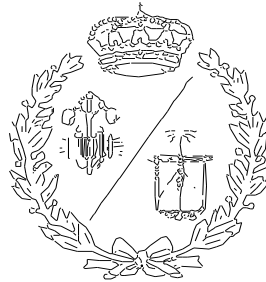


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**Sistema de calentamiento industrial con
aceite térmico y caldera de gas
(Industrial heating system with thermal oil and
gas boiler)**

Para acceder al Título de

GRADUADA EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Adriana Hidalgo Gómez

Julio - 2017

1 – MEMORIA
2 – ANEXOS
3 – PLANOS
4 – PLIEGO DE CONDICIONES
5 – MEDICIONES
6 – PRESUPUESTO

DOCUMENTO 1. MEMORIA

ÍNDICE DOCUMENTO 1. MEMORIA

1	OBJETO	1
2	ALCANCE.....	2
3	ANTECEDENTES.....	3
4	NORMAS Y REFERENCIAS.....	4
4.1	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	4
4.2	PROGRAMAS DE CÁLCULO	4
4.3	BIBLIOGRAFÍA.....	5
4.4	OTRAS REFERENCIAS	5
5	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	6
5.1	DEFINICIONES DE TÉRMINOS.....	6
5.2	LISTADO DE ABREVIATURAS	6
6	REQUISITOS DEL DISEÑO	7
6.1	REQUISITOS DEL CLIENTE	7
6.2	REQUISITOS DE LA NORMA	7
7	ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	8
7.1	ALTERNATIVAS.....	8
7.1.1	Caldera de aceite térmico	8
7.1.2	Caldera de agua sobrecalentada	8
7.1.3	Caldera de vapor	8
7.2	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	9
7.2.1	Caldera de fluido térmico	9
7.2.2	Características del aceite térmico	9
8	RESULTADOS FINALES.....	11
8.1	INSTALACIÓN FINAL	11
8.2	EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.....	11
9	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	13

1 OBJETO

El objeto del siguiente proyecto es el diseño de un sistema de calentamiento industrial que abastezca la potencia calorífica demandada por parte de la maquinaria de una planta industrial destinada a la fabricación de listones, tableros, aglomerados y molduras de madera, situada en el Polígono de Morero, al lado del Polígono Industrial de Guarnizo (Cantabria).

El equipo principal del sistema de calentamiento consistirá en una caldera de aceite térmico, que se ubicará en una nueva sala de calderas de la fábrica.

A partir de las necesidades del proceso industrial, se dimensionará la caldera y el circuito de tuberías, proyectando una distribución del sistema que alcance un compromiso entre los objetivos de eficiencia técnica y economía.

2 ALCANCE

El alcance del proyecto es la realización del diseño del sistema de calentamiento en una instalación con una caldera que se abastecerá con aceite térmico.

El presente proyecto detalla todas las características de la instalación, incluyendo el dimensionado del equipo principal, concretando las características técnicas de la caldera y el aceite térmico, así como la red de tuberías y accesorios necesarios.

En este proyecto se ha realizado:

- a) Estudio de las posibles alternativas tecnológicas.
- b) Cálculo de la potencia necesaria para la instalación.
- c) Elección del aceite térmico más apropiado para la instalación.
- d) Dimensionado de los equipos necesarios en la instalación.
- e) Distribución de la red de tuberías en planta.
- f) Elaboración del presupuesto.

3 ANTECEDENTES

La planta, objeto de estudio, se dedica a la fabricación de listones, tableros, aglomerados y molduras de madera. Actualmente, esta planta está en estado operativo y se encuentra localizada en el Polígono Industrial de Morero (Cantabria).

El gerente de la misma ha solicitado el proyecto de diseño de un sistema de calentamiento industrial para su proceso, ya que actualmente no dispone de una instalación que suministre calor a los equipos (se proporciona calor mediante motores térmicos a distinta potencia), ni tampoco de sala de calderas.

De acuerdo a este contexto, el planteamiento del proyecto consiste en realizar una instalación nueva, tal que proporcione el calor necesario a los equipos de la planta industrial de forma eficiente, con la previsión de que en un futuro esta instalación pueda ser ampliada en función de un predecible aumento del número equipos a los que se precise suministrar calor.

4 NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

AENOR. 1973. UNE 19044:1973. Tubos para calderas. Diámetros, tolerancias y masas por metro. Madrid.

AENOR. 1986. UNE 90109:1986. Equipos de instrumentación, control, alarma y seguridades para calderas. Madrid.

AENOR. 1992. UNE 9013:1992. Sala de calderas. Madrid.

AENOR. 1998. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), RD.1751/1998. Madrid.

AENOR. 2005. UNE 100020:2005. Climatización. Sala de máquinas. Madrid.

AENOR. 2008. UNE-EN 10255:2005+A1:2008. Tubos de acero no aleado aptos para soldeo y roscado. Condiciones técnicas de suministro. Madrid.

AENOR. 2014. UNE 157001:2014. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. Madrid.

AENOR. 2004. UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión. Madrid.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 1964. Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. Madrid.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. 2013. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios – Versión consolidada (2013). Dirección General de Política Energética y Minas Secretaría de Estado de Energía. Madrid.

Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

4.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO

Autodesk. 2016. AutoCAD 2016 Versión del estudiante. Disponible en: <http://www.autodesk.es/products/autocad/free-trial>

Autodesk. 2016. AutoCAD P&ID 2016 Versión del estudiante. Disponible en: <http://www.autodesk.es/education/free-software/autocad-p-id>

4.3 BIBLIOGRAFÍA

Martí Miquel, C. 1979. Práctica de los fluidos térmicos: vapor, agua caliente, agua sobrecalentada, aceite térmico. Marcombo Boixareu. Barcelona.

Mataix, C. 1970. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Castillo, D.L. Madrid.

Sole Busquet, J. 2016. Fluido caloportador. Aceite térmico. AMV Ediciones. Madrid.

Fernández P. 1992. Ingeniería térmica. Santander, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Servicio de Publicaciones. Santander.

4.4 OTRAS REFERENCIAS

PIROBLOC [sitio web]. Barcelona: PIROBLOC. [Consulta: Mayo 2017]. Disponible en: <https://www.pirobloc.com>

FLUIDOTERMICO [sitio web]. Barcelona: FLUIDOTERMICO by Pirobloc. [Consulta: Junio 2017]. Disponible en: <http://www.fluidotermico.com>

5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

5.1 DEFINICIONES DE TÉRMINOS

- Caldera acuotubular: el fluido circula por tubos durante su calentamiento y los gases de combustión están en contacto con la pared externa de dichos tubos. Son las más utilizadas cuando interesan altas presiones y rendimiento y tienen pequeño volumen de agua.
- Caldera pirotubular: el fluido se encuentra en el interior del recipiente y es atravesado por tubos por los que circulan a alta temperatura los gases de combustión.

5.2 LISTADO DE ABREVIATURAS

- AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación
- DIN: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
- EN: European Standard
- HTF: Heat Transfer Fluid
- ISO: International Organization for Standardization
- IT: Instrucción Técnica
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
- UNE: Una Norma Española

6 REQUISITOS DEL DISEÑO

6.1 REQUISITOS DEL CLIENTE

El cliente solicita el diseño de un sistema industrial que proporcione calor a parte de la maquinaria de la fábrica, mediante la instalación de una caldera.

Los requisitos de potencia calorífica actuales vienen condicionados por tres equipos principales del proceso de fabricación: una prensa hidráulica de 800 kcal/h y dos túneles de secado de 400kcal/h y 350 kcal/h. Si bien, es preciso tener en cuenta que en un futuro podría ser necesario abastecer a algún otro equipo más.

Como información complementaria, el cliente proporciona el plano de la planta con la distribución de cargas que debe soportar la instalación y su situación (Plano 3).

6.2 REQUISITOS DE LA NORMA

Para plantear el diseño, se seguirá el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), ya que es la norma de aplicación para instalaciones térmicas de este tipo. Además del RITE, se consultarán y seguirán el resto de normas necesarias en este tipo de instalaciones (relacionadas en el apartado 4 del presente documento).

Las condiciones mínimas que debe cumplir el diseño de la instalación se señalan en el artículo 16 del Reglamento para las Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE):

- a) La justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad.
- b) Las características técnicas que reúnen los equipos y materiales que forman la instalación.
- c) Las verificaciones y pruebas que se efectuarán para realizar el control de la ejecución de la instalación y su control, una vez esté terminada.
- d) Las instrucciones de uso y mantenimiento de acuerdo con las características de la instalación, elaborando un “Manual de Uso y Mantenimiento”.

Sobre ello, los puntos a) y d) se justificarán mediante la Memoria del proyecto, mientras que los puntos b) y c) se detallarán en el Pliego de Condiciones.

7 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

7.1 ALTERNATIVAS

Como se ha comentado anteriormente, se va a proyectar una instalación consistente en una caldera industrial que cumpla los requisitos planteados por el cliente, a ubicar en una nueva sala de calderas.

El primer paso para plantear el diseño de instalación más apropiado consiste en la elección tecnológica más adecuada a los requisitos del cliente, de entre tres alternativas disponibles actualmente.

Las alternativas que se comentarán a continuación son: la instalación de una caldera de aceite térmico, una caldera de agua sobrecalentada o una caldera de vapor.

7.1.1 Caldera de aceite térmico

En las calderas de aceite térmico, el fluido caloportador es un aceite mineral o sintético. Este tipo de calderas pueden llegar a alcanzar potencias entre 80000 kcal/h y 10000000 kcal/h, trabajando a bajas presiones y con una temperatura de diseño de hasta 400°C. Teniendo en cuenta la disposición del fluido, las calderas de aceite térmico son acuotubulares, por lo que el fluido se desplazará por el interior de los tubos durante su calentamiento y los gases de combustión por el exterior. Permiten altas presiones de salida y son las más utilizadas en centrales termoeléctricas. Soporta grandes presiones y alcanza altas temperaturas, lo que hace que sean más caras.

7.1.2 Caldera de agua sobrecalentada

En cuanto a las calderas de agua sobrecalentada, su temperatura máxima de servicio es superior a los 110°C y pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 250°C, dependiendo del modelo de la caldera. Suelen utilizarse para centrales térmicas de ciclo combinado o plantas de cogeneración. En cuanto a la disposición del fluido pueden ser acuotubulares o pirotubulares, indistintamente. El aislamiento térmico en este tipo de calderas es más fácil que en las de aceite térmico, añadiendo que su mantenimiento es bastante sencillo.

7.1.3 Caldera de vapor

En este caso, como su propio nombre indica, el fluido caloportador es vapor de agua y al igual que las de agua sobrecalentada pueden ser de tipo acuotubular o pirotubular. Si se produce una fuga en este tipo de calderas puede llegar a producir graves daños debido a las altas presiones de trabajo y temperaturas a las que trabajan, por lo que los condensadores tienen

que ser purgados más cuidadosamente que en el resto para evitar fallos en la instalación, además de necesitar un gran control de calidad del agua utilizada.

7.2 SOLUCIÓN ADOPTADA

Anteriormente se han mencionado las alternativas posibles en función del tipo de fluido que se emplea en la caldera.

Las necesidades de la instalación objeto del diseño, contemplan un largo recorrido de tuberías, con unas temperaturas de trabajo de entre 20°C y 200°C. De acuerdo a la tecnología disponible actualmente, si en un proceso industrial se necesitan elevadas temperaturas de calentamiento, por encima de los 100°C, es difícil utilizar vapor o agua sobrecalentada ya que la instalación tendría un coste muy alto. Además, la presión del fluido calefactor, en estos casos, aumenta tanto que la instalación podría llegar a no realizarse por razones técnicas. Por ello, se descarta el uso del agua y del vapor como fluido caloportador.

Por lo tanto, el fluido escogido será el aceite térmico, ya que es el indicado para altas temperaturas debido a sus características, que se citarán a continuación en el apartado 7.2.5.

7.2.1 Caldera de fluido térmico

Al elegir como fluido caloportador el aceite térmico, la caldera debe ser adecuada para dicho material. Dicha caldera tendrá una potencia de 1500 kW, tienen una presión de diseño de 10 bares y una temperatura de diseño de 350°C, por lo que son las más adecuadas para el tipo de fluido utilizado.

Es una caldera de gas de tres pasos por humo de construcción vertical cuyas dimensiones de la base son de 2200x2300 mm y 4000 mm de alto.

