuación, se realiza la clasificación y se determina la extensión de las zonas clasificadas:

- Zona de descarga de astilla desde el silo: se clasifica como clase II, zona 21; y el espacio ubicado 1 metro a su alrededor como zona 22.
- El resto de la sala se clasifica como emplazamiento no peligroso; no obstante, como medida de seguridad adicional, se utilizarán equipos para clase II, zona 21.

CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Los equipos y sistemas de protección para atmósferas explosivas, se clasifican según diferentes criterios:

- Por el estado de la sustancia combustible: en este caso, al tratarse de combustibles en forma de polvo, deberán ser de Clase II.
- Por el ambiente industrial en que está prevista su instalación: al tratarse de una sala de pistones, deberán ser de Grupo II.
- Por la sensibilidad de la sustancia a la iniciación de la explosión por arco eléctrico o por llama: al tratarse de polvo no conductor, deberán ser de Subgrupo IID en zona 21 y 3D en zona 22 (en zona 21 no habrá ningún equipo).
- Por la sensibilidad de la sustancia a la iniciación de la explosión por contacto con una superficie caliente: puesto que la temperatura de ignición del polvo no conductor proveniente de astillas es de 440°C, deberán ser de Clase Térmica T2 (<300°C).
- Por la probabilidad de que los equipos aporten una fuente de energía que desencadene la explosión: puesto que en el establecimiento coexisten emplazamientos con distinta clasificación en cuanto al tiempo de presencia de una atmósfera explosiva, deberán ser de Categoría 2 y 3, según la clase del emplazamiento.

CANALIZACIONES

Canalizaciones: Serán de montaje superficial. Los tubos empleados serán de acero al carbono sin soldadura, galvanizado interior y exteriormente, capaz de resistir una presión interna de 3 Mpa, durante 1 minuto, con el grado de resistencia indicado en la tabla 5 de la ITC-BT 29.

Irán provistos de cortafuegos sellados con cemento cenor 1 o similar y sus extremos también serán sellados con dicho cemento. Se utilizarán para acceder o atravesar las zonas clasificadas, partiendo siempre desde cajas de registro. Se instalará un solo circuito por tubo.

Las entradas de los cables y de los tubos a los aparatos eléctricos se realizarán de acuerdo con el modo de protección previsto.

En el punto de transición de una canalización eléctrica de una zona a otra, o de un emplazamiento peligroso a otro no peligroso, se sellarán los tubos.

Conductores: Los conductores empleados serán cables de tensión asignada 1.000V, asilados con mezclas termoplásticas o termoestables, instalados bajo tubo metálico rígido o flexible.

La intensidad admisible en los conductores se disminuirá en un 15%, respecto al valor correspondiente a una instalación convencional.

Material eléctrico: los materiales deberán ser del grupo II; categorías 1, 2 o 3 para las zonas de emplazamiento 20, 21 o 22, respectivamente; de clase D; subgrupo IID; y clase térmica T2. Todos los equipos ATEX deberán estar marcados según la Directiva Europea 94/9/CE, y se deberá aportar la Declaración de Conformidad, y el manual de usuario en versión original y en el idioma de usuario.

4.7.5.2 INSTALACIÓN EN ASEOS

En la planta a nivel de calle hay un aseo que no contiene baño o ducha, por tanto no existirán volúmenes 0, 1 y 2.

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes de agua fría, caliente, calefacción etc., las masas de los aparatos sanitarios metálicos y cualquier otro elemento metálico existente en el baño.

El conductor que asegure esta conexión estará soldado o sujeto por medio de collares de metal no férreo a partes sin pintar de las masas a unir. Su sección será de 4mm² y conectará con la tierra del Cuadro de Protección, bien con línea independiente o bien a través del conductor de protección de la toma de corriente del Cuarto de Baño.

4.7.5.3 INSTALACIÓN DE MOTORES

En este apartado se determinan los requisitos para la instalación de los motores de accionamiento de las bombas de la sala de calderas.

CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente.

Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas. Por lo tanto, en el silo de almacenamiento no se podrán instalar motores, por esta razón, se diseña la cámara hidráulica, donde se podrán ubicar los motores de los cilindros hidráulicos del suelo móvil, aunque se ha previsto su colocación fuera de la cámara.

CONDUCTORES DE CONEXIÓN

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor se dimensionarán para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del mismo.

PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. Se utilizarán disyuntores magnetotérmicos guardamotores de calibres adecuados a la potencia nominal del motor.

PROTECCIÓN CONTRA LA FALTA DE TENSIÓN

Cada motor estará protegido de manera individual contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20460-4-45.

Dicho dispositivo puede formar parte del de protección contra las sobrecargas, de ahí que se utilicen guardamotores.

SOBREINTENSIDAD DE ARRANQUE

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

Los motores de las bombas disponen de variadores de frecuencia.

4.7.5.4 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

Al tratarse de un edificio industrial no es de aplicación la Exigencia Básica HE3 “Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación” del Documento Básico HE del CTE, si bien se han elegido luminarias eficientes con equipos electrónicos de alta frecuencia para obtener un ahorro de energía en la instalación de iluminación.

Se ha seguido la norma UNE-EN 12464-1 “Iluminación de los lugares de trabajo en interiores”, el RD 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo y el RITE “Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios” para establecer los valores mínimos de iluminación, que se recogen en la Tabla 28.

Tabla 28. Niveles mínimos de iluminancia

Tipo de interior, tarea y actividad	E_m	UGR_L	R_a
Áreas de circulación:	100	28	40
Escaleras	150	25	40
Oficinas	500	19	80
Aseos	200	25	80
Sala de calderas (RITE)	200		

Se emplean luminarias fluorescentes construidas de acuerdo a la norma UNE-EN 60598, en montaje suspendido mediante cadenas de las vigas, o mediante perfilera amarrada a las canalizaciones suspendidas del forjado de la nave.

Las luminarias son de clase I por lo que las partes metálicas accesibles deberán conectarse a la toma de puesta a tierra a través del conductor de protección del circuito.

Para calcular las líneas de alumbrado se ha considerado una carga mínima en voltiamperios de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas fluorescentes.

CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se adjunta el “Cálculo de la iluminación”, en el que se recogen los valores de iluminancia media y los Valores de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) en cada dependencia.

Se han realizado con el programa de cálculo de iluminación DIALux v4.12 en el que se ha modelado en 3D la sala de calderas (*Figura 19*) para tener en cuenta las sombras producidas por el sistema de generación de calor, los conductos, chimeneas y tuberías.



Figura 19. Modelo en 3D de la sala de calderas utilizado en DIALux

4.7.5.5 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

La instalación destinada a alumbrado de emergencia tiene por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación de los locales y accesos hasta las salidas o iluminar otros puntos que se señalen.

La necesidad de alumbrado de emergencia viene prescrita en diferentes reglamentaciones, siendo las de aplicación para la nave industrial destinada a central térmica las siguientes:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.
- Documentos Básicos DB-SI y DB-SUA4 del Código Técnico de la Edificación.
- Normativa laboral sobre
 - Prevención de Riesgos Laborales.
 - Seguridad y Salud en los Centros de Trabajo.
 - Señalización de seguridad y salud en el trabajo.

En estas reglamentaciones se prescriben los niveles y zonas que debe disponer de alumbrado de emergencia, siendo la ITC-BT 28 del REBT la instrucción donde se definen las diferentes clases de alumbrado de emergencia y sus requisitos.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve (alimentación automática disponible en 0,5 segundos como máximo).

Se incluyen dentro de este alumbrado el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento. El alumbrado de seguridad comprende a su vez, el alumbrado de evacuación, el alumbrado anti-pánico y el alumbrado de zonas de alto riesgo.

ALUMBRADO DE SEGURIDAD

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

Estará provisto de fuente propia de energía y deberá entrar en funcionamiento automáticamente al producirse un fallo de alimentación a la instalación de alumbrado normal, entendiéndose por fallo el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal.

Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

- En rutas de evacuación, deberá proporcionar a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 lux.
- En los puntos donde estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado la iluminancia mínima será de 5 lx.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

Deberá poder funcionar durante 1 hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo de la alimentación normal.

Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

Deberá proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1m.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

Deberá poder funcionar durante 1 hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo de la alimentación normal.

Alumbrado de zonas de alto riesgo

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajen en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

Deberá proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux, o el 10% de la iluminación normal, tomando siempre el mayor de los valores.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.

En esta instalación, no es necesario diseñar un alumbrado de zonas de alto riesgo al no existir ninguna actividad potencialmente peligrosa.

ALUMBRADO DE REEMPLAZAMIENTO

Es la parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales.

En esta instalación, no es necesario diseñar un alumbrado de reemplazamiento, ya que en caso de fallo del suministro eléctrico, no es necesaria la continuidad de la actividad.

ZONAS DONDE DEBERÁ INSTALARSE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

A pesar de no tratarse de un local de pública concurrencia, si que es prescriptiva la instalación de alumbrado de seguridad, en concreto de alumbrado de evacuación por exigencias del CTE y de las reglamentaciones laborales, por lo que se dotará a la nave de alumbrado de evacuación en las zonas siguientes:

- Recorridos generales de evacuación.
- En los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- En salidas de emergencia y en señales de seguridad reglamentarias.
- En todo cambio de dirección e intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
- A menos de 2 metros de cada cambio de nivel, de cada puesto de primeros auxilios, y de cada equipo manual destinado a prevención y extinción de incendios.
- En los cuadros de distribución de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente.
- En las escaleras de incendios; así como toda zona clasificada como de riesgo especial en el CTE.

APARATOS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Se instalarán equipos autónomos de tipo “no permanente”.

Estos equipos deberán cumplir lo establecido en la Norma UNE 20392 sobre Aparatos Autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de fluorescencia, así como lo establecido en la norma UNE EN 60598-2-22.

Las luminarias de emergencia incorporan microprocesador para funcionamiento en modo Autotest.

INSTALACIÓN

Los conductores instalados serán de cobre para una tensión nominal de aislamiento de 750 V, tipo ES07Z1-K (AS) s/UNE 211002 y 0,6/1kV tipo RZ1-K (AS) según UNE 21123 parte 4, según la instalación.

Se instalarán en canalización en bandeja de acero de tipo rejilla en montaje suspendido, o bajo tubo de PVC o de acero, rígido blindado en montaje superficial.

En la oficina y aseo se instalarán bajo tubo coarrugado de PVC en montaje empotrado en las paredes, o en montaje superficial sobre falsos techos.

Los tubos serán del diámetro adecuado según ITC-BT 19, y su colocación se realizará según lo dispuesto al respecto en las Instrucciones Complementarias ITC-BT 20 y 21.

Los elementos de conducción de cables tendrán características equivalentes a los clasificados como “no propagadores de la llama”, de acuerdo con las normas UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1; serán del diámetro adecuado según ITC-BT 21, y su colocación se realizará según lo dispuesto al respecto en las Instrucciones Complementarias ITC-BT 20 y 21.

Se instalarán en el mismo circuito de alumbrado al cual estén asociados.

CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

En el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” se adjunta el “Cálculo del alumbrado de emergencia”.

Los cálculos se han realizado con el programa de iluminación de emergencia DAISA v6.0 de DAISALUX, apoyándose también en el diseño 3D realizado con el programa DIALux v4.12 para estudiar las sombras producidas por los elementos de altura.

4.7.6 RED DE TIERRA

La instalación eléctrica tendrá el punto neutro unido directamente a tierra, por lo que como sistema de protección contra contactos indirectos se utilizará la puesta a tierra de las masas y empleo de interruptores diferenciales.

Se utilizará la puesta a tierra de las masas metálicas con el objeto de limitar las tensiones que con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dichas masas, y conseguir que en el conjunto de la instalación, no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

El valor de la resistencia de tierra, será tal, que en cualquier circunstancia previsible, cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V en emplazamientos conductores y 50 V en los demás casos de acuerdo con la ITC-BT-24.

La protección diferencial de los circuitos se realizará con interruptores de alta sensibilidad de 30 mA, luego la resistencia a tierra máxima de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas, considerando una tensión máxima de seguridad de 24 V, será de:

$$R = \frac{24 \text{ V}}{0.03 \text{ A}} = 800 \ \Omega$$

No obstante, como medida de seguridad se exigirá una resistencia máxima entorno a 15Ω.

El sistema de tierra constará de las siguientes partes:

- **Toma de tierra:** compuesta por electrodos horizontales y verticales, línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra (conductor de tierra), y borne de puesta a tierra.
- **Instalación de tierra:** compuesta por la línea principal de tierra y los conductores de protección.

A la toma de tierra así establecida, se conectará todo el sistema de tuberías metálicas accesible, destinadas a conducción de agua, desagües y toda masa metálica importante existente en la zona de la instalación y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan.

La instalación de los puntos de toma de tierra, la línea principales de tierra y derivaciones se establecerán de acuerdo con las ITC-BT-18 y 24.

Toma de tierra: Al tratarse de un edificio de nueva construcción, se establecerá una toma de tierra de protección instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de la zona de construcción, un cable rígido de cobre desnudo de 35mm² de sección construido según la clase 2 de la norma UNE 21022, a una profundidad mínima de 50 cm por debajo de la rasante del terreno formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio; las zanjas se rellenarán con material susceptible de retener la humedad; al anillo se conectarán electrodos (picas) verticalmente hincados en el terreno para disminuir la resistencia de tierra que presenta el anillo; el número de picas será el necesario para que la resistencia de paso a tierra sea inferior a 15Ω.

A este conductor en anillo se conectará en la medida de lo posible, la estructura metálica del edificio, o un cierto número de los hierros considerados como principales y como mínimo uno por zapata si la cimentación se hace con zapatas de hormigón armado.

Las conexiones se establecerán de manera fiable y segura, mediante grapas de conexión, soldadura aluminotérmica o autógena.

Línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra: La línea de enlace con tierra estará formada por un conductor que unirá el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra, será de cobre desnudo de 35 mm² de sección.

Borne de puesta a tierra: estará constituido por un sistema de apriete que permita su conexión y desconexión para poder aislar el circuito de puesta a tierra del edificio, de la toma de tierra, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra. En un extremo se le soldará la línea de enlace con tierra y, en el otro, la línea principal de tierra.

Estará hecho de cobre, recubierto de cadmio, y sus dimensiones serán de 33cm de largo, 2,5 cm de ancho y 0,4 cm de espesor.

Se alojará en el interior de una arqueta, la cual estará formada por:

- Muro aparejado de 12 cm de espesor y ladrillo macizo de 100 kg/cm².
- Tapa de hormigón con resistencia de 175 kg/cm².
- Tubo de fibrocemento de 60 mm de diámetro.
- Solera de hormigón con resistencia de 100 kg/cm².

Se colocará en el punto de ubicación del cuadro de baja tensión.

Línea principal de tierra: La línea principal de tierra estará formada por un conductor que partirá del punto de puesta a tierra hasta un borne en el Cuadro General de Distribución, será de cobre aislado y en ningún caso de menos de 16 mm² de sección.

Las conexiones en los conductores de tierra se realizarán mediante dispositivos, con tornillos de apriete u otros similares, que garanticen una perfecta y continua unión entre ellos.

Conductores de protección: Se utilizará conductores de protección para unir eléctricamente las masas de la instalación a la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización y su sección estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-18. Dichas secciones se indican en las tablas de cálculos y en el esquema unifilar.

La identificación de los conductores de protección se realizará por el color amarillo-verde del aislamiento.

4.7.6.1 RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece.

Se utilizará como electrodo de toma de tierra un conductor de cobre desnudo enterrado horizontalmente en la zanja de la cimentación, cuya resistencia de tierra medida en ohmios, de acuerdo con la tabla 5 de la ITC-BT-18 es:

$$R = \frac{2r}{L}$$

donde:

r= Resistividad del terreno en ohmios por metro.

L = Longitud del conductor, en metros.

Como normalmente no se conoce a priori la resistividad del terreno en el que se va a construir la nave industrial, se ha diseñado la toma de tierra considerando un conductor desnudo enterrado en los cimientos, en forma de bucle alrededor del perímetro del edificio, así como algunas uniones entre zapatas opuestas para garantizar la unión del electrodo; una vez obtenida la longitud del electrodo, se han realizado dos cálculos, uno, utilizando la resistencia máxima de la toma de tierra que se quiere obtener (15Ω) para calcular la resistividad máxima que debería tener el terreno, y otro, utilizando el valor medio estimado de la resistividad del terreno para una naturaleza de terreno “terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes” que de acuerdo con la tabla 4 de la ITC BT 18 es 500 Ω.m.

De esta forma, una vez elegido el terreno de construcción, y cuando se realicen catas del terreno o el estudio geotécnico del mismo, se podrá verificar que el electrodo diseñado es adecuado, o en su defecto complementarlo con otro tipo de electrodos como picas verticales o placas enterradas.