7.2.2 Características del aceite térmico

El aceite térmico es un fluido de transferencia térmica, también denominado caloportador o HTF (Heat Transfer Fluid), que es utilizado en el sector industrial para transportar calor de un lugar a otro en diferentes tipos de procesos después de haber sido calentado.

Este tipo de fluidos están basados en aceites minerales parafínicos muy refinados que pueden ser minerales o con base sintética.

Los aceites térmicos generalmente se utilizan en procesos en los que se necesita una elevada temperatura y bajas presiones de trabajo, por lo que la elección del tipo de aceite térmico se efectúa en función de dichos parámetros (en concreto, temperatura que puede alcanzar el aceite térmico y temperatura de trabajo).

Estos aceites térmicos también se pueden emplear en procesos de enfriamiento y calentamiento en el mismo equipo.

A continuación, se enumeran las ventajas e inconvenientes del aceite térmico:

Ventajas

- El aceite térmico tiene como principal ventaja la posibilidad de operar a altas temperaturas sin tener que necesitar altas presiones.
- El uso del aceite térmico tiene un mayor rendimiento que otros fluidos caloportadores, como el agua, por lo que también presenta un correspondiente ahorro económico. Comparando el rendimiento de una caldera de vapor con una de aceite térmico, la primera tiene un rendimiento aproximadamente del 65-70%, lo que implica pérdidas de energía y, por lo tanto, de dinero. Por otro lado, la caldera de aceite térmico tiene un rendimiento en torno al 90%, y el ahorro de combustible es significativo en comparación con la anterior.
- Evita la corrosión o formación de incrustaciones en las tuberías, por lo tanto, implica un proceso más seguro y con mejor mantenimiento.

Inconvenientes

- Uno de los principales inconvenientes del aceite térmico es la necesidad de aislar las tuberías por las que circula. Si se desea un alto rendimiento de la instalación y no tener pérdidas térmicas utilizando un fluido térmico de estas características, es preciso aislarla correctamente. Además de esto, se evitará un mal funcionamiento, accidentes y contaminación, algo muy importante para la seguridad de los trabajadores y del medio ambiente.
- Se necesita un exhaustivo control del aceite para poder controlar su degradación con el tiempo.
- Se necesita una alta velocidad del fluido para producir calor, lo que implica el uso de bombas y válvulas, que pueden conllevar un coste mayor que si utilizaran vapor.
- Puede ser un peligro respecto al fuego, a la contaminación o al envenenamiento, ya que trabaja a temperaturas más altas que otros fluidos.

El aceite que se va a utilizar atendiendo a las necesidades de la instalación es el Shell Heat Transfer Oil S2, de la marca Shell. A una temperatura de 150°C tiene una densidad de 778 kg/m³, un calor específico de 2355 kJ/kg·°K y una conductividad térmica de 0.125 W/m·°K.

8 RESULTADOS FINALES

La instalación final está compuesta por una caldera de aceite térmico que utiliza como combustible gasóleo y su correspondiente circuito, tal que proporcione el calor necesario a tres equipos concretos de la planta industrial, una prensa hidráulica y dos túneles de secado. La distribución del circuito y los equipos se muestra en los planos 3 y 5.

En el Anexo 2 se detallan los cálculos del dimensionado de la instalación, la selección de los equipos y la descripción de la sala de calderas, así como de los equipos ubicados en ésta.

A continuación, se describe el circuito brevemente y los equipos utilizados en la instalación.

8.1 INSTALACIÓN FINAL

El esquema de la instalación se encuentra en el Plano 5.

La instalación proyectada consta de un circuito cerrado que transporta el fluido caloportador, en este caso aceite térmico, que va desde la caldera hasta los equipos y regresa de nuevo a la caldera.

La instalación de la caldera y de los correspondientes elementos de la instalación, se realizará en una nueva sala de calderas de la planta industrial, como se ve en su distribución en planta en el Plano 6.

8.2 EQUIPOS Y ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

Los equipos y elementos que vamos a necesitar en nuestra instalación de calefacción son los que citamos a continuación:

- Caldera de aceite térmico de la marca Attsu, modelo FT1750, con una potencia de 1750 kW, alcanza una presión de diseño de 10 bares y una temperatura de 350°C.
- Aceite térmico como fluido caloportador, modelo Shell Heat Transfer Oil S2 de la marca Shell. Una conductividad térmica de 0,125 W/mK a 150°C y un calor específico de 778 kJ/kgK.
- Bombas centrífugas autocebantes con succión axial de la marca Grudnfos modelo NB 32-160.1/155 cuya potencia es de 2,2 kW.
- Vaso de expansión de 110 litros de volumen, de 400 mm de diámetro y 900 mm de alto de la marca Pirobloc
- Depósito colector fabricado en calderería López Hermanos S.A., tendrá un volumen de 800 litros, diámetro de 900 mm y largo de 1400 mm.

- Separador hidráulico de 40 litros de 250 mm de diámetro por 900 mm de alto realizado en calderería López Hermanos S.A.
- Las tuberías de la red de distribución son de acero al carbono con extremos lisos y negras. Son de la marca Tubasol, tubos EN 10255 serie media M, de 50 mm de diámetro exterior.
- Válvulas de globo de fuelle y válvulas antirretorno de 50 mm de diámetro de la marca Comeval.
- Filtro de tamiz desmontable en paso en Y de diámetro 50 mm de la marca Maw.

La sala de calderas tendrá que estar a una temperatura ambiente para un correcto funcionamiento de la instalación. La situación de los equipos en la misma se puede ver en el Plano 6.

Además de los equipos principales, se colocarán por toda la instalación elementos de medición que permitan tener controlado el circuito y detectar anomalías en él, como son termómetros, manómetros y caudalímetros.

9 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto de ejecución por contrata para la instalación del sistema de calentamiento industrial mediante aceite térmico, diseñado en el presente proyecto, asciende a un total de NOVENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y UN EUROS Y CINCUENTA Y NUEVE CENTIMOS (99471,59 €).

Firmado,

Adriana Hidalgo Gómez

DOCUMENTO 2. ANEXOS

ÍNDICE DOCUMENTO 2. ANEXOS

ANEXO 1. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	1
1.1 DATOS DEL CLIENTE	1
1.2 DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	1
ANEXO 2. CÁLCULOS	3
2.1 CÁLCULOS INICIALES	3
2.1.1 Cálculo del caudal.....	3
2.1.2 Cálculo de la velocidad del fluido	4
2.1.3 Cálculo de las pérdidas de carga	5
2.2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA	10
2.2.1 Material de las tuberías	10
2.2.2 Aislamiento de las tuberías	11
2.2.3 Elección de las bombas	14
2.2.4 Elección del filtro	15
2.2.5 Comprobación del golpe de ariete.....	15
2.2.6 Comprobación de la cavitación	19
2.2.7 Vaso de expansión.....	20
2.2.8 Depósito colector	20
2.2.9 Separador hidráulico	21
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA SALA DE CALDERAS	22
2.3.1 Características generales.....	22
2.3.1 Dimensiones	22
2.3.2 Ventilación	23
ANEXO 3 LISTADO DE EQUIPOS	25
1. CALDERA DE ACEITE TÉRMICO.....	25
3. BOMBAS	26
4. FILTRO	27
5. VASO DE EXPANSIÓN.....	27

6. DEPOSITO DE VACIADO	28
7. SEPARADOR HIDRAULICO	28
8. VÁLVULAS.....	28
ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO TÉRMICO	29
ANEXO 5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	31
5.1 OBJETO DEL ESTUDIO	31
5.2 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	31
5.3 NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN OBRA	32
5.4 IDENTIFICACION DE RIESGOS Y PREVISION DE MEDIDAS PREVENTIVAS.....	32
5.4.1 Montaje de la instalación.....	32
5.4.2 Conexionado a la instalación eléctrica	33
5.4.4 Trabajos de soldadura.....	35
5.4.5 Riesgos a terceros	36
5.5 TRABAJOS POSTERIORES	36
5.5.1 Mantenimiento y reparaciones	37
5.6 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	38
5.7 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	38
5.8 COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD.....	39
5.9 OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS	39
5.10 OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTONOMOS	40
5.11 LIBRO DE INCIDENCIAS	40
5.12 PARALIZACION DE LOS TRABAJOS.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea del emplazamiento de la nave.	2
Figura 2. Diagrama de Moody.	8
Figura 3. Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga adicionales.	9
Figura 4. Sección de tubería.	11
Figura 5. Vista del aislamiento de la tubería.	14
Figura 6. Curva característica de la bomba y punto de funcionamiento.	15
Figura 7. Filtro tamiz desmontable de paso en Y.	15
Figura 8. Pasos del ciclo de la valoración del golpe de ariete.	17
Figura 9. Distancias y alturas libres exigidas en la sala de calderas.	23
Figura 10. Caldera de aceite térmico modelo FT1750 marca ATTSU.	26
Figura 11. Esquema bomba NB 32-160.1/155 de la marca Grundfos.	27
Figura 12. Filtro de tamiz desmontable en paso Y.	27
Figura 13. Válvula de interrupción.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencia calorífica demandada por la maquinaria de la línea de producción.	1
Tabla 2. Datos del aceite térmico.	3
Tabla 3. Valores de la rugosidad absoluta de tuberías comerciales.	7
Tabla 4. Características de las tuberías seleccionadas.	11
Tabla 5. Datos de fluido y tubería.	12
Tabla 6. Características de la caldera térmica FT1750 de la marca ATTSU	25
Tabla 7. Características térmicas medias del aceite Shell Heat Transfer Oil S2.	29

ANEXO 1. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

1.1 DATOS DEL CLIENTE

El solicitante de este proyecto es el gerente de una planta industrial cuya actividad principal es la fabricación de en serie de madera prensada, en forma de listones, tableros, aglomerados y molduras de madera.

El cliente tiene la necesidad de instalar un sistema de calentamiento que conste de una caldera que proporcione la potencia calorífica para abastecer una prensa hidráulica y dos túneles de secado de la línea de producción.

Para proceder al diseño de la instalación, se disponen como datos de partida el plano de la fábrica, con la correspondiente distribución de la prensa y los túneles de secado (ver Plano 4), y la potencia necesaria en cada máquina, dada en kilocalorías por hora, que se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 1. Potencia calorífica demandada por la maquinaria de la línea de producción.

MÁQUINA	POTENCIA
Prensa hidráulica	800 kcal/h
Túnel de secado 1	400 kcal/h
Túnel de secado 2	350 kcal/h

1.2 DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

La planta industrial está situada en la zona norte de España, en la localidad de Astillero (Cantabria). La nave se encuentra ubicada en el Polígono de Morero, situado al lado del Polígono Industrial de Guarnizo, una zona industrial de fácil acceso debido a su proximidad con las autovías S-30 y S-10.

Las coordenadas del emplazamiento son las siguientes:

- Latitud: 43° 23' 41.838" Norte
- Longitud: 3° 50' 41.877" Oeste



Figura 1. Vista aérea del emplazamiento de la nave.

ANEXO 2. CÁLCULOS

2.1 CÁLCULOS INICIALES

2.1.1 Cálculo del caudal

La caldera que se va a instalar suministrará calor a tres máquinas del proceso de fabricación: una prensa hidráulica y dos túneles de secado, de los cuales se conoce la potencia que necesitan (ver Tabla 1). En concreto, la prensa hidráulica necesita una potencia de 800kcal/h, y los túneles de secado 400 kcal/h y 350 kcal/h, respectivamente.

El cálculo del caudal de fluido caloportador necesario se plantea dividiendo la potencia que se necesita suministrar entre el poder calorífico, el calor específico y el incremento de temperatura ente el fluido de ida y de retorno.

$$Q = \frac{Pot}{P_c \cdot C_p \cdot \Delta t} \quad (1)$$

La Tabla 2, resume los datos característicos del aceite térmico, que se han obtenido de la ficha técnica del aceite elegido, tal y como se plantea, en la Memoria del presente proyecto.

Tabla 2. Datos del aceite térmico.

Poder calorífico	$P_c = 0.788 \frac{kg}{l} \cdot \frac{1000 l}{1 m^3} = 788 \frac{kg}{m^3}$
Calor específico	$C_p = 2.355 \frac{kJ}{kg K}$
Incremento de temperatura	$\Delta t = 10 ^\circ C = 283 K$

a) Caudal de la prensa hidráulica

$$Q = \frac{800 \frac{kcal}{h} \cdot \frac{4185.8 kJ}{kcal}}{778 \frac{kg}{m^3} \cdot 2.355 \frac{kJ}{kg ^\circ K} \cdot 283 ^\circ K} = 6.458 \frac{m^3}{h}$$

b) Caudal del primer túnel de secado

$$Q = \frac{400 \frac{kcal}{h} \cdot \frac{4185.8 kJ}{kcal}}{778 \frac{kg}{m^3} \cdot 2.355 \frac{kJ}{kg ^\circ K} \cdot 283 ^\circ K} = 3.229 \frac{m^3}{h}$$

c) Caudal del segundo túnel de secado

$$Q = \frac{350 \frac{kcal}{h} \cdot \frac{4185.8 kJ}{kcal}}{778 \frac{kg}{m^3} \cdot 2.355 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ K} \cdot 283^\circ K} = 2.825 \frac{m^3}{h}$$

La red de tuberías que se ha diseñado, presenta una configuración en paralelo, por lo tanto, se deben sumar los caudales de cada máquina para saber cuál es el caudal total que tiene que pasar por la tubería.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2)$$

$$Q = 6.458 + 3.229 + 2.825 = 12.512 \frac{m^3}{h}$$

El caudal final que tenemos será $Q = 12.512 m^3/h$.

2.1.2 Cálculo de la velocidad del fluido

Una vez obtenido el caudal necesario, se debe proceder a calcular la velocidad del fluido por la tubería para después obtener las pérdidas de carga. Suponiendo un diámetro de tubería normalizado de 50 mm, se calculará la velocidad. A mayores diámetros, la velocidad del fluido disminuye, lo cual no es deseado.

El caudal, en metros cúbicos por hora, es igual al área transversal de la tubería por la velocidad del fluido.

$$Q = A \cdot v \quad (3)$$

El área transversal es un círculo, por tanto, será:

$$Area = \frac{\pi}{2} \cdot R^2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (4)$$

Si se sustituyen los datos indicados anteriormente, se obtiene la velocidad:

$$12.512 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1 h}{3600 s} = \frac{\pi}{4} \cdot 0.050^2 \cdot v$$

$$v = 1.77 \frac{m}{s}$$

La velocidad a la que irá el fluido por la red de tuberías es $v = 1.77 m/s$.

2.1.3 Cálculo de las pérdidas de carga

En el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías, existen dos tipos de pérdidas, primarias y secundarias. Las primarias se relacionan con la resistencia de superficie, mientras que las secundarias con la resistencia de forma.

Inicialmente, se calculará el valor de las perdidas primarias con la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_{rp} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

El coeficiente λ es adimensional y se obtiene del diagrama de Moody. Depende de la velocidad, densidad y viscosidad del fluido, y del diámetro y rugosidad de la tubería.

Teniendo en cuenta que el número de Reynolds depende de la velocidad, densidad, viscosidad del fluido y diámetro de la tubería, λ se calculará en función de Reynolds y de la rugosidad de la tubería.

Seguidamente, para el cálculo de las pérdidas secundarias, que son las que tenemos en los accesorios, se disponen de dos métodos para realizarlo.

El primer método sería el cálculo mediante la ecuación fundamental y el coeficiente adimensional ζ .

$$h_{rs} = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

El segundo método es el de la longitud equivalente, que se incluye en la ecuación de las perdidas primarias. Por lo tanto, en una tubería de sección constante la perdida de carga total sería:

$$h_r = h_{rp} + h_{rs} \quad (7)$$

$$h_r = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \right) + \left((\zeta_1 + \zeta_2 + \dots + \zeta_n) \cdot \frac{v^2}{2g} \right) \quad (8)$$

$$h_r = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} + (\zeta_1 + \zeta_2 + \dots + \zeta_n) \right) \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

En este caso, se va a utilizar el método de la longitud equivalente, que considera los accesorios como tramos rectos de tubería que produjeran las mismas perdidas de carga, por lo tanto, la ecuación final que incluye las pérdidas primarias y secundarias será la siguiente:

$$h_r = \lambda \cdot \frac{(L + L_{eq})}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

Para obtener el valor de las pérdidas primarias, debemos calcular el número de Reynolds, la rugosidad relativa y buscar λ en el diagrama de Moody. Para la parte correspondiente a las pérdidas secundarias, en el nomograma de los accesorios y con el diámetro de tubería, se obtendrá la longitud equivalente.

a) Cálculo del número de Reynolds

Con el número de Reynolds se determina la turbulencia de la corriente, si obtenemos un valor alto quiere decir que tenemos una corriente turbulenta y un influjo pequeño de la viscosidad.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (11)$$

Donde:

$$\text{Velocidad de la corriente} \quad v = 1.77 \text{ m/s}$$

$$\text{Diámetro de la tubería} \quad D = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{Viscosidad cinemática} \quad \nu = 1.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{1.77 \text{ m/s} \cdot 0.050 \text{ m}}{1.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 49166 \simeq 5 \cdot 10^4$$

Con el valor obtenido, se puede decir que el flujo es turbulento.

b) Cálculo de la rugosidad relativa

Con la rugosidad relativa, que es el cociente entre la rugosidad absoluta del material de la tubería y su diámetro, se entra por la derecha al diagrama de Moody.

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D} \quad (12)$$

Para el material escogido para las tuberías, acero nuevo, la rugosidad absoluta es de 0.05 mm.

$$\varepsilon_r = \frac{0.05 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 0.001$$

La rugosidad relativa obtenida es $\varepsilon_r = 0.001$.

Tabla 3. Valores de la rugosidad absoluta de tuberías comerciales.

MATERIAL	ε (mm)
Vidrio, bronce, cobre, plásticos	0.0015
Fundición nueva, no revestida	0.25 - 1
Fundición asfaltada nueva	0.125
Fundición con incrustaciones	1.5 - 3
Fundición oxidada	1 - 1.5
Fundición centrifugada	0.03 - 0.122
Fundición con revestimiento de mortero de cemento centrifugado	0.03
Acero comercial (nuevo)	0.03
Acero comercial soldado	0.05
Acero estirado sin soldadura	0.00153
Acero galvanizado	0.15
Tubos de acero ligeramente oxidados	1...3
Tubos de acero fuertemente oxidados	0.4 - 0.6
Hierro forjado (nuevo)	0.05
Hierro forjado	0.15
Fibrocemento	0.0125 - 0.1
Hormigón liso	0.3 - 3
Hormigón rugoso	3 - 20
Hormigón pretensado	0.25
PVC, PE	0.007

c) Obtención de λ

Con los valores obtenidos anteriormente, la rugosidad relativa y Reynolds, se determina λ .

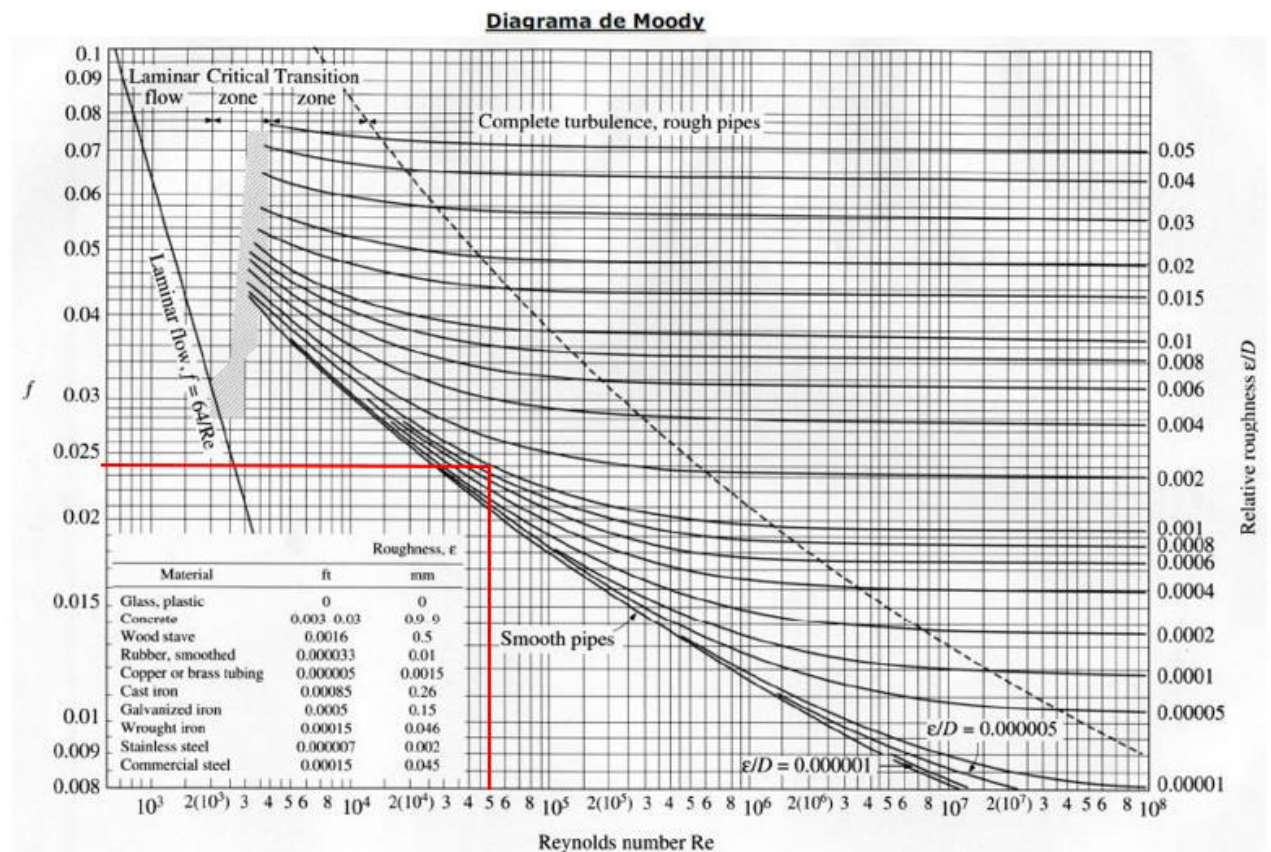


Figura 2. Diagrama de Moody.

El valor obtenido del diagrama de Moody es $\lambda = 0.024$.

d) Cálculo de las longitudes equivalentes

Para este cálculo se utiliza el ábaco de longitudes equivalentes en accesorios. Una vez se seleccionen sobre el ábaco el diámetro de la tubería con el tipo de accesorio, permite obtener directamente la longitud equivalente.

En la red de tuberías planteada, resultan 20 codos de 90° , por lo tanto, la longitud equivalente para un diámetro de 50 mm será de 1.5 m por codo. Además de los codos, se contabilizan 15 tées que para el diámetro de 50 mm la longitud equivalente resulta 3.5 m.