La longitud del conductor enterrado es de 182m, por lo que se tiene:

$$1) R = \frac{2 \times 500}{182} = 5,49 \Omega$$
$$2) r = \frac{15 \times 182}{2} = 1365 \Omega.m$$

Por lo tanto, si la resistividad del terreno es inferior a 1365 Ω.m se dispondrá de una resistencia de la toma de tierra inferior a 15Ω.

4.7.6.2 TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Puesto que el suministro se realiza desde un centro de transformación, deberá verificarse que las tomas de tierra del edificio y de protección del centro de transformación son independientes; para ello será necesario conocer la intensidad de defecto a tierra en el punto de conexión, dato que debe ser facilitado por la empresa distribuidora.

En cualquier caso, el centro de transformación se ha previsto suficientemente alejado del edificio para garantizar la independencia de ambas tomas de tierra.

4.7.7 CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES DE LAS LÍNEAS

De acuerdo con el REBT la sección de los conductores de una línea eléctrica viene determinada por las limitaciones de intensidad máxima admisible o calentamiento; de la caída de tensión; y de la intensidad de cortocircuito; que se pueden dar en los conductores de dicha línea.

Se calculará la sección de cada conductor por estos criterios y se elegirá la mayor de las secciones obtenidas. Para el cálculo de las secciones se utilizan las fórmulas que se describen en este capítulo, tanto por calentamiento de los conductores, como por la máxima caída de tensión; registrándose los resultados en las tablas de cálculos eléctricos que se incluyen en el Anexo 1.6.1 “Cálculo de los circuitos eléctricos de la instalación” y que recogen también los datos de la canalización de cada circuito.

CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O CALENTAMIENTO

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

Por otra parte, el REBT especifica en sus Instrucciones Técnicas Complementarias las intensidades máximas admisibles por los cables, en función del tipo de aislamiento, el tipo de instalación, las condiciones de la misma, etc.:

- ITC-BT-06 Redes aéreas para distribución en Baja Tensión
- ITC-BT-07 Redes subterráneas para distribución en Baja Tensión
- ITC-BT-19 Instalaciones interiores o receptoras.

Para el cálculo de la sección de los circuitos eléctricos por el criterio de calentamiento, se determina la intensidad (I) del circuito a partir de la potencia (P) máxima demandada para el circuito, teniendo en cuenta los aparatos conectados al mismo susceptibles de funcionamiento simultáneo, mediante las expresiones siguientes:

$$\text{Intensidad en Corriente Alterna Trifásica: } I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi}$$

$$\text{Intensidad en Corriente Alterna Monofásica: } I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

A partir de la intensidad obtenida y del tipo de instalación y de canalización de la línea, se elige la sección de acuerdo con las tablas de intensidades máximas admisibles establecidas en el REBT y en la norma UNE-HD 60364-5-52 que ha derogado a la norma UNE-20460-5-523.

CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser

inferior a los límites marcados por el REBT en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud.

El REBT prescribe en sus Instrucciones Complementarias las caídas de tensión máximas admisibles en las líneas de las instalaciones eléctricas:

- ITC-BT-15: Derivación Individual; la máxima caída de tensión será:
 - Para el caso de derivaciones individuales en suministro para un único usuario en que no existe línea general de alimentación: 1,5%.
- ITC-BT-19: Instalaciones Interiores o Receptoras; la máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, será:
 - En otras instalaciones interiores diferentes de viviendas:
 - Para circuitos de alumbrado: 3%.
 - Para circuitos de otros usos: 5%.

Al tratarse de una instalación industrial alimentada en alta tensión mediante un transformador propio, se considerará como origen de la instalación el cuadro de salida en Baja Tensión del centro de transformación; por lo que las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

La caída de tensión de una línea se calcula mediante las siguientes expresiones:

Corriente Alterna Trifásica:
$$e = \frac{P \times L}{U} \times (R + X \times \operatorname{tg} \varphi)$$

Corriente Alterna Monofásica:
$$e = \frac{2 \times P \times L}{V} \times (R + X \times \operatorname{tg} \varphi)$$

donde

- e = Caída de tensión entre fases, en voltios.
- P = Potencia en vatios.
- L = Longitud del circuito, en Km.
- U = Tensión entre fases, en voltios.
- V = Tensión fase-neutro, en voltios.
- R = Reactancia kilométrica del conductor, en ohmios.
- X = Reactancia kilométrica del conductor, en ohmios.
- φ = ángulo de desfase entre la intensidad y la tensión.

Para secciones inferiores a 120mm² en instalaciones de baja tensión de enlace e interiores, la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia; y también puede despreciarse el incremento de la resistencia en corriente alterna respecto a la continua, por lo que se pueden simplificar las ecuaciones anteriores y expresando la potencia (P) en vatios y la longitud (L) en metros, las expresiones quedan:

Caída de tensión en Corriente Alterna Trifásica:

$$e = \frac{\rho \times P \times L}{U \times S}$$

Caída de tensión en Corriente Alterna Monofásica:

$$e = \frac{2 \times \rho \times P \times L}{V \times S}$$

donde ρ es la resistividad del material a la temperatura máxima prevista en servicio ($\rho = 1/56$ para el cobre y $\rho = 1/35$ para el Aluminio a 20°C).

Para calcular ρ se utiliza la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha (\vartheta - 20)]$$

donde:

- ρ_{20} = resistividad del conductor a 20°C.
- α = coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C⁻¹. (0.00392 para el cobre y 0.00403 para el aluminio).
- ϑ = temperatura de servicio.

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente T_0 (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) * \left(\frac{I}{I_{m\acute{a}x}} \right)^2$$

donde:

- T = temperatura real estimada en el conductor.
- $T_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento.
- T_0 = temperatura ambiente del conductor.
- I = intensidad prevista para el conductor.
- $I_{m\acute{a}x}$ = intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

CRITERIO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

Este criterio, aunque es determinante en instalaciones de alta y media tensión no lo es en instalaciones de baja tensión ya que por una parte las protecciones de sobreintensidad limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves, y además las impedancias de los cables hasta el punto de cortocircuito limitan la intensidad de cortocircuito.

Como generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red (impedancia del transformador, red de distribución y acometida) se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios se puede

considerar como 0,8 veces la tensión de suministro. Se toma el defecto fase tierra como el más desfavorable, y además se supone despreciable la inductancia de los cables. Esta consideración es válida cuando el Centro de Transformación, origen de la alimentación, está situado fuera del edificio o lugar del suministro afectado, en cuyo caso habría que considerar todas las impedancias.

Por lo tanto se puede emplear la siguiente fórmula simplificada

$$I_{cc} = \frac{0.8U}{R}$$

donde:

- I_{cc} = intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado;
- U= tensión de alimentación fase neutro (230 V);
- R= resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

Normalmente el valor de R deberá tener en cuenta la suma de las resistencias de los conductores entre la Caja General de Protección, o en este caso, el Cuadro de BT del centro de transformación y el punto considerado en el que se desea calcular el cortocircuito, por ejemplo el punto donde se emplaza el cuadro con los dispositivos generales de mando y protección. Para el cálculo de R se considerará que los conductores se encuentran a una temperatura de 20°C, para obtener así el valor máximo posible de I_{cc} .

METODOLOGÍA DE CÁLCULO UTILIZADA

Para realizar los cálculos eléctricos se ha utilizado una hoja de cálculo confeccionada con las expresiones descritas en este capítulo.

Como las longitudes de los circuitos son pequeñas, el criterio más exigente será el de calentamiento por lo que se calcula la sección por este criterio y se comprueba que cumple el criterio de caída de tensión.

Teniendo en cuenta la potencia activa prevista para la línea; la tensión nominal; y el factor de potencia de la carga se calcula la intensidad del circuito.

A partir de la intensidad obtenida y del tipo de instalación y de canalización de la línea, se elige la sección de acuerdo con las tablas de intensidades máximas admisibles establecidas en el REBT y en la norma UNE-HD 60364-5-52, y se calcula la temperatura estimada en los conductores.

Con los valores calculados y la sección y longitud de la línea se calcula la caída de tensión a la temperatura de servicio y se comprueba que es inferior a la máxima caída de tensión admisible según el REBT; en caso contrario se aumenta la sección hasta cumplir ambos requisitos.

Finalmente se calcula la intensidad de cortocircuito prevista en la línea para establecer el poder de cortocircuito de los dispositivos de protección.

4.8 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Puesto que la central térmica se construye en un edificio independiente, destinado únicamente a este fin, en el que se incluye la propia sala de generación de calor y el almacenamiento de combustible para la misma, se considera que es una instalación de uso industrial, por lo que le será de aplicación el Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI).

A efectos de aplicación del RSCIEI se tratará al edificio contenedor de la central térmica como un establecimiento industrial.

Como el objeto del TFM es el del diseño de las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la central térmica, no se ha considerado la protección pasiva contra incendios que está vinculada a los requisitos constructivos del edificio (fachada accesible, estructura, cubierta, cargas permanentes, materiales de construcción, estabilidad al fuego de los elementos constructivos, evacuación, etc.), salvo en lo concerniente a la sectorización que es necesaria tener en cuenta para determinar el grado de riesgo intrínseco.

Por tanto, en este capítulo se diseña únicamente la instalación de protección activa contra incendios, en base a la caracterización del edificio en relación con la seguridad contra incendios.

4.8.1 CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Para determinar la mínima instalación de protección requerida es necesario previamente caracterizar el establecimiento en relación con la seguridad contra incendios.

Los establecimientos industriales se caracterizan por:

1. Su configuración y ubicación con relación a su entorno.

En el punto 2 del Anexo I del RSCIEI, se reducen las diversas configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales a cinco tipos A, B, C, D, y E. En concreto, la definición que hace el RSCIEI para el Tipo C es “el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio”.

Puesto que el edificio que contiene a la central térmica es independiente de otros edificios y está totalmente cerrado, bastará con que se construya a una distancia mayor de tres metros de cualquier edificio para que su configuración sea **TIPO C**, que es la menos restrictiva de las tres posibles (A, B y C) para establecimientos industriales ubicados en un edificio.

En la Figura 20 se indican los cinco tipos de configuraciones.

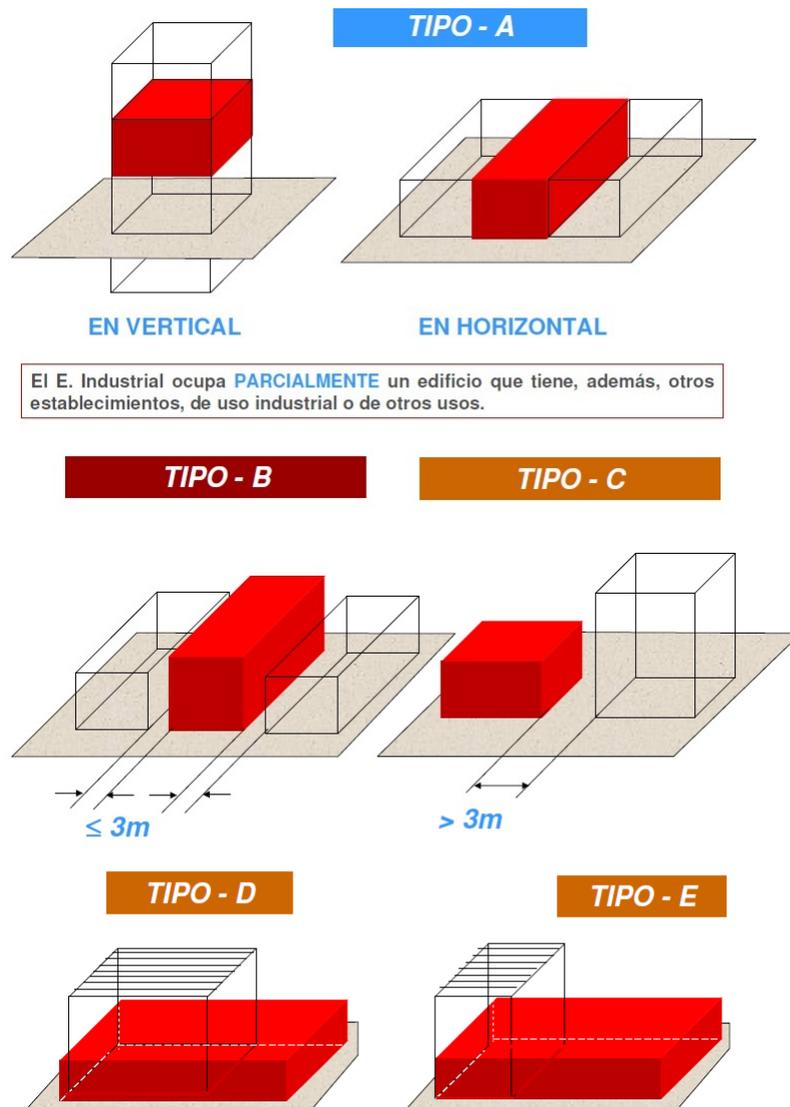


Figura 20. Tipos de establecimientos industriales según su ubicación

2. Por su nivel de riesgo intrínseco.

Los establecimientos industriales se clasifican, según su grado de riesgo intrínseco, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican en el punto 3 del Anexo I del RSCIEI.

Para determinar el grado de riesgo intrínseco del edificio se siguen los siguientes pasos:

- cálculo de la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s , de los sectores de incendio;
- cálculo la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del edificio, Q_e ;
- se utiliza la tabla 1.3 del Anexo I del RSCIEI para deducir el nivel de riesgo intrínseco de los sectores y del edificio.

Para evaluar las densidades de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s , de los sectores de incendio, y Q_e del edificio se han aplicado las siguientes expresiones:

- a) Q_s para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} Ra$$

- b) Q_s para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} h_i s_i C_i}{A} Ra$$

- c) Q_e del edificio:

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} A_i}{\sum_1^i A_i}$$

donde:

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m².

q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m².

S_i (m²) = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego q_{si} diferente.

q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³.

h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.

s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

Q_e = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m².

Q_{si} = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en MJ/m².

A_i = superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en m².

Se ha considerado el establecimiento sectorizado en tres sectores:

- Sector 1: sala de máquinas.
- Sector 2: almacenamiento de combustible y sala de pistones (realmente se han diseñado como dos sectores independientes, pero se ha calculado considerando un único sector por ser una situación más desfavorable).
- Sector 3: cuarto de instalaciones del soplador y silo de descarga.

En la Tabla 29 se indican la superficie, actividad, densidades de carga de fuego y coeficientes de peligrosidad consideradas en cada sector de acuerdo con las tablas 1.1 y 1.2 del Anexo I del RSCIEI:

Tabla 29. Densidad de fuego ponderada y corregida de los sectores de incendio.

Sector de incendios 1										
Área de incendio		Actividades diferentes de almacenamiento								Qs1
Dependencia	superficie	qsi	Si		Ci	Ra	A	$\sum qsi*Si*Ci$	Qs	
Cota -2,40										
Sala de calderas	389,30	200	389,30		1	1		77.860		
Cota +00										
Paso	22,63	200	22,63		1	1		4.526		
Oficina	12,15	600	12,15		1	1		7.290		
Aseo	5,32	200	5,32		1	1		1.064		
						1	429,40	90.740	211	
		Actividades de almacenamiento								
		qvi	si	hi	Ci	Ra	A	$\sum qvi*Ci*hi*Si$	Qs	
Cota -2,40			0,00							
Cota +00			0,00							
						0	0,00		0	0
Densidad de fuego ponderada y corregida del sector (MJ/m ²)										211
Sector de incendios 2										
Área de incendio		Actividades diferentes de almacenamiento								Qs2
Dependencia	superficie	qsi	Si		Ci	Ra	A	$\sum qsi*Si*Ci$	Qs	
Cota -2,40								0		
Sala de pistones	39,68	200	39,68		1,3	1		10.317		
						1	39,68	10.317	260	
		Actividades de almacenamiento								
		qvi	si	hi	Ci	Ra	A	$\sum qvi*Ci*hi*Si$	Qs	
Cota -2,40										
Silo de astillas	128,00	2100	128,00	6,5	1,3	2		2.271.360		
			0,00			2	128,00	2.271.360	35.490	
Densidad de fuego ponderada y corregida del sector (MJ/m ²)										27.153
Sector de incendios 3										
Área de incendio		Actividades diferentes de almacenamiento								Qs3
Dependencia	superficie	qsi	Si		Ci	Ra	A	$\sum qsi*Si*Ci$	Qs	
Cota -2,40										
Cuarto soplador	26,66	800	26,66		1,3	1,5		27.726		
Silo de descarga	24,81	800	24,81		1,3	1,5		25.802		
						1,5	51,47	53.529	1.560	
		Actividades de almacenamiento								
		qvi	si	hi	Ci	Ra	A	$\sum qvi*Ci*hi*Si$	Qs	
Cota -2,40			0,00							
			0,00			0	0,00		0	0
Densidad de fuego ponderada y corregida del sector (MJ/m ²)										1.560

La densidad de carga ponderada y corregida de los sectores de incendio y del edificio, así como los niveles de riesgo intrínseco se recogen en la Tabla 30:

Tabla 30. Niveles de riesgo intrínseco

Niveles de riesgo intrínseco y densidad de fuego ponderada y corregida de los sectores y del edificio				
Sector	Qsi (MJ/m ²)	Ai (m ²)	riesgo	nivel
S1	211	429,40	BAJO	1
S2	27.153	167,68	ALTO	8
S3	1.560	51,47	MEDIO	4
Establecimiento: Qe	7.284	648,55	ALTO	7

en la que el nivel de riesgo intrínseco del edificio se ha determinado de acuerdo a la tabla 1.3 del RSCIEI (Tabla 31):

Tabla 31. Nivel de riesgo intrínseco. Tabla 1.3 del RSCIEI

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Así pues, el establecimiento industrial queda caracterizado de la siguiente manera:

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno como **tipo C**.
- Por su nivel de riesgo intrínseco como **riesgo ALTO de nivel 7**.