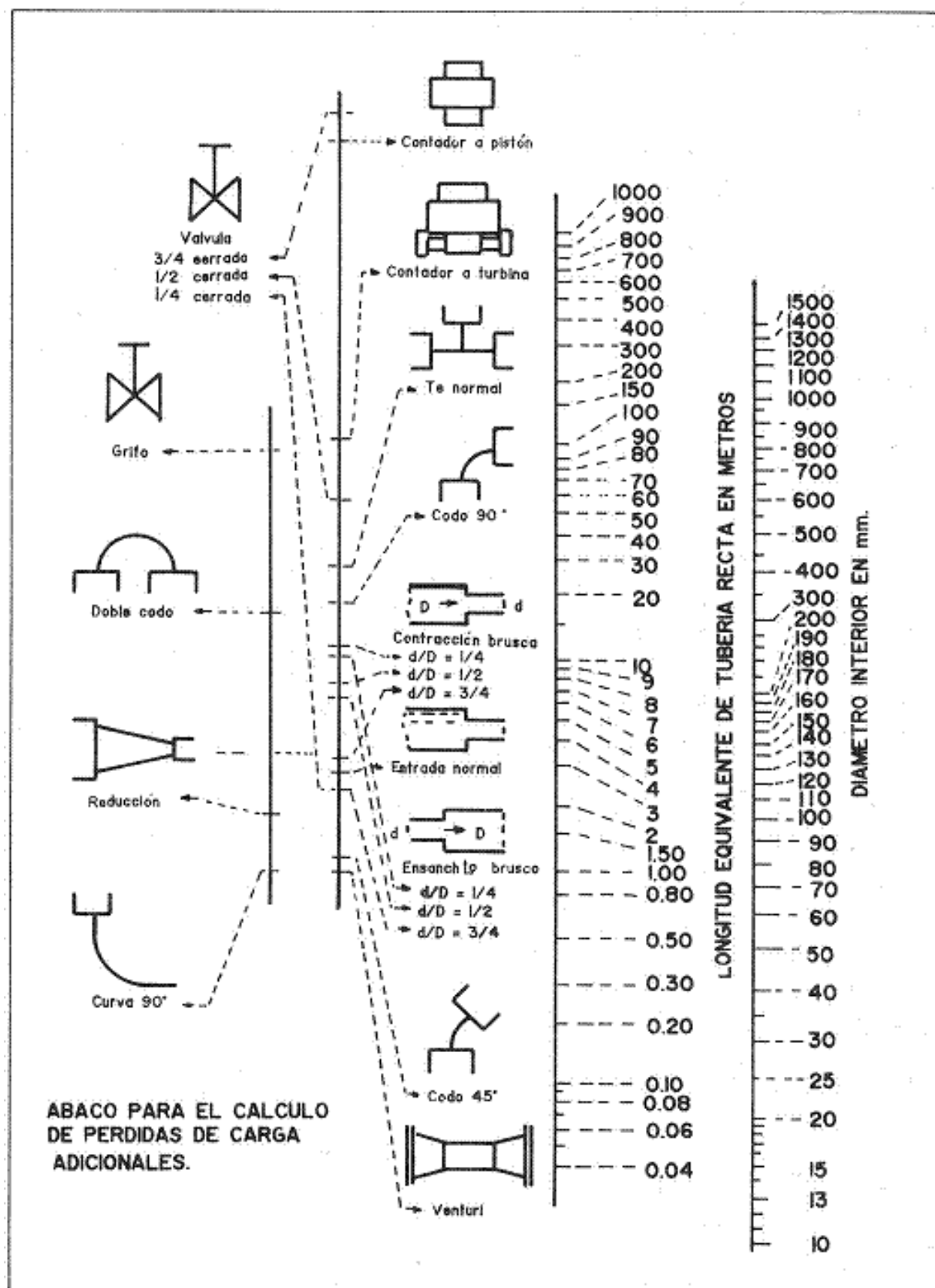


Figura 3. Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga adicionales.

e) Cálculo longitud de la tubería

La longitud de la tubería se mide sobre el Plano 4, teniendo en cuenta que la tubería va pegada a la pared durante toda la red y que se deben de hacer unas ramificaciones en el momento de salida de caldera y entrada, y en cada máquina.

La longitud total será de 80.08 m, multiplicado por dos (ida y retorno), más ocho ramificaciones que bajan 4 m hasta la altura a la que se encuentran las máquinas y 63.3 m de tubería en la sala de calderas.

$$Longitud\ total = 80.08 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 63.3 = 259.46\ m$$

f) Cálculo de las pérdidas totales

Una vez realizados todos los cálculos necesarios, se obtienen las pérdidas de carga totales de la red sustituyendo los valores en nuestra ecuación.

$$h_r = \lambda \cdot \frac{(L + L_{eq})}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (13)$$

$$h_r = 0.024 \cdot \frac{(196.16 + 20 \cdot 1.5 + 15 \cdot 3.5)}{0.050} \cdot \frac{1.77^2}{2 \cdot 9.81} = 21.36\ m$$

Las pérdidas de carga totales de la red tienen un valor de 21.36 m.

2.2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA

2.2.1 Material de las tuberías

Para escoger el material adecuado de las tuberías, se debe tener en cuenta principalmente el fluido que circulará por ellas y la temperatura que este alcanza. Dado que en esta instalación se empleará aceite térmico trabajando a una temperatura de 180°C, el material más conveniente para la red de tuberías es acero al carbono.

Se utilizarán tubos de aceros soldados de material negro roscados, de calidad S195T, fabricados según la norma UNE EN-1025. En la tabla 4 se recogen las características de los tubos. Tienen gran resistencia mecánica, son resistentes a la corrosión y al fuego, por lo que soportan altas temperaturas, algo indispensable para este tipo de instalaciones.

Tabla 4. Características de las tuberías seleccionadas.

DIN	Paso nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)
50	2	60.3	3.6

2.2.2 Aislamiento de las tuberías

Según la IT 1.2.4.2.1 las tuberías, accesorios, equipos y aparatos de una instalación térmica con fluidos a una temperatura superior a 40°C, como en este caso, deben disponer de aislamiento térmico. Este aislamiento térmico es esencial para garantizar la seguridad en el proceso y del personal al trabajar a altas temperaturas, para proteger en caso de que se produzca un incendio o una fuga, o para evitar la corrosión de las tuberías.

Para seleccionar el aislamiento, en primer lugar se debe calcular el espesor mínimo de aislamiento para que la superficie exterior esté a una temperatura aproximada de 22°C. Para ello, se calculará con la ecuación fundamental de transmisión de calor.

Para aplicar la ecuación fundamental, se tiene en cuenta el fluido que circula por el interior de la tubería con la resistencia de convección correspondiente, mientras que la tubería y el aislamiento tienen resistencia de conducción, por lo tanto, la ecuación a emplear tiene la siguiente forma:

$$Q = \frac{\Delta T}{R_{\text{aislamiento}} + R_{\text{tubería}} + R_{\text{conv}}} \quad (14)$$

$$Q = \frac{\Delta T}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_2 l} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_1 l} + \frac{1}{2\pi r_1 l h_c}} \quad (15)$$

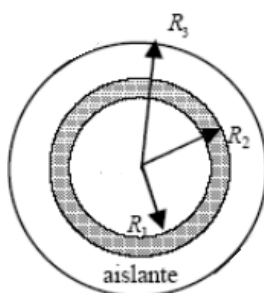


Figura 4. Sección de tubería.

Otro modo de calcular el calor es con la ecuación que lo relaciona con la capacidad calorífica, la temperatura y la masa:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (16)$$

Para proceder con el cálculo, se necesitan los siguientes datos:

$Q \left(\frac{W}{m} \right)$: Calor.

$\Delta t \text{ (K)}$: Diferencia de temperatura.

$r_3, r_2, r_1 \text{ (mm)}$: Radio exterior del aislamiento, radio exterior de la tubería y radio interior de la tubería respectivamente.

$k_1, k_2 \left(\frac{W}{mK} \right)$: Conductividad térmica de la tubería y del aislante.

$h_c \left(\frac{W}{m^2K} \right)$: Coeficiente de película del fluido.

$C_p \left(\frac{J}{kgK} \right)$: Capacidad calorífica.

$\rho \left(\frac{kg}{m^3} \right)$: Densidad del fluido.

$\mu \left(\frac{Ns}{m^2} \right)$: Viscosidad dinámica del fluido.

Los datos disponibles se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Datos de fluido y tubería.

Parámetro	Valor
Temperatura del fluido	150 °C (426 K)
Temperatura exterior	22 °C (295 K)
Radio exterior tubería	60.3 mm
Radio interior tubería	50 mm
Conductividad térmica aislante (150°C)	0.056 W/mK
Conductividad térmica tubería (150°C)	54 W/mK
Conductividad térmica fluido (150°C)	0.125 W/mK
Capacidad calorífica fluido (150°C)	2355 J/kgK = 0.6542 W/kgKh
Densidad fluido (150°C)	778 kg/m ³
Viscosidad dinámica fluido (150°C)	0.0014 kg/ms

Para calcular el poder calorífico Q , se sustituyen los valores de la densidad, volumen, capacidad calorífica y diferencia de temperatura.

$$Q = 778 \frac{kg}{m^3} \cdot (\pi \cdot 0.025^2 \cdot l) \cdot 0.6542 \frac{W}{Kg \cdot K \cdot h} \cdot (423 - 295) = 127.9175 \text{ l}$$

Una vez se tiene el dato del calor, es preciso calcular el coeficiente de película h_c . Para ello, se calcula la correlación para la convención forzada por el interior de tuberías, en este caso con la ecuación de Polley, que depende del número de Reynolds y de Prandtl.

$$St = \exp[-3.796 - 0.205 \cdot \ln(Re) - 0.505 \cdot \ln(Pr) - 0.0255 \cdot \{\ln(Pr)\}^2] \quad (17)$$

Siempre que: $0.5 < Pr < 3000$

a) Cálculo número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{1.77 \cdot 0.050}{1.8 \cdot 10^{-6}} = 49166$$

b) Cálculo número de Prandtl

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{k} = \frac{0.0014 \cdot 2355}{0.125} = 26.3835$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación de Polley (17), se obtiene el valor de la correlación, St .

$$St = \exp[-3.796 - 0.205 \cdot \ln(49166) - 0.505 \cdot \ln(26.3835) - 0.0255 \cdot \{\ln(26.3835)\}^2]$$

$$St = 3.5747 \cdot 10^{-4}$$

Para poder obtener el coeficiente de película, primero se necesita calcular el número de Nusselt con los valores que se han calculado anteriormente.

$$Nu = \frac{h_c \cdot L(\text{diámetro})}{k} = St \cdot Re \cdot Pr \quad (18)$$

$$Nu = 3.5747 \cdot 10^{-4} \cdot 49166 \cdot 26.3835 = 463.6969$$

$$463.6969 = \frac{h_c \cdot 0.050}{0.125}$$

El valor del coeficiente de película es: $h_c = 1159.2422 \frac{W}{m^2 K}$

Para obtener el aislamiento necesario se sustituye en la ecuación fundamental:

$$Q = \frac{\Delta T}{\frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_2 l} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_1 l} + \frac{1}{2\pi r_1 l h_c}} \quad (19)$$

$$127.9175 l = \frac{423 - 295}{\frac{\ln(r_3/0.03015)}{2\pi 0.056 l} + \frac{\ln(0.03015/0.025)}{2\pi 54 l} + \frac{1}{2\pi 0.025 l 1159.2422}}$$

$$r_3 = 0.04278 m$$

Si el radio exterior del aislante es de 42.78 mm, para calcular el espesor del aislamiento se debe restar el radio exterior de la tubería, que es de 30.15 mm, por lo que el espesor mínimo de aislante es:

$$espesor = 42.78 - 30.15 = 12.63 mm$$

El aislante escogido es del proveedor Isover Saint-Gobain, TECH Pipe Section MT 4.0. de diámetro interior de 60 mm y un espesor de 30 mm.

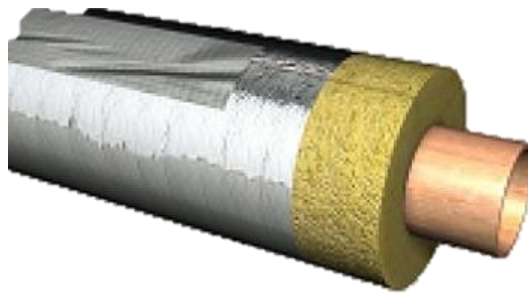


Figura 5. Vista del aislamiento de la tubería.

2.2.3 Elección de las bombas

A la hora de elegir una bomba adecuada para la instalación se debe tener en cuenta el caudal a impulsar y la altura que debe vencer debido a las pérdidas de carga. En este caso, el caudal es de 12.512 m³/h y las pérdidas de carga aplicando un coeficiente de seguridad de 1.3 (30%) serán de 27.77 m.

Para estos datos, se elige una bomba de aspiración axial de la marca Grundfos, modelo NB 32-160.1/155 de dos polos para una frecuencia de 50 Hz.

Como características de la bomba destaca su gran rendimiento, la fiabilidad y el fácil mantenimiento de la misma.

A continuación, se muestra la curva característica de la bomba y el punto de funcionamiento.