4.8.2 PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS

La Protección Activa Contra Incendios tiene como función específica la detección, control y extinción del incendio, y por tanto facilitar la evacuación.

Los requisitos necesarios de esta instalación se establecen en el Anexo III del RSCIEI.

Los sistemas de protección a instalar dependerán de la relación entre la tipología del edificio donde se encuentra el sector de incendio, el nivel de riesgo intrínseco del sector y la superficie del sector de incendio.

4.8.2.1 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

Los requisitos necesarios para la instalación de un sistema de detección de incendios prescritos en el punto 3.1 del Anexo III del RSCIEI, se resumen en la Tabla 32.

Tabla 32. Requisitos de sistemas de detección de incendios

Actividad	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Industrial	$Sc \geq 300 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Medio $Sc \geq 2000 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Medio $Sc \geq 3000 \text{ m}^2$
		Riesgo intr. Alto $Sc \geq 1000 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Alto $Sc \geq 2000 \text{ m}^2$
Almacenaje	$Sc \geq 150 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Medio $Sc \geq 1000 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Medio $Sc \geq 1500 \text{ m}^2$
		Riesgo intr. Alto $Sc \geq 500 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Alto $Sc \geq 800 \text{ m}^2$

El sector 1 es de nivel de riesgo intrínseco Bajo (1), con actividad industrial, en un edificio tipo C, **no es necesaria** la instalación de un sistema automático de detección de incendios en este sector.

El sector 2 es de nivel de riesgo intrínseco Alto (8), con actividad almacenamiento, en un edificio tipo C, y su superficie es menor de 800 m^2 , **no es necesaria** la instalación de un sistema automático de detección de incendios en este sector.

El sector 3 es de nivel de riesgo intrínseco Medio (4), con actividad industrial, en un edificio tipo C, y su superficie es menor de 3.00 m^2 , **no es necesaria** la instalación de un sistema automático de detección de incendios en este sector.

4.8.2.2 SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIOS

Según el punto 4 del Anexo III del RSCIEI, **se debe instalar** un sistema manual de alarma de incendios al no requerirse la instalación de un sistema automático de detección de incendios.

Se instalará una centralita convencional con pulsadores de alarma en cada salida y cada 25 metros, que transmitirán una señal a la central de control de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.

4.8.2.3 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA

Según el punto 5 del Anexo III del RSCIEI, **no se requiere** la instalación de un sistema de comunicación de alarma de incendios, al ser la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio inferior a 10.000 m^2 .

4.8.2.4 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Según las prescripciones establecidas en el punto 6 del Anexo III del RSCIEI que se recogen en la Tabla 33, **no se requiere** la instalación de un sistema de abastecimiento de agua contra incendios.

Tabla 33. Requisitos de sistema de abastecimiento de agua de protección contra incendios

Actividad	Prescripciones
Industrial/Almacenaje	<ul style="list-style-type: none"> - Lo exige la normativa sectorial y específica. - Cuando sea necesario dar servicio a un sistema de protección contra incendios

4.8.2.5 SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES

Según las prescripciones establecidas en el punto 7 del Anexo III del RSCIEI que se recogen en la Tabla 34, **no se requiere** la instalación de un sistema de hidrantes exteriores, pues ninguno de los sectores tiene una superficie superior a 2.000 m².

Tabla 34. Requisitos de sistemas de hidrantes exteriores

Configuración	Superficie construida sector de incendios (m ²)	Riego Bajo	Riego Medio	Riego Alto
A	Sc ≥ 300	NO	SI	NO ADMITIDO
	Sc ≥ 1000	SI	SI	
B	Sc ≥ 1000	NO	NO	SI
	Sc ≥ 2500	NO	SI	SI
	Sc ≥ 3500	SI	SI	SI
C	Sc ≥ 2000	NO	NO	SI
	Sc ≥ 3500	NO	SI	SI
D o E	Sc ≥ 5000	NO	SI	SI
	Sc ≥ 15000	SI	SI	SI

4.8.2.6 EXTINTORES DE INCENDIO

Según las prescripciones establecidas en el punto 8 del Anexo III del RSCIEI que se recogen en la Tabla 35 y Tabla 36, **se requiere** la instalación de extintores para combustibles de clase A (sólidos).

Tabla 35. Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A

Riesgo Intrínseco	Eficacia mínima	Área máxima protegida del sector de incendio
Bajo	21A	S ≤ 600 m ² + 1 extintor / 200 m ²
Medio	21A	S ≤ 400 m ² + 1 extintor / 200 m ²
Alto	34A	S ≤ 300 m ² + 1 extintor / 200 m ²

Tabla 36. Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase B

m ³ combustible	V ≤ 20	20 < V ≤ 50	50 < V ≤ 100	100 < V ≤ 200
Eficacia mínima	113B	113B	144B	233B

Se instalarán extintores de polvo ABC (polivalente) de eficacia 21A-113B en la sala de máquinas y de eficacia 34A para el silo de biomasa.

En las zonas en las que se prevea que el fuego puede ser de origen eléctrico (junto al cuadro eléctrico general y a los cuadros de las calderas) se instalarán extintores de 5 kg de CO₂ de eficacia 89B.

Los extintores se colocarán de forma que su parte superior diste del suelo no más de 1,7 metros y, a ser posible, en ángulos muertos para evitar que entorpezcan una posible evacuación; y su distribución será tal que el máximo recorrido horizontal desde cualquier punto del sector de incendios hasta un extintor, no supere 15 m.

4.8.2.7 SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS

Los requisitos necesarios para la instalación de sistemas de bocas de incendio prescritos en el punto 9 del Anexo III del RSCIEI, se resumen en la Tabla 37:

Tabla 37. Requisitos de sistemas de bocas de incendio equipadas

Tipos	Sup. Construida sector (m ²)	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
A	$Sc \geq 300$	SI	SI	NO ADMITIDO
B	$Sc \geq 200$	NO	NO	SI
	$Sc \geq 500$	NO	SI	SI
C	$500 < Sc < 1.000$	NO	NO	SI
	$Sc \geq 1.000$	NO	SI	SI
	$Sc \geq 1000$	NO	SI	SI
D o E	$Sc \geq 5000$	NO	NO	SI

Como ninguno de los sectores tiene una superficie construida superior a 500m², **no se requiere** la instalación de Bocas de Incendio Equipadas (BIE).

4.8.2.8 SISTEMAS DE COLUMNA SECA

Según las prescripciones establecidas en el punto 10 del Anexo III del RSCIEI que se recogen en la Tabla 38, **no se requiere** la instalación de columna seca ya que la altura de evacuación del edificio es inferior a 15m.

Tabla 38. Requisitos de sistemas de columna seca

Riesgo	Altura de evacuación del establecimiento
Medio	H >= 15m
Alto	

4.8.2.9 SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Según las prescripciones establecidas en el punto 11 del Anexo III del RSCIEI que se recogen en la Tabla 39, **no se requiere** la instalación de rociadores automáticos, pues el sector 3, de riesgo medio, tiene una superficie inferior a 3.500m², y el sector 2, de riesgo alto tiene una superficie inferior a 1.000m².

Tabla 39. Requisitos de sistemas de rociadores automáticos

Actividad	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Industrial	Riesgo Intr. Medio $S \geq 500 \text{ m}^2$	Riesgo Intr. Medio $S \geq 2500 \text{ m}^2$	Riesgo Intr. Medio $S \geq 3500 \text{ m}^2$
		Riesgo intr. Alto $S \geq 1000 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Alto $S \geq 2000 \text{ m}^2$
Almacenaje	Riesgo Intr. Medio $S \geq 300 \text{ m}^2$	Riesgo Intr. Medio $S \geq 1500 \text{ m}^2$	Riesgo Intr. Medio $S \geq 2000 \text{ m}^2$
		Riesgo intr. Alto $S \geq 800 \text{ m}^2$	Riesgo intr. Alto $S \geq 1000 \text{ m}^2$

4.8.2.10 SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA

Según el punto 12 del Anexo III del RSCIEI, **no se requiere** la instalación de sistemas de agua pulverizada, ya que no se cumplen ninguna de las prescripciones siguientes:

- No son sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo a las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.
- No es necesario para refrigerar la estructura por el calor de radiación emitido por un riesgo cercano.

4.8.2.11 SISTEMAS DE ESPUMA FÍSICA, EXTINCIÓN POR POLVO Y GASES

Según los puntos 13, 14 y 15 del Anexo III del RSCIEI, **no se requiere** la instalación ni de sistemas de espuma física, ni de extinción por polvo o gases, ya que no se cumplen ninguna de las prescripciones siguientes:

Espuma física (punto 13):

- Sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo a las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.
- Cuando haya áreas en un sector de incendio en que se manipulen líquidos inflamables que se puedan propagar a otros sectores.

Extinción por polvo (punto 14):

- Sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo a las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.

Agente gaseoso (punto 15):

- No son sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo a las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.
- En recintos de centros de cálculo, banco de datos, equipos electrónicos, etc.

4.8.2.12 SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El edificio dispondrá del sistema de alumbrado de emergencia descrito en el capítulo correspondiente de la instalación eléctrica en el que se verifica el cumplimiento de las prescripciones establecidas en el punto 16 del Anexo III del RSCIEI.

4.8.2.13 SEÑALIZACIÓN

La señalización se realizará de acuerdo a lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el R.D. 485/1997 de 14 de abril sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; y deberá cumplir con las normas Normas UNE de Seguridad contra incendios UNE-23033, UNE-23034, y UNE-23035.

Se procederá a la señalización de:

- Salidas de uso habitual o de emergencia
- Medios de protección contra incendios de utilización manual cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida.

4.9 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

4.9.1 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL

La central térmica deberá cumplir con la normativa de protección del medio ambiente que le afecte en función de la localidad donde se ubique, que puede ser de índole estatal, autonómico y municipal.

Los aspectos principales a tener en cuenta serán:

- Emisiones de humos y partículas de los equipos de combustión y depuración; deberá comprobarse que las emisiones a la atmósfera a través de las chimeneas, de los humos procedentes de la combustión en las calderas después de ser depurados en los multiciclones y filtros de mangas no superen los valores máximos admisibles en la normativa municipal, autonómica y estatal, que en el caso de que la localidad sea Valladolid, son:
 - Reglamento municipal para la protección del medio ambiente atmosférico de Valladolid;
 - Ley de Prevención Ambiental (ley 11/2003 de 8 de abril) y modificaciones posteriores.
- Emisiones de ruidos de los equipos de combustión, bombeo, limpieza, etc; deberá comprobarse que las emisiones de ruidos no superan ni los valores límite de niveles sonoros producidos por emisores acústicos, ni los valores límite de inmisión de ruido al ambiente exterior tanto de día como de noche.
 - Documento Básico DB HR del CTE “Protección contra el ruido”;
 - Ley de la Comunidad Autónoma de Castilla y León 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León;
 - Reglamento para la protección del Medio Ambiente Contra las Emisiones de Ruidos y Vibraciones de Valladolid;
- Emisiones de residuos, de acuerdo con la DIRECTIVA 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos, las cenizas generadas como resultado de la combustión de madera podrán tener la consideración de subproducto y no de residuo.

4.9.2 EMISIONES DE CO₂

Teniendo en cuenta los rendimientos de las calderas de gasóleo (77.5%) y de gas natural (85.0%), y el consumo anual de combustible, la central diseñada en este TFM satisface una demanda energética útil anual de 4.745.194kWh como se indica en la Tabla 40.

Tabla 40. Energía útil anual

Combustible	Volumen l o m ³	Energía consumida (kWh)	Energía Útil (kWh)
Gasóleo	160.000	1.644.800	1.274.720
Gas Natural	377.000	4.082.910	3.470.474
Total		5.727.710	4.745.194

Considerando un rendimiento del 90% para las calderas de astillas, será necesaria una producción de energía anual de 5.272.437kWh.

En la Tabla 41 se dan los factores de conversión de energía final a primaria y en la Tabla 42 los factores de emisiones anuales de CO₂ de los combustibles considerados en el TFM; ambas tablas se han elaborado utilizando los factores incluidos en la Resolución conjunta de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento, de aplicación a partir de la fecha 14 de enero de 2016 sobre factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España, cuyos valores para el caso de que la energía final consumida sea térmica están basados en el Informe “Well to tank Report – versión 4.0”, elaborado por el Joint Research Center (JRC).

Tabla 41. Factores de conversión de energía final a primaria

Combustible	kWh Energía primaria renovable/ kWh Energía final	kWh Energía primaria no renovable / kWh Energía final	kWh Energía primaria total/ kWh Energía final
Gasoleo calefacción	0,003	1,179	1,182
Gas Natural	0,005	1,190	1,195
Biomasa no densificada	1,003	0,034	1,037

Tabla 42. Factores de emisiones anuales de CO₂

Combustible	Valores aprobados kg CO ₂ /kWh Energía final
Gasoleo calefacción	0,311
Gas Natural	0,252
Biomasa no densificada	0,018

Teniendo en cuenta estos factores y el consumo de energía de los tres tipos de combustible, en la Tabla 43 se recogen las emisiones de CO₂ anuales producidas por las necesidades térmicas de los edificios considerados en el TFM.

Tabla 43. Emisiones de CO₂ anuales

Combustible	Energía anual consumida (kWh)	Energía primaria total (kWh)	Emisiones de CO ₂ (kg)
Gasóleo calefacción	1.644.800	1.944.154	511.533
Gas Natural	4.082.910	4.879.077	1.028.893
Biomasa no densificada	5.272.437	5.467.517	94.904

4.10 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Con independencia de los beneficios medioambientales y sociales que conlleva el uso de la biomasa, antes de emprender una obra de esta envergadura es imprescindible realizar un estudio para comprobar la viabilidad económico-financiera del proyecto. Aunque no es el objetivo del TFM, si resulta interesante hacer al menos un sencillo análisis que permita concluir la idoneidad de llevar a cabo el proyecto.

En un marco en el que la Unión Europea fomenta e impulsa el uso de energías renovables no es difícil obtener financiación institucional para proyectos de este tipo; incluso a nivel privado, el desarrollo en los últimos años de Empresas de Servicios Energéticos (ESE's) permiten obtener financiación para proyectos que aseguren una mínima rentabilidad. Una ESE puede realizar una parte o toda la inversión asumiendo los riesgos para obtener un beneficio económico en base al ahorro en los costes energéticos al utilizar un combustible más barato.

Con el problema de la financiación, en principio resuelto, bastará con garantizar una mínima rentabilidad para que el proyecto sea económicamente viable. Una forma sencilla de hacerlo es utilizar la Tasa Interna de Retorno o de Rentabilidad (TIR) que mide la rentabilidad promedio en términos porcentuales de los cobros y los pagos actualizados generados por la inversión. Analíticamente se calcula haciendo nulo el Valor Actual Neto (VAN) dado por la siguiente expresión y despejando la tasa de descuento k :

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+k)^t} + \frac{VR}{(1+k)^n} - I_0$$

donde:

- B_t =cobros del periodo t , aplicado a este caso se entiende como lo que no se gasta en la energía fósil sustituida (gasóleo o gas natural);
- C_t = pagos del periodo t , coste de la biomasa empleada en el periodo t ;
- K = tasa de descuento;
- VR = valor residual de la inversión en el año n ;
- I_0 = inversión inicial;
- n = vida útil del proyecto.

A partir de precios de mercado de instalaciones de generación de biomasa y de naves industriales de un tamaño similar se estima que el presupuesto de contrata de la central y red de calor diseñadas está en torno a 2.000.000€. Considerando una vida útil de 25 años, con un valor residual de 700.000€; una tasa de descuento del 3%; que los gastos de operación y mantenimiento pueden suponer un sobrecoste anual de 20.000€ al ser más intensiva en mano de obra y maquinaria (bombas y motores del sistema de alimentación) la central de biomasa que las salas de calderas actuales; y los costes de combustible que son la parte más sensible al estar sujeta a las fluctuaciones del precio del petróleo; resulta un VAN de 1.499.012.

En la Tabla 44 se resumen los datos de partida para el cálculo del VAN; los precios de los combustibles se han obtenido de diversas fuentes; para el gasóleo se ha utilizado el precio en España a fecha de 7 de marzo de 2016 publicado en el boletín semanal del petróleo de la página web de la Energía de la Comisión Europea; para el gas, la tarifa de grandes consumidores de Endesa, y para la astilla, el precio medio de varios proveedores de astillas con una humedad del 30%. Puesto que el precio del gasóleo para calefacción

ha experimentado una bajada del 50% en el último año, se ha estimado para él una tasa de crecimiento superior a la de los otros combustibles.