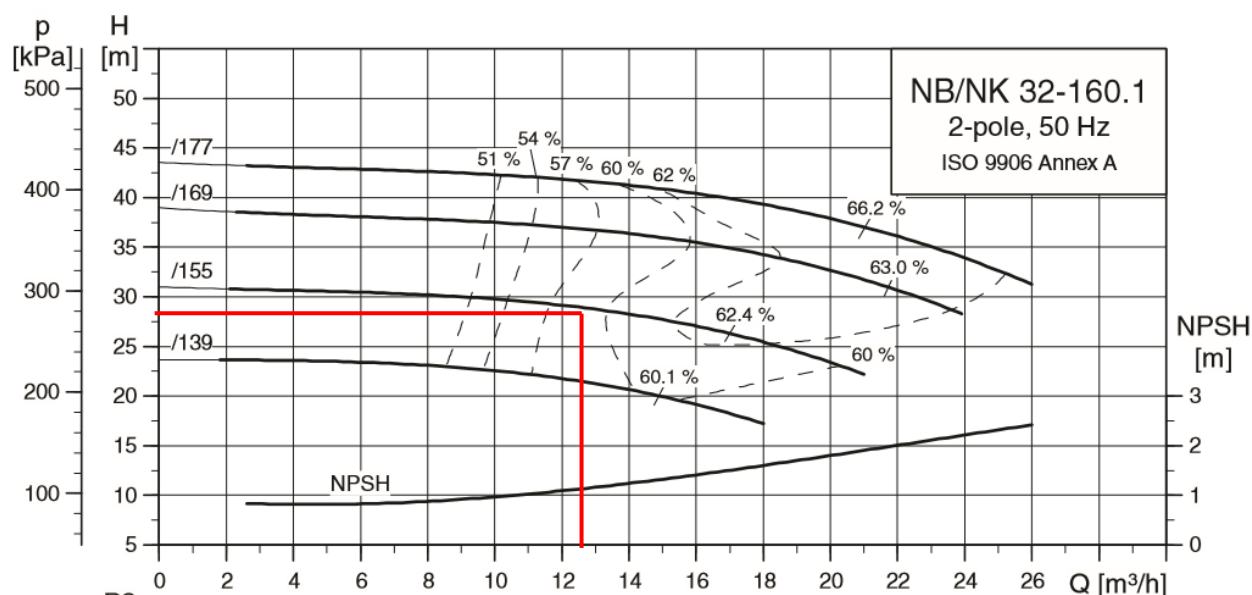


Figura 6. Curva característica de la bomba y punto de funcionamiento.

2.2.4 Elección del filtro

En la instalación, antes de la bomba se instala un filtro que reduce las cantidades de partículas sólidas e impurezas que haya en el fluido. El filtro seleccionado en este caso es de tamiz desmontable de paso en Y.

Algunas ventajas de este tipo de filtros son las bajas pérdidas de carga que produce, su sencilla instalación, ya que se efectúa directamente a la tubería con bridas, y sobre todo, que es una de las soluciones más económicas.



Figura 7. Filtro tamiz desmontable de paso en Y.

2.2.5 Comprobación del golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno transitorio que origina depresiones y sobrepresiones excesivas debido al movimiento oscilatorio del fluido en el interior de la tubería. Es una variación de presiones excesivas que pueden originar averías llegando a la destrucción de la estructura.

Se puede producir al poner en marcha o detener una máquina hidráulica, al disminuir el caudal o por un paro del flujo, por ejemplo, al cerrar o abrir una válvula. La energía cinética se transformará en energía de presión y es la causa de que se genere una sobrepresión que pueda causar el colapso de la tubería.

Esta sobrepresión se debe tener en cuenta para dimensionar las tuberías correctamente, por ejemplo, seleccionar un espesor adecuado para que la tubería no se averíe. Además de esto, si no se realizan unos cálculos adecuados a este fenómeno es posible que la instalación quede sobredimensionada, lo que produce un incremento del coste, o que las tuberías se rompan al estar mal dimensionadas en cuando al golpe de ariete.

Para explicar el procedimiento de golpe de ariete se debe analizar el recorrido del fluido por la tubería, siendo c la velocidad de la onda y L la longitud de la tubería, siendo el tiempo que recorre la onda por la tubería $t_0 = L/c$.

El ciclo se repite al cabo de un tiempo $T = 4 \cdot t_0$.

1. No hay perturbación, el líquido se desplaza en régimen permanente y el diámetro de la tubería no cambia.
2. La válvula se cierra instantáneamente y la velocidad del fluido es nula a partir de ahí.
3. Tiempo $t_0/2$. La onda se propaga y el frente de la onda de presión llega hasta la mitad de la tubería. La mitad derecha está dilatada y con velocidad nula, mientras que en la mitad izquierda el agua sigue desplazándose con velocidad c .
4. Tiempo t_0 . El líquido se encuentra en reposo y la onda llega al embalse. Toda la tubería está dilatada y el líquido empieza a moverse en sentido contrario desde la zona más próxima al embalse.
5. Tiempo $3/2 t_0$. La onda se sigue propagando, en la mitad izquierda el diámetro de la tubería es normal y el líquido circula con velocidad v .
6. Tiempo $2 t_0$. Toda la tubería tiene diámetro normal y el líquido se desplaza con velocidad v hacia el depósito. La onda se sigue propagando contrayendo la tubería debido a la inercia.
7. Tiempo $5/2 t_0$. La mitad derecha tiene líquido en reposo con un diámetro inferior al normal debido a la baja presión. El líquido se desplaza hacia la izquierda con velocidad v .

8. Tiempo $3 t_0$. El diámetro en toda la tubería es menor. El líquido está en reposo, pero no en equilibrio, por lo tanto, comienza el movimiento hacia la válvula.
9. Tiempo $7/2 t_0$. En la mitad derecha el diámetro es menor, el líquido sigue en reposo y la velocidad y la onda de presión tienen el mismo sentido. En la otra mitad el diámetro es normal y el fluido va hacia la válvula con velocidad v .
10. Tiempo $4 t_0$. Diámetro normal en toda la tubería y movimiento con velocidad v hacia la derecha, igual que en t_0 .

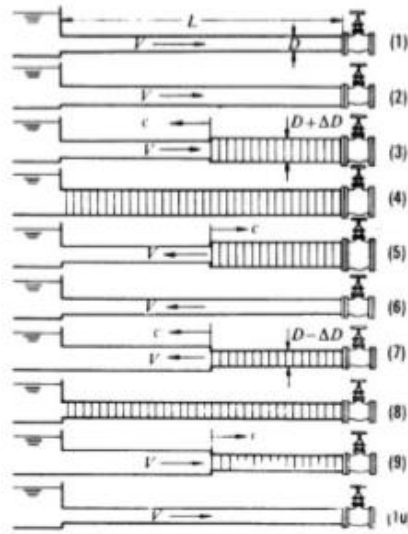


Figura 8. Pasos del ciclo de la valoración del golpe de ariete.

La sobrepresión, depende del tiempo de cierre de la válvula, el cual puede ser instantáneo, rápido o lento.

Si se supone que el cierre es instantáneo el fluido se decelera dando lugar a una fuerza de inercia:

$$F_i = -m \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (20)$$

La variación de tiempo en este caso corresponde al tiempo que transcurre desde que una masa de fluido reduce su velocidad un valor Δv . Si el valor de la masa es $m = \rho l A$ (donde l es la longitud recorrida por la onda elástica en el tiempo Δt), se tienen las ecuaciones para cierre total y parcial.

Cierre total:

$$F_i = \rho l A \frac{v}{\Delta t} \quad (21)$$

Cierre parcial:

$$F_i = \rho l A \frac{(v - v')}{\Delta t} \quad (22)$$

Si la sobrepresión y la celeridad son de la forma:

$$\Delta p = \frac{F_i}{A} \quad (23)$$

$$c = \frac{L}{\Delta t} \quad (24)$$

Sustituyendo en las ecuaciones de la fuerza de inercia, se obtiene la sobrepresión en cierre instantáneo total de la válvula y la sobrepresión en cierre instantáneo parcial de la válvula.

Cierre instantáneo total:

$$\Delta p = \rho c v \quad (25)$$

Cierre instantáneo parcial:

$$\Delta p = \rho c (v - v') \quad (26)$$

Para el cálculo de la celeridad de la onda de presión en la tubería se utiliza la fórmula de Juokowski.

$$c = \frac{\sqrt{\frac{E_0}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{E_0 D}{E \delta}}} \quad (27)$$

Los valores para el cálculo de la celeridad son los siguientes:

Módulo de elasticidad del fluido: $E_0 = 1.5 \cdot 10^9 N/m^2$

Módulo de elasticidad del material de la tubería: $E = 1.95 \cdot 10^{11} N/m^2$

Densidad del fluido: $\rho = 778 kg/m^3$

Espesor de la tubería: $\delta = 3.6 mm$

Diámetro de la tubería: $D = 50 mm$

Sustituyendo:

$$c = \frac{\sqrt{\frac{1.5 \cdot 10^9}{778}}}{\sqrt{1 + \frac{1.5 \cdot 10^9 \cdot 0.050}{1.95 \cdot 10^{11} \cdot 0.0036}}} = 417.3629 m/s$$

Una vez calculada la celeridad, se puede obtener la sobrepresión, primero debido al cierre total de la válvula:

$$\Delta p = 778 \cdot 417.3629 \cdot 1.77 = 574733.80 \frac{N}{m^2} = 5.7473 \text{ bar}$$

La sobrepresión parcial se desprecia, ya que es menor que la calculada anteriormente.

Según la IT 1.3.4.2.7, con un diámetro de 50 mm está prohibido utilizar válvulas de retención de simple clapeta, pero se podrán utilizar válvulas de retención de disco o de disco partido, con muelle de retorno.

2.2.6 Comprobación de la cavitación

La definición de cavitación según Claudio Mataix, se describe como un fenómeno que se produce siempre que la presión en algún punto o zona de la corriente de un líquido desciende por debajo de un cierto valor admisible. Así mismo da una descripción del fenómeno, *“cuando la corriente en un punto de la máquina alcanza una presión inferior a la presión de saturación de vapor, el líquido se evapora y se originan en el interior del líquido cavidades de vapor”*.

La cavitación puede ocasionar problemas en la instalación, concretamente en las bombas, independientemente del tipo que sean; y las cavidades de vapor que se producen, pueden provocar picaduras en la superficie del material que esté en contacto con el líquido. Este fenómeno puede ocurrir en la aspiración, cuando hay demasiado vacío que supere la presión del vapor del líquido bombeado. Suele ocasionarse debido a que no sea suficiente el NPSH de la instalación por un aumento de la pérdida de carga en la bomba o por una altura excesiva de aspiración. En la impulsión también puede producirse cavitación, debido a una altura de descarga elevada que desplaza el punto de trabajo de la bomba fuera de la curva de funcionamiento.

En instalación proyectada, se puede asegurar que no se producirá cavitación debido a que el fluido utilizado es aceite térmico. Este fluido tiene más viscosidad que el agua, con lo que es difícil que se produzca el fenómeno de cavitación en las bombas. Además, la presión en la aspiración y succión de las bombas es de 10 bares, suficiente para que no se produzca cavitación. No obstante, se colocarán manómetros a la entrada y salida de las bombas para poder controlar esta presión y detectar con facilidad en un futuro algún fallo referente a la cavitación.

2.2.7 Vaso de expansión

En todas las instalaciones es necesario un depósito de expansión. El volumen del tanque depende del tipo de fluido, el volumen de la instalación y la temperatura del circuito. Existen vasos de expansión de tipo abierto y cerrado, en esta instalación se utilizará de tipo cerrado.

La función del sistema de expansión es absorber las variaciones de hasta 1,5 veces el volumen del fluido del circuito cuando varía su temperatura, impidiendo que se produzcan pérdidas y manteniendo la presión del fluido.

El vaso de expansión se calcula teniendo en cuenta la variación de volumen de aceite entre las temperaturas de 20 y 200°C.

La fórmula que da la variación de volumen en función del cambio de temperatura es:

$$V_{\text{vaso exp}} = V_{\text{total}} \cdot C_d \cdot T_{\text{máx}} \quad (28)$$

Donde:

Volumen mínimo del vaso de expansión (m³) : $V_{\text{vaso exp}}$

Volumen total del fluido térmico (m³) : V_{total}

Coeficiente de dilatación térmica (1/°C) : C_d

Temperatura máxima de trabajo del fluido (°C) : T_{max}

$$V_{\text{expansión}} = 0.51 \text{ m}^3 \cdot 0.00076 \cdot 180 = 0,0697 \text{ m}^3$$

Se considera un coeficiente de seguridad de 1.5 que da el volumen final del vaso de expansión:

$$V_{\text{vaso exp}} = 0,0697 \text{ m}^3 \cdot 1,5 = 0,105 \text{ m}^3$$

Dados los cálculos el volumen del vaso de expansión será de 110 litros. El vaso de expansión es fabricado por la empresa Pirobloc, específico para esta instalación con el volumen citado anteriormente, soporta una presión de 10 bares y su temperatura de servicio es de 260°C.

2.2.8 Depósito colector

La instalación tiene que tener un depósito colector capaz de almacenar todo el volumen de aceite que contenga.

Para calcular el volumen se necesita el diámetro de las tuberías, de 50 mm como se comenta en el apartado 2.1.1 de este Anexo, y la longitud de tubería, que es de 260,60 metros.

$$V_{depósito} = \frac{\pi}{4} \phi^2 \cdot Longitud\ de\ tubería \quad (30)$$

$$V_{depósito} = \frac{\pi}{4} 0,050^2 \cdot 260,60 = 0,510\ m^3$$

Teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad de 1,5:

$$V_{depósito} = 0,510\ m^3 \cdot 1,5 = 0,765\ m^3$$

El volumen del depósito colector de la instalación será de 800 litros, siendo un depósito realizado en acero de calidad St.37 y de forma cilíndrica horizontal realizado por la calderería Lopez Hermanos S.A.

2.2.9 Separador hidráulico

El separador hidráulico tiene como función decantar las partículas de suciedad presentes en el fluido y la eliminación de aire acumulado en forma de microburbujas que se elimina hacia el exterior por medio de la válvula de purga.

Para realizar el cálculo del volumen necesario del separador se tiene que:

$$V_{separador} = V_{total} \cdot C_d \cdot \frac{\Delta T}{2} \quad (29)$$

Donde:

Volumen mínimo del desgasificador	$V_{desgasificador}$
Volumen total del fluido térmico	V_{total}
Coeficiente de dilatación cúbica del fluido térmico $m^3/^{\circ}C\ m^3$	C_d
Diferencia de temperatura del fluido	ΔT

$$V_{separador} = 0,51 \cdot 0,0076 \cdot \frac{(200 - 20)}{2} = 0,035\ m^3$$

El volumen del separador hidráulico de la instalación será de 40 litros, siendo un depósito realizado en acero dispuesto en forma vertical realizado por la calderería Lopez Hermanos S.A.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA SALA DE CALDERAS

Según la norma UNE 100020:2005, se define sala de máquinas como el local técnico donde se alojan los equipos de producción de frío o calor y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación. No es obligatorio tener sala de calderas en el caso de albergar equipos de producción cuya potencia no supere los 70 kW.

En este caso, se dispone de un espacio con unas dimensiones de 20x34x8 m contiguo a la nave y con dos paredes que dan al exterior, donde se ha previsto la sala de calderas.

2.3.1 Características generales

La sala de calderas alberga las máquinas y equipos correspondientes a la instalación de la caldera y su correspondiente funcionamiento. Todos estos equipos están aislados térmicamente y la sala está libre de polvo, gases o vapores, que eviten posibles accidentes en el local.

Sólo el personal autorizado entra en la sala de calderas para su mantenimiento, revisión o reparación. Además, no hay conexión de dicha sala con otros locales que contengan productos inflamables.

2.3.1 Dimensiones

Debe cumplir las dimensiones adecuadas para el posterior mantenimiento y supervisión de los equipos allí instalados, según la IT 1.3.4.1.2.6..

La altura mínima de la sala de calderas debe ser de 2,50 m, dejando una altura libre de tuberías y obstáculos sobre la caldera de 0,5 m.

Los espacios libres que hay que dejar como mínimo alrededor de los generadores de calor dependerán del tipo de caldera, y serán los que indique el fabricante o los que se señalen a continuación, considerando el más restrictivo.

Entre uno de los laterales de la caldera y la pared se debe disponer de un espacio mínimo de 0,5 m, y de 0,7 m entre el fondo de la caja de humos a la pared de la sala. Además, en la parte frontal el espacio libre tendrá que ser igual a la profundidad de la caldera, con un mínimo de 1 m y una altura libre de 2 m, como mínimo.

Dado que la caldera utilizará un combustible líquido, los espacios mínimos exigidos por la norma son los que se muestran en la figura:

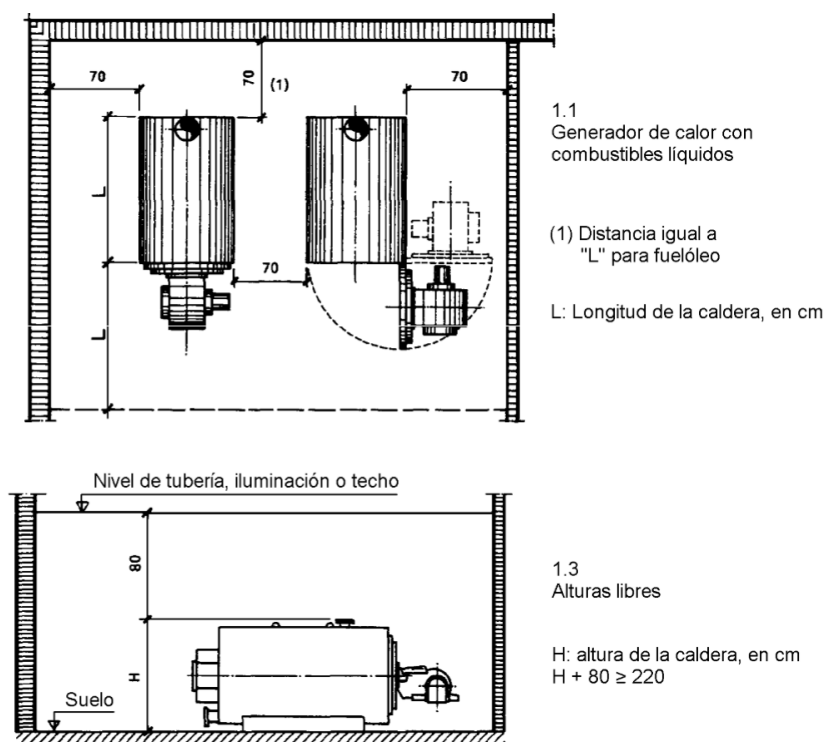


Figura 9. Distancias y alturas libres exigidas en la sala de calderas.

En el Plano 6 se puede comprobar la situación y distribución de la sala de calderas de la planta industrial.

2.3.2 Ventilación

La IT 1.3.4.1.2.7 detalla los requisitos a cumplir para que la ventilación de la sala de calderas sea suficiente.

En este proyecto, la sala de calderas se sitúa contigua a una zona al aire libre, por lo tanto, es posible prever una ventilación natural directa. Para ello, se necesitan unas aberturas de área libre mínima de $5 \text{ cm}^2/\text{kW}$, las cuales deben estar protegidas con rejilla y malla metálica para evitar la entrada de agua e insectos respectivamente.

Teniendo una potencia de 2000 kW, el área libre para este caso será:

$$\text{Área} = \frac{2000 \text{ kW}}{5 \text{ cm}^2/\text{kW}} = 400 \text{ cm}^2$$

Así, se dispondrán de dos aberturas que den al exterior, y una ventilación inferior en una de las fachadas de unas dimensiones de 90x30 que se situará a menos de 1 m del suelo, y una ventilación superior de las mismas dimensiones que se colocará a menos de 1 m del

techo. Se colocarán en diferentes fachadas y a distintas alturas para poder crear corrientes de aire que favorezcan la buena ventilación.

ANEXO 3 LISTADO DE EQUIPOS

1. CALDERA DE ACEITE TÉRMICO

La caldera que se utilizará en esta instalación será el modelo FT1750 de la marca ATTSU.

Las características técnicas de caldera son las siguientes:

Tabla 6. Características de la caldera térmica FT1750 de la marca ATTSU

Marca	Attsu	
Modelo	FT1750	
Potencia térmica útil	1750	kW
Ancho	2200	mm
Profundidad	2300	mm
Alto	4000	mm
Altura quemador	1000	mm
Sobrepresión hogar	0,50	kPa
Presión de diseño	10	bar
Temperatura de diseño	350	°C
Caudal bomba estándar	189	m ³ /h
Conexionado entrada/salida	DN 150	mm
Conexionado llenado/vaciado	DN50	Mm
Consumo combustible a temperatura de trabajo de 200°C	219	Nm ³ /h



Figura 10. Caldera de aceite térmico modelo FT1750 marca ATTSU

Es una caldera acuotubular vertical de tres pasos por humos, con gran eficiencia energética, bajo nivel de contaminación y bajo coste de mantenimiento. Está compuesta por dos serpentines helicoidales concéntricos, enseriados e instalados a contracorriente de los gases de combustión.

Su diseño se enfoca en la consecución de la absorción máxima de calor, garantizando temperaturas de película por debajo de las máximas admisibles por el aceite térmico. El dimensionado de los serpentines y los espacios que hay entre ellos está enfocado par dar prioridad al máximo rendimiento del equipo.

La caldera está certificada según la Directiva Europea 2014/68/UE y sigue la norma ISO 9001 de calidad.

3. BOMBAS

Las tres bombas de la instalación son del mismo tipo, modelo NB 32-160.1/155 de 2 polos de la marca Grundfos. Son bombas de voluta centrífuga monobloc no autocebantes con puerto de succión axial, puerto de descarga radial y componentes de eje horizontales.

Tienen una potencia de 2.2 kW, una presión nominal de 16 bares y diámetro nominal de 50 mm.

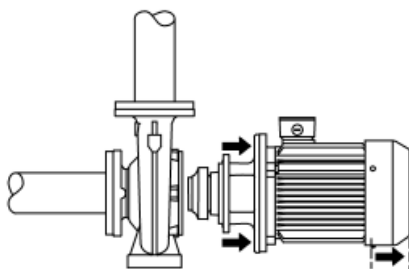


Figura 21. Esquema bomba NB 32-160.1/155 de la marca Grundfos

4. FILTRO

El filtro utilizado en la instalación es un filtro de tamiz desmontable de paso en Y de la marca MAW. El cuerpo y la tapa son de fundición nodular y el tamiz de acero inoxidable.

Tiene un diámetro de 50 mm, y su paso de luz estándar para ese diámetro es de 1 mm. Bridas dimensionadas según DIN 3325 y taladradas según DIN 2502 PN16, la longitud de construcción entre bridas según DIN 3202 F1 (EN-558-1). Las pérdidas de carga del tamiz para un diámetro de 50mm es de 64,7 Kv.

Está pintado con pintura resistente al calor, tiene un tapón de purga para el drenaje en línea y tapa atornillada para poder desmontar el tamiz extraíble en labores de mantenimiento.



Figura 32. Filtro de tamiz desmontable en paso Y

5. VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión es cerrado fabricado por Pirobloc de acero, de una capacidad de 110 litros, una presión máxima de diseño de 10 bares y de 400 mm de diámetro por 900 mm de altura, con 10 mm de espesor y un conexionado de 50 mm.

6. DEPOSITO DE VACIADO

Depósito de expansión realizado en calderería Lopez Hermanos S.A. de 800 litros de capacidad, cuyas dimensiones son 900 mm de diámetro por 1400 mm de largo con 10 mm de espesor. Se realizará de disposición horizontal y su conexionado será de 50 mm. Estará fabricado de acero.

7. SEPARADOR HIDRAULICO

El separador hidráulico tiene un volumen de 40 litros, pedido por encargo a la calderería Lopez Hermanos S.A. Sus dimensiones son 250 mm de diámetro y 900 mm de alto, al igual que el depósito de vaciado tiene un espesor de 10 mm y está fabricado en acero.

8. VÁLVULAS

Se tienen válvulas de interrupción con fuelle con 50 mm de diámetro nominal. Tienen una presión de diseño de 16 bares y están hechas de fundición nodular. Son de la marca Comeval.

Las válvulas de retención de bola también son de la marca Comeval con 50 mm de diámetro y presión de diseño de 16 bares.



Figura 43. Válvula de interrupción

ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO TÉRMICO

El fluido caloportador utilizado es aceite térmico Shell Heat Transfer Oil S2, de la marca Shell.

Está elaborado a partir de aceites minerales de selecto refino que permite que resista la oxidación, craqueo y espesamiento, lo que aumenta la vida útil del mismo y tenga mayor eficiencia. Los aceites están especialmente seleccionados para utilizarlos en sistemas de transmisión de calor industriales.

Es un aceite con baja viscosidad para aumentar los coeficientes de transferencia térmica, lo que permite una excelente fluidez, además de tener baja presión de vapor para resistir el proceso de craqueo.