Tabla 44. Datos de la instalación para el cálculo del VAN

DATOS DE LA INSTALACIÓN						
Coste de instalación de la central térmica	2.000.000 €					
Rendimiento calderas de gasóleo	77,5%					
Rendimiento caldera de gas natural	85,0%					incremento anual en el precio de los combustibles
Rendimiento calderas de astillas	90,0%					
Precio del gasóleo	0,0495 €/kWh					5,00%
Precio del gas natural	0,0402 €/kWh					3,00%
Precio de astillas	0,0271 €/kWh					2,00%
Mano de obra y costes de mantenimiento						1,50%
COSTES ANUALES ACTUALES						
Combustible	Volumen	Energía útil	E. consumida	Poder calorífico	Precio	Gasto año
	l o m ³	kWh	kWh	kWh/kg	€/kWh	€
Gasóleo	160.000	1.274.720	1.644.800	11,77	0,0495	81.339
Gas natural	377.000	3.470.474	4.082.910	10,83	0,0402	164.133
Total						245.472
COSTES CON LA CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA						
Combustible	Volumen	Energía útil	E. consumida	Poder calorífico	Precio	Gasto año
	m ³	kWh	kWh	kWh/kg	€/kWh	€
Astilla	7.532,05	4.745.194	5.272.437	3,50	0,027	143.109
Sobrecoste de mantenimiento						20.000
Total						163.109

Igualando a cero el VAN calculado, se obtiene un TIR del 7.09%, superior al coste de oportunidad del capital, que se podría considerar igual al interés legal del dinero, que para el año 2016 ha sido fijado en el 3.00% en la disposición adicional trigésima cuarta de la Ley 48/2015, de 29 de octubre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2016 (BOE 30/10/2015).

5 CONCLUSIONES

Aplicando materias de las áreas de ingeniería eléctrica, ingeniería fluidomecánica y termofluidos, termodinámica y tecnología energética principalmente, se han diseñado, calculado y dimensionado las instalaciones de suministro y evacuación de aguas, hidráulica, eléctrica y de protección contra incendios, verificándose el cumplimiento de la normativa vigente; así como los equipos generadores necesarios para el funcionamiento de una central térmica que suministre agua caliente para calefacción y ACS a diferentes edificios ubicados en un entorno cercano.

En el subcapítulo 4.10 “ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA” se obtuvo un VAN mayor que 1 y un TIR del 7.09%, superior al coste de oportunidad del capital por lo que se puede concluir que el **proyecto es viable económicamente**.

La emisión reducida de contaminantes a la atmósfera y el hecho de no contribuir al efecto invernadero por tener un balance de CO₂ neutro, o casi neutro (0.018kg CO₂/kWh según la Resolución conjunta de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento sobre factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España); hace de la biomasa un combustible especialmente atractivo. Las emisiones actuales de CO₂ producidas por los combustibles fósiles en los edificios considerados, calculadas en el apartado 4.9.2 “EMISIONES DE CO₂” son de 1.540.426 kg, mientras que las de biomasa son de 94.904 kg, por lo que utilizando la central térmica diseñada se **reducirían las emisiones de CO₂ en 1.445.522kg anuales**.

De acuerdo con un estudio realizado por la Asociación Austriaca de Bioenergía para la Organización de las Naciones Humanas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el sector de la bioenergía puede generar 135 nuevos empleos sostenibles por cada 10.000 habitantes, frente a los 9 empleos que genera el uso de combustibles fósiles, lo que en España, con una población estimada en torno a 46,77 millones de habitantes, suponen 631.395 puestos de trabajo. Por otra parte, en el informe del IDAE “Empleo asociado al impulso de las energías renovables. Estudio Técnico PER 2011-2020” se estimaba que la previsión de empleo (directo e indirecto) en bioenergía para España en 2015 era de 129.600 personas, de las cuales 4.335 correspondían a biomasa, es decir, un 3.34%; por lo que aplicando el ratio del estudio de la FAO podrían crearse en España cerca de 17.000 empleos nuevos dedicados a la biomasa. Concretamente, a partir de las previsiones para el 2015 realizadas en el estudio del IDAE, en el que se obtiene un ratio de 8.64 empleos generados por MW de potencia instalado, la central diseñada de 7MW de potencia **generaría 60 puestos de trabajo** entre directos e indirectos.

Puesto que como se indicó en el capítulo 2 “SITUACIÓN ACTUAL”, el supuesto considerado en el TFM es aplicable a prácticamente cualquier localidad de mediano tamaño; el potencial de la biomasa como combustible para redes de calor, en términos absolutos a nivel de país, en cuanto a la reducción de emisiones de CO₂, es enorme; lo que unido a un menor precio comparativo con otros combustibles y su mayor estabilidad, al no depender de las fluctuaciones exteriores; así como la generación de riqueza y empleo locales y la disminución de la dependencia energética exterior se puede concluir que **la construcción de centrales térmicas para district heating utilizando biomasa como combustible para la sustitución de energías de origen fósil debe ser fomentada y desarrollada**.

Durante el desarrollo del TFM, al analizar los datos de consumo de que disponía, constaté que para optimizar la potencia de generación a instalar en la central térmica es

necesario determinar las curvas monótonas de demanda de los edificios; lo que me lleva a sugerir un TFM cuyos objetivos fueran, por una parte, la monitorización del consumo de energía térmica de varios edificios de diferentes usos y horarios de funcionamiento, para determinar sus curvas monótonas de demanda; así como considerar otros escenarios que plantearan opciones como sobredimensionar la instalación para futuras ampliaciones, tanto de potencia como de red de distribución, o ajustar el dimensionamiento para no encarecer la inversión a realizar. Ambos planteamientos son perfectamente válidos, y pueden servir de indicativos para la toma de decisiones ante distintos escenarios económicos; así, en una situación de pujanza económica o de alto crecimiento de infraestructuras, puede ser aconsejable sobredimensionar la instalación destinando más fondos que permitan disponer de más capacidad a la central térmica y aumentar la red de distribución aprovechando el levantamiento de calles para canalizar tuberías de distribución que lleguen a más potenciales consumidores; por el contrario, en una época de recesión o de ajustes, puede ser preferible ajustar la potencia nominal de la central a la estrictamente necesaria para no incrementar la inversión y conseguir la financiación para el proyecto. Pero para determinar la opción más beneficiosa hay que hacer una comparativa de rentabilidad, por lo que la segunda parte consistiría en realizar un estudio exhaustivo de viabilidad económica que analizara y comparara la rentabilidad esperada en los diferentes escenarios considerados, y a partir de los TIR obtenidos determinar cuál sería la alternativa óptima. El estudio sería recomendable desarrollarlo de acuerdo con la norma UNE-EN 15459 “Eficiencia energética de los edificios. Procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios que presenta un método para el cálculo económico de los sistemas de calefacción, en base a datos procedentes de otros sistemas que pueden influir en la demanda energética del sistema de calefacción.

Por otra parte, puesto que con respecto al edificio contenedor de la central térmica, en este TFM únicamente se ha diseñado y dimensionado, sin entrar en cálculos de estructuras, fachadas, cubiertas o cerramientos; y dado que en asignaturas como Estructuras Industriales, y Transporte y Construcción, se han tratado temas sobre la construcción de naves industriales, se podría abordar un trabajo consistente en el cálculo y dimensionamiento de la estructura del edificio industrial.

También sería interesante, basándose en los conocimientos adquiridos en asignaturas como Informática Industrial y Tecnología de Control, realizar un TFM que desarrollara el control de la central térmica, diseñando un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) que permitiera controlar y analizar los parámetros de funcionamiento significativos de la central térmica, como temperaturas de impulsión y retorno en la sala de calderas, tanto en el circuito primario como en el secundario y en las subestaciones de intercambio; temperatura de humos, nivel de oxígeno, estado de las bombas circuladoras y de las válvulas de 2 vías de las subestaciones, diferencial de presión en los circuitos de distribución, alarmas, etc.

6 REFERENCIAS

Para diseñar y dimensionar las instalaciones industriales de la central térmica de biomasa se ha seguido la normativa de obligado cumplimiento que se relaciona en este capítulo.

Como apoyo en aspectos concretos se ha utilizado documentación técnica, fundamentalmente la publicada por el IDAE; para la elección de equipos y materiales se ha utilizado documentación técnica de fabricantes de reconocido prestigio.