Está clasificado como ISO 6743-12 Familia Q, cumple los requerimientos DIN 51522, GB 23971-2009 y L-QB 300.

En la siguiente tabla se recogen las características técnicas:

Tabla 7. Características térmicas medias del aceite Shell Heat Transfer Oil S2

PROPIEDADES	VALOR	Unidades
Temperatura máxima de película	320	°C
Temperatura máxima de trabajo	340	°C
Densidad a 20°C	863	kg/m ³
Punto inicial de destilación	0.866	°C
Viscosidad cinemática a 200°C	1.1	cSt
Valor neutralización	<0.05	mgKOH/g
Residuo carbonoso (Ensayo Conradson)	0.02	%m/m
Corrosión al cobre (3h a 100°C)	Clase 1	
Punto de inflamación	220	°C
Punto de congelación	-12	°C
Coeficiente de expansión térmica	0.00076	1/°C
Calor específico a 20°C	1.882	kJ/kgK
Conductividad térmica a 20°C	0.134	W/mK
No Prandtl a 20°C	919	

El fluido Shell Heat Transfer Oil S2 no presenta riesgo significativo para la salud o seguridad cuando se utiliza correctamente según la aplicación recomendada y se mantienen las normas adecuadas de higiene persona.

Debe evitarse el contacto con la piel y usar guantes impermeables además de seguir las indicaciones de la Ficha Técnica del producto.

La vida útil de este lubricante depende del diseño del sistema y el mantenimiento regular del mismo.

ANEXO 5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

5.1 OBJETO DEL ESTUDIO

Según el Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre, se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción que obligan a la realización de un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Deberá elaborarlo un técnico competente designado por el promotor de la obra, o en su caso, cuando exista coordinador en materia de seguridad y salud será este el que elabore o sea responsable de la realización de dicho estudio.

El objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es identificar los riesgos laborales que pueden producirse debido al montaje de la instalación, el transporte, la carga y descarga, ejecución de obra, etc. Una vez identificados, se indicarán las medidas técnicas necesarias que puedan evitar dichos riesgos. En el caso de que no se puedan eliminar, se indicarán las medidas preventivas y los equipos de protección individual que se deben utilizar para reducir y controlar estos riesgos, valorando la eficacia de los mismos. Así mismo, se tendrá en cuenta cualquier otra actividad llevada a cabo y sus correspondientes medidas específicas relativas a los trabajos pertenecientes al Anexo II del Real Decreto.

Además de lo anterior, se incluirán las previsiones y las informaciones útiles para efectuar los posibles trabajos que se realicen a posteriori.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La obra consiste en la instalación de una caldera en una nueva sala de calderas y su correspondiente red de distribución.

Los trabajos necesarios para la ejecución de la obra se detallan en la Memoria del presente Proyecto.

Se constará de 5 operarios en la ejecución de la obra.

El plazo de las obras se ha estimado que no sobrepasará los 30 (treinta) días laborables.

El presupuesto de dicha obra ha sido obtenido de la suma del presupuesto de ejecución de material, gastos generales y el beneficio industrial, añadiendo el IVA correspondiente.

Debido a las descripciones anteriores y que el presupuesto es menor a 450.759,08€, procede según el apartado 2 del Artículo 4, del R.D. 1627/97, elaborar el Estudio básico de Seguridad y Salud.

5.3 NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN OBRA

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

5.4 IDENTIFICACION DE RIESGOS Y PREVISION DE MEDIDAS PREVENTIVAS

5.4.1 Montaje de la instalación

Riesgos más frecuentes

- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de personas a distinto nivel
- Caída de objetos desprendidos sobre personas
- Golpes y choques contra objetos
- Cortes y pinchazos por objetos y herramientas
- Sobreesfuerzos
- Cuerpos extraños en los ojos

- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Quemaduras
- Explosión e incendio
- Derivados del almacenaje de productos combustibles y peligrosos
- Contaminación acústica, ruido

Medidas preventivas

- Señalización correcta y adecuada en las zonas de trabajo
- Orden y limpieza en zonas de trabajo
- Uso de las protecciones individuales
- Escaleras utilizadas para el montaje en perfecto estado
- Andamios de seguridad y adecuados a la obra
- Escaleras de mano de tipo tijera con antideslizantes
- Operaciones eléctricas realizadas por un técnico especialista
- Desconexión de la red eléctrica en el momento del montaje
- Herramientas protegidas con material aislante para trabajos de electricidad
- Herramientas manuales revisadas correctamente
- Correcta iluminación

Protecciones individuales

- Casco de seguridad
- Gafas de seguridad
- Botas o calzado de seguridad
- Guantes de protección anticorte
- Guantes dieléctricos
- Ropa de trabajo adecuada
- Protectores auditivos
- Arnés de seguridad

5.4.2 Conexión a la instalación eléctrica

Riesgos más frecuentes

- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de personas a distinto nivel
- Caída de objetos desprendidos sobre personas
- Golpes y choques contra objetos

- Cortes y pinchazos por objetos y herramientas
- Sobreesfuerzos
- Cuerpos extraños en los ojos
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Electrocución o quemaduras por mala protección de los equipos eléctricos
- Accidentes debido al mal aislamiento de las herramientas
- Derivados de sobrecarga de la instalación
- Mal funcionamiento de sistemas de protección

Medidas preventivas

- Señalización correcta y adecuada en las zonas de trabajo
- Orden y limpieza en zonas de trabajo
- Uso de las protecciones individuales en caso de ser necesario
- Escaleras utilizadas para el montaje en perfecto estado
- Andamios de seguridad y adecuados a la obra
- Escaleras de mano de tipo tijera con antideslizantes
- Desconexión de la tensión a la hora de realizar el trabajo
- No se realizarán pruebas sin comprobar el acabado de la instalación
- Es necesaria actividad de vigilancia del Recurso Preventivo para garantizar que se cumplen los métodos de trabajo y las medidas preventivas
- Prohibido conexión de cables a los cuadros de suministro eléctrico sin la utilización de las clavijas macho-hembra
- Operaciones eléctricas realizadas por un técnico especialista
- Herramientas protegidas con material aislante
- Herramientas manuales revisadas correctamente
- Correcta iluminación con luminarias portátiles con mango aislante y rejilla que proteja la bombilla
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación se comunicarán a todo el personal de la obra
- El último cableado será el que va del cuadro general al de la compañía suministradora, evitando una conexión accidental de la red

Protecciones individuales

- Casco de seguridad
- Gafas de seguridad
- Botas o calzado de seguridad aislantes

- Guantes de protección anticorte
- Guantes dieléctricos
- Ropa de trabajo adecuada
- Protectores auditivos
- Arnés de seguridad

5.4.4 Trabajos de soldadura

Riesgos más frecuentes

- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de personas a distinto nivel
- Caída de objetos desprendidos sobre personas
- Golpes y choques contra objetos
- Cortes, aplastamiento y pinchazos por objetos y herramientas
- Sobreesfuerzos
- Cuerpos extraños en los ojos
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Quemaduras
- Explosión e incendio
- Contaminación acústica, ruido
- Inhalación de vapores metálicos

Medidas preventivas

- Señalización correcta y adecuada en las zonas de trabajo
- Orden y limpieza en zonas de trabajo
- Uso de las protecciones individuales
- Sólo realizará el trabajo personal autorizado y competente
- Escaleras utilizadas para el montaje en perfecto estado
- Andamios de seguridad y adecuados a la obra
- Escaleras de mano de tipo tijera con antideslizantes
- Las máquinas de soldar tendrán la protección adecuada para evitar accidentes
- Herramientas manuales revisadas correctamente
- Correcta iluminación

Protecciones individuales

- Casco de seguridad

- Pantalla de soldadura de sustentación manual
- Yelmo de protección (casco mas careta)
- Botas de seguridad
- Guantes de cuero
- Guantes dieléctricos
- Ropa de trabajo adecuada
- Manguitos, mandil y polainas de cuero
- Protectores auditivos

5.4.5 Riesgos a terceros

Riesgos más frecuentes

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas a mismo nivel
- Caída de objetos y materiales desprendidos
- Contactos eléctricos

Medidas preventivas

- Señalización correcta y adecuada en las zonas de peligro
- Vallado en zonas de acceso restringido excepto a personal autorizado
- Denegar permiso de entrada a personal ajeno a la obra

Medidas preventivas

- Casco de seguridad para entrada a la obra
- Chaleco de seguridad para entrada a la obra
- Calzado de seguridad si fuera necesario para entrada a la obra
- Protección acústica y visual en caso de entrada a la obra durante realización de trabajos

5.5 TRABAJOS POSTERIORES

En el Artículo 6 del Real Decreto 1627/1997 se establece que también se contemplarán las previsiones e informaciones para efectuar en su día, en las condiciones adecuadas de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

5.5.1 Mantenimiento y reparaciones

Riesgos más frecuentes

- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de personas a distinto nivel
- Reacciones químicas por productos de limpieza y líquidos de maquinaria
- Explosión por almacenaje de combustibles
- Fuego por modificaciones en instalación eléctrica
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Contaminación acústica, ruido
- Golpes y choques por objetos desprendidos
- Sobreesfuerzos
- Impactos por elementos deteriorados de la maquinaria
- Toxicidad por productos químicos

Medidas preventivas

- Señalización correcta y adecuada en las zonas de trabajo
- Orden y limpieza en zonas de trabajo
- Uso de las protecciones individuales en caso de ser necesario
- Escaleras utilizadas para el montaje en perfecto estado
- Andamios de seguridad y adecuados a la obra
- Escaleras de mano de tipo tijera con antideslizantes
- Operaciones eléctricas realizadas por un técnico especialista
- Desconexión de la red eléctrica en el momento del montaje
- Herramientas protegidas con material aislante para trabajos de electricidad
- Herramientas manuales revisadas correctamente
- Correcta iluminación
- Anclajes de cinturones en perfectas condiciones para limpieza o reparación

Protecciones individuales

- Casco de seguridad
- Gafas de seguridad
- Botas o calzado de seguridad
- Guantes de protección anticorte
- Guantes dieléctricos
- Ropa de trabajo adecuada

- Protectores auditivos
- Arnés de seguridad
- Cinturones de seguridad
- Cables

5.6 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa.

5.7 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

En función del apartado 14 del Anexo 4 del Real Decreto, es responsabilidad del empresario garantizar que personal competente pueda prestarse en todo momento para primeros auxilios, y deberán adoptarse medidas que garanticen la evacuación que permita recibir cuidados médicos a los trabajadores accidentados o a los afectados en el momento del incidente.

Así mismo, se dispondrá de un botiquín portátil en obra que contenga el material necesario que especifica la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Se tendrá en un lugar visible y de fácil acceso.

Se informará en la obra los diferentes Centros Médicos donde trasladar a los pacientes en caso de accidente, disponiendo en la obra de un listado con teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., en un sitio visible que agilice la asistencia o transporte de los accidentados.

Todo el personal que trabaje en la obra deberá haber pasado un reconocimiento médico previo al trabajo y será repetido al cabo de un año.

5.8 COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

El coordinador en materia de seguridad y salud según el Artículo 9 del Real Decreto deberá tomar decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos que se desarrollen de forma simultánea o sucesivamente, además de estimar la duración de la ejecución de los mismos.

Además de lo anterior, coordinará las actividades de la obra para garantizar que los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen los principios de la acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de forma coherente durante la ejecución de la obra y sobre todo a las tareas que se citan en el Artículo 10 del Real Decreto.

El coordinador deberá aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y sus respectivas modificaciones si las hubiera, así como organizar la coordinación de las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo y adoptar las medidas que sean necesarias para que solo entre el personal autorizado a la obra.

5.9 OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

Los contratistas y subcontratistas según el Artículo 11 del Real Decreto están obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Artículo 25 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, deben cumplir y hacer que se cumpla el plan de seguridad y salud, y también están obligados a cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de prevención de Riesgos Laborales.

Deberán informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre las medidas que deben tomar en cuanto a su seguridad y su salud en obra

como también atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

La responsabilidad de la ejecución correcta de las medidas preventivas será de los contratistas y subcontratistas, y deberán responder solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas o subcontratistas.

5.10 OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTONOMOS

Siguiendo el Artículo 12 del Real Decreto, los trabajadores autónomos están obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, a cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud que se aplican en las obras y cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el Artículo 20 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Deberán ajustar su actuación a la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el Artículo 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, utilizar equipos de trabajo adecuados y elegir y utilizar los equipos de protección individual necesarios.

Además de ello, atenderán las indicaciones y cumplirán las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la obra, y cumplirán lo establecido en el plan de seguridad y salud.

5.11 LIBRO DE INCIDENCIAS

Para poder llevar un control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud en cada centro de trabajo deberá existir un libro de incidencias, como indica el Artículo 13 del Real Decreto.

Este libro de incidencias es facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

El coordinador en materia de seguridad y salud tendrá este libro de incidencias, que se mantendrá siempre en la obra. Podrán tener acceso a él la Dirección Facultativa, contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos especializados.

Cuando se realice una anotación en el Libro de Incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en un plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad social de la provincia correspondiente, así como notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de este.

5.12 PARALIZACION DE LOS TRABAJOS

Según el Artículo 14 del Real Decreto, cuando el Coordinador observe el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, advertirá al contratista sobre ello dejando constancia en el libro de incidencias y tendrá poder suficiente para paralizar la parte o la totalidad de la obra en caso de circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Se deberá dar cuenta de la paralización de la obra a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, a los contratistas y a los representantes de los trabajadores, de ello se encargará la persona que ordene dicha paralización.

DOCUMENTO 3. PLANOS

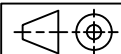
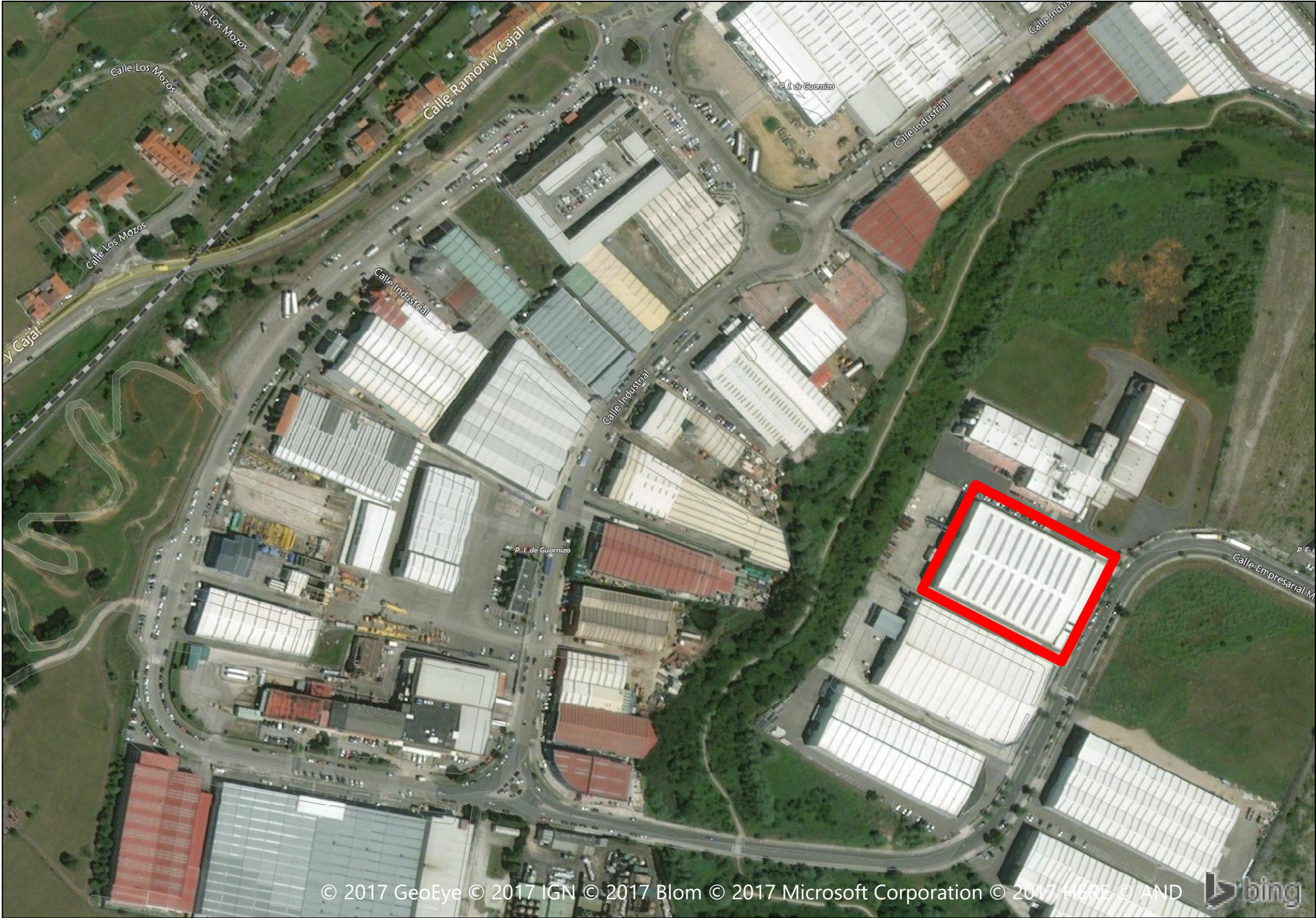
ÍNDICE DOCUMENTO 3. PLANOS

PLANO 1. SITUACIÓN	1
PLANO 2. EMPLAZAMIENTO	2
PLANO 3. PLANO DE COTAS Y SUPERFICIES.....	3
PLANO 4. ALZADO DE LA PLANTA INDUSTRIAL.....	4
PLANO 5. DIAGRAMA DE PRINCIPIO DE LA INSTALACIÓN	5
PLANO 6. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA SALA DE CALDERAS.....	6
PLANO 7. CALDERA DE GAS.....	7



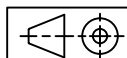
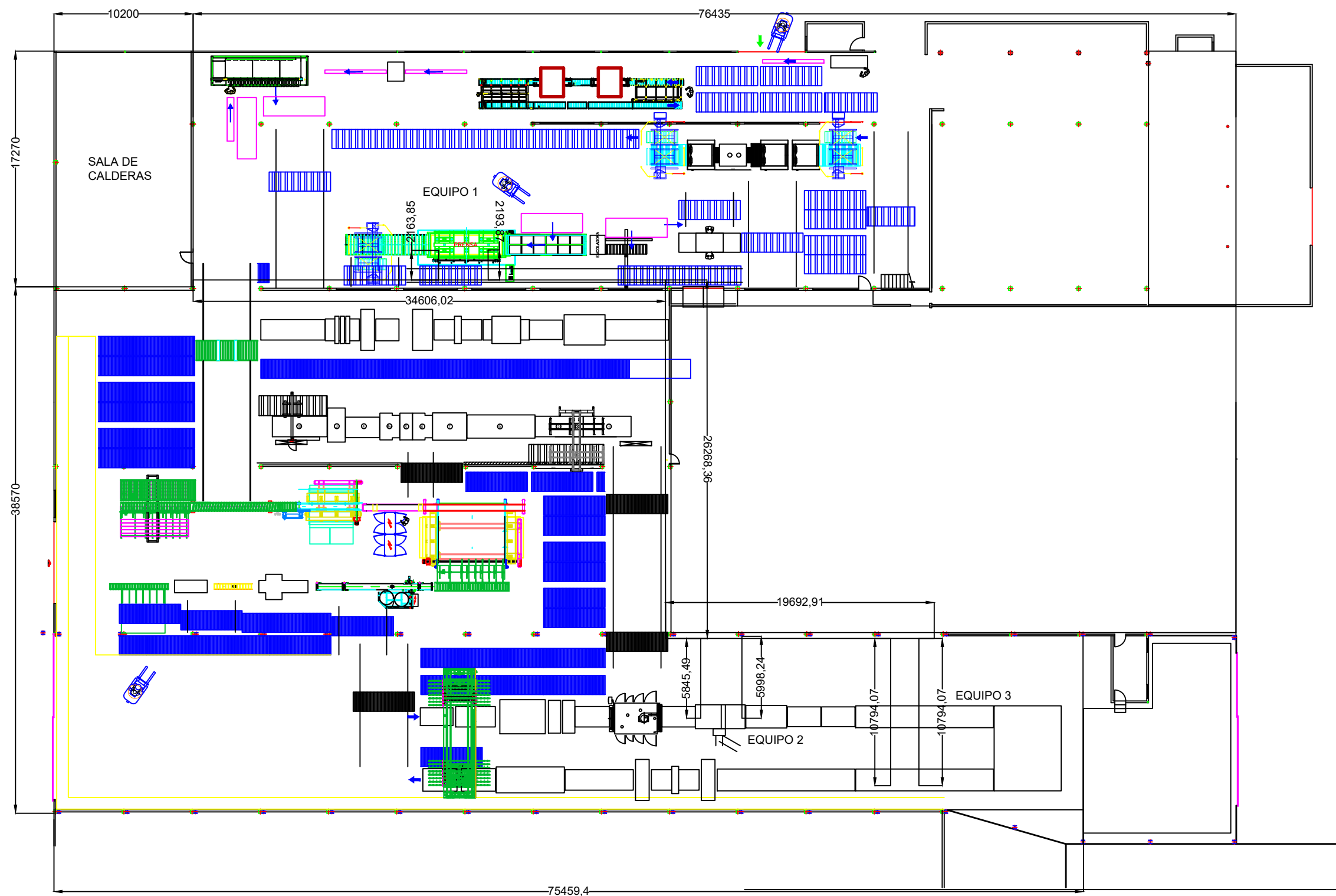
Escala 1:4000

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética E.T.S.I Industriales y T. UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Tipo de documento	Creado por:		
	Plano general	Adriana Hidalgo		
	Título. Título suplementario	Aprobado por:		Rev.
		Manuel Odriozola		02
		Referencia técnica:		Idioma
Manuel Odriozola		Es		
Situación	Fecha	Nº de Plano	Hoja	
	01 Julio 2017	01	1/1	



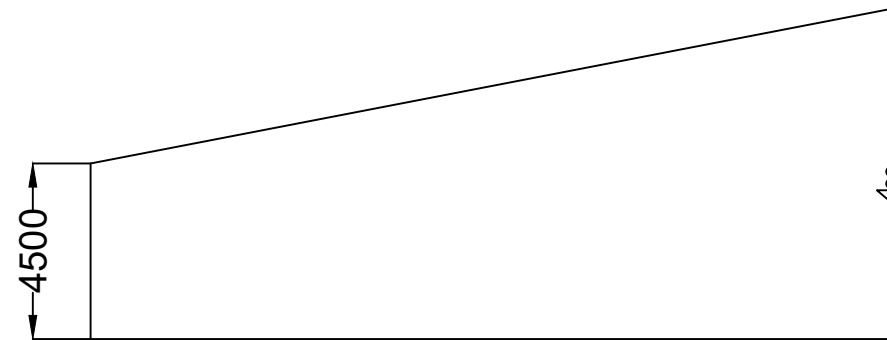
Escala 1:300

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Tipo de documento	Creado por:		
	Plano general	Adriana Hidalgo		
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario	Aprobado por:		Rev.
 	Emplazamiento	Manuel Odriozola		02
		Referencia técnica:		Idioma
		Manuel Odriozola		Es
		Fecha	Nº de Plano	Hoja
		01 Julio 2017	02	1/1

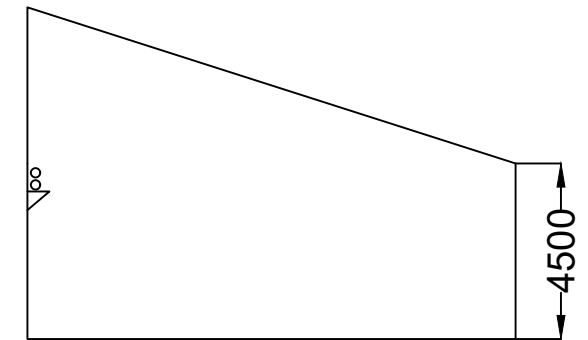


Escala 1:300

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Tipo de documento	Creado por:			
E.T.S.I Industriales y T. UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA 	Título. Título suplementario	Plano general		Adriana Hidalgo	
		Título. Título suplementario		Aprobado por:	Rev.
		Plano de cotas y superficies		Manuel Odriozola	02
				Referencia técnica:	Idioma
				Manuel Odriozola	Es
		Fecha	Nº de Plano	Hoja	
		01 Julio 2017	01	1/1	



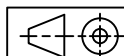