Los cálculos se han realizado básicamente con hojas de cálculo desarrolladas específicamente para cada instalación adjuntándose los resultados en el Anexo 1 “Cálculos detallados de las instalaciones” en forma de tablas o fichas. También se ha utilizado software de varios fabricantes para calcular la iluminación (DIALUX); el alumbrado de emergencia (DAISALUX, DIALUX); para la elección de las bombas circulatoras (WILO); y para el diseño de intercambiadores y sistemas de expansión (SEDICAL).

▪ **NORMATIVA APLICABLE**

Se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos, vigentes en España en la fecha de redacción del TFM:

SUMINISTRO DE AGUA

- Sección HS4 “Suministro de agua” del Documento Básico HS del Código Técnico de la Edificación.
- Norma UNE 149201 “Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios”.
- Norma UNE-EN 12201 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento con presión. Polietileno (PE)”
- UNE-EN-ISO-15875. “Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X)”.
- UNE-EN-ISO-15876 “Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polibutileno (PB)”.

EVACUACIÓN DE AGUA

- Sección HS5 “Evacuación de aguas” del Documento Básico HS del Código Técnico de la Edificación.

INSTALACIÓN HIDRÁULICA. EQUIPOS A PRESIÓN

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) aprobados por el Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio, BOE del 29 de agosto de 2007 y correcciones de errores aprobadas en BOE de 28 de febrero de 2008, BOE 11 de diciembre de 2009, BOE 12 de febrero de 2010, 25 de mayo de 2010 y 13 de abril de 2013.

- Norma UNE-100155 “Climatización. Diseño y Cálculo de sistemas de expansión”.

ORDENAMIENTO DEL SECTOR ELÉCTRICO

- Real Decreto 1.955/2.000, de 1 de diciembre de 2.000, BOE nº310 de 27 de diciembre de 2.000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-94.
- Ley de Regulación del Sector Eléctrico, Ley 54/1997 de 27 de Noviembre.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.
- Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas ITC aprobadas por Orden del MINER de 18 de septiembre de 2002.
- Instrucción nº 1/2005 RSI de la Dirección General de Industria e Innovación Tecnológica de la Junta de Castilla y León, sobre aplicación de la guía técnica prevista en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Autorización de Instalaciones Eléctricas. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de Diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- Directiva de Baja Tensión 73/23/CEE.
- Directiva de Compatibilidad Electromagnética 89/336/CEE.
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- Normas UNE de obligado cumplimiento.

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Guía técnica de aplicación del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios y corrección de errores (BOE de 7 de mayo de 1994).
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Normas UNE de Seguridad contra incendios: UNE-23033 (Señalización: Protección y lucha contra incendios); UNE-23034 (Señalización de seguridad: vías de evacuación); y UNE-23035 (Señalización fotoluminiscente).

OTRA NORMATIVA

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria
- Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE núm. 74, martes 28 de marzo de 2006).
- LEY 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 486/1.997 sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Centros de Trabajo.
- Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, según O.M. de Trabajo del 9.3.71, BOE del 16 y 17 de mayo, en sus capítulos y artículos que no estén derogados.

■ REFERENCIAS NO NORMATIVAS

- Propiedades del agua. S.A. Klein y F.L. Alvarado “Engineering Equation solver Software (EES)”, academia versión 6.271 (20-07-2001).
- Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España. Resolución conjunta de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento de aplicación a partir de la fecha 14 de enero de 2016.
- Informe “Well to tank Report – versión 4.0”, elaborado por el Joint Research Center (JRC) de la Unión Europea.
- Ley 48/2015, de 29 de octubre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2016 (BOE 30/10/2015).
- Boletín semanal del petróleo de la página web de la Energía de la Comisión Europea (http://ec.europa.eu/energy/observatory/reports/latest_prices_with_taxes.pdf).
- Guía técnica de diseño de centrales de calor eficientes redactada por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Junio de 2010.
- Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto redactada por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Junio de 2010.
- Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios redactada por el Departamento de Biomasa y Residuos del IDAE junto a un colectivo de especialistas en biomasa para usos térmicos coordinados por Escan, S.A. Mayo de 2009.
- Guía técnica de selección de equipos de transporte de fluidos redactada por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Junio de 2010.
- Informe “Empleo asociado al impulso de las energías renovables. Estudio Técnico PER 2011-2020” elaborado por el IDAE en 2011.

- Documentación técnica del equipo de generación térmica mediante biomasa CVT-3000 de VENTIL.
- Manual de compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos de Schneider Electric.
- Catálogo técnico LOGSTOR® 12-2014 de tubería de acero preaislada para DISTRICT HEATING & COOLING.
- Catálogo-tarifa 2016 “Técnica para el ahorro de energía” de SEDICAL.

▪ **SOFTWARE EMPLEADO**

Para el cálculo de las instalaciones se han utilizado los siguientes software específicos:

- Programa de cálculo de bombas Wilo select v3.1.13.
- Programa de cálculo de intercambiadores de placas de SEDICAL.
- Programa de cálculo de vasos de expansión de SEDICAL.
- Programa de cálculo de iluminación de emergencia DAISA v6.0 de DAISALUX.
- Programa de cálculo de iluminación DIALux v4.12.
- Programa de diseño de cuadros eléctricos XL PRO³ v3.4.0.2 de LEGRAND.

ANEXOS

Se adjuntan dos anexos a la memoria del TFM, el primero con los cálculos detallados de las instalaciones, y el segundo con las especificaciones técnicas de los equipos seleccionados.

ANEXO 1. CÁLCULOS DETALLADOS DE LAS INSTALACIONES

1.1. SILO DE ALMACENAMIENTO

- Cálculo de la capacidad del depósito de almacenamiento.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA ITC EP-1 DEL REGLAMENTO DE EQUIPOS A PRESIÓN

- Clasificación de la sala de calderas.
- Cálculo de la ventilación de la sala de calderas.

1.3. ABASTECIMIENTO DE AGUA

- Calculo hidráulico de AFS en el aseo.
- Calculo hidráulico de redes de distribución de AFS.
- Cálculo de la presión mínima necesaria en el punto de acometida.

1.4. EVACUACIÓN DE AGUAS

- Cálculo de los sistemas de bombeo y elevación.
- Cálculo hidráulico de la bomba de achique.

1.5. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

- Cálculo hidráulico del circuito primario de las calderas de biomasa.
- Calculo hidráulico de la red de distribución.
- Calculo hidráulico de las subestaciones de intercambiado de calor
- Cálculo de los vasos de expansión.

1.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- Cálculo de los circuitos eléctricos de la instalación.
- Cálculo del alumbrado de emergencia.
- Cálculo de la Iluminación.
- Dimensionamiento de los cuadros eléctricos.

ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS

2.1. CALDERAS.

2.2. BOMBAS CIRCULADORAS.

2.3. VASOS DE EXPANSIÓN.

2.4. INTERCAMBIADORES DE CALOR.

2.5. TUBERÍA DE ACERO PREAISLADA

PLANOS

En el documento de Planos del TFM se incluyen los planos que se relacionan a continuación.

- P01. UBICACIÓN DE LA CENTRAL TÉRMICA Y LA RED DE CALOR
- P02. PLANTA NIVEL -2,40m. COTAS Y SUPERFICIES
- P03. PLANTA NIVEL +0,00m. COTAS Y SUPERFICIES
- P04. PLANTA NIVEL +4,70m. COTAS Y SUPERFICIES
- P05. PLANTA CUBIERTA. COTAS
- P06. ALZADOS (LONGITUDINALES)
- P07. ALZADOS (TESTEROS)
- P08. SECCIONES
- P09. DISPOSICIÓN DE LA MAQUINARIA. PLANTA NIVEL -2,40
- P10. INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA. PLANTA NIVEL +00
- P11. INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS. PLANTA NIVEL -2,40
- P12. INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS. PLANTA NIVEL +0,00
- P13. INSTALACIÓN HIDRÁULICA. PLANTA NIVEL -2,40
- P14. INSTALACIÓN HIDRÁULICA. ESQUEMA DE PRINCIPIO
- P15. INSTALACIÓN HIDRÁULICA. RED DE DISTRIBUCIÓN
- P16. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. INSTALACIÓN DE ENLACE
- P17. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. PLANTA NIVEL -2,40
- P18. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. PLANTA NIVEL +0,00
- P19. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL
- P20. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE CALDERA 1
- P21. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE CALDERA 2
- P22. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE SUELO MÓVIL
- P23. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN
- P24. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DEL SILO DE DESCARGA
- P25. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS. PLANTA NIVEL -2,40
- P26. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS. PLANTA NIVEL +0,00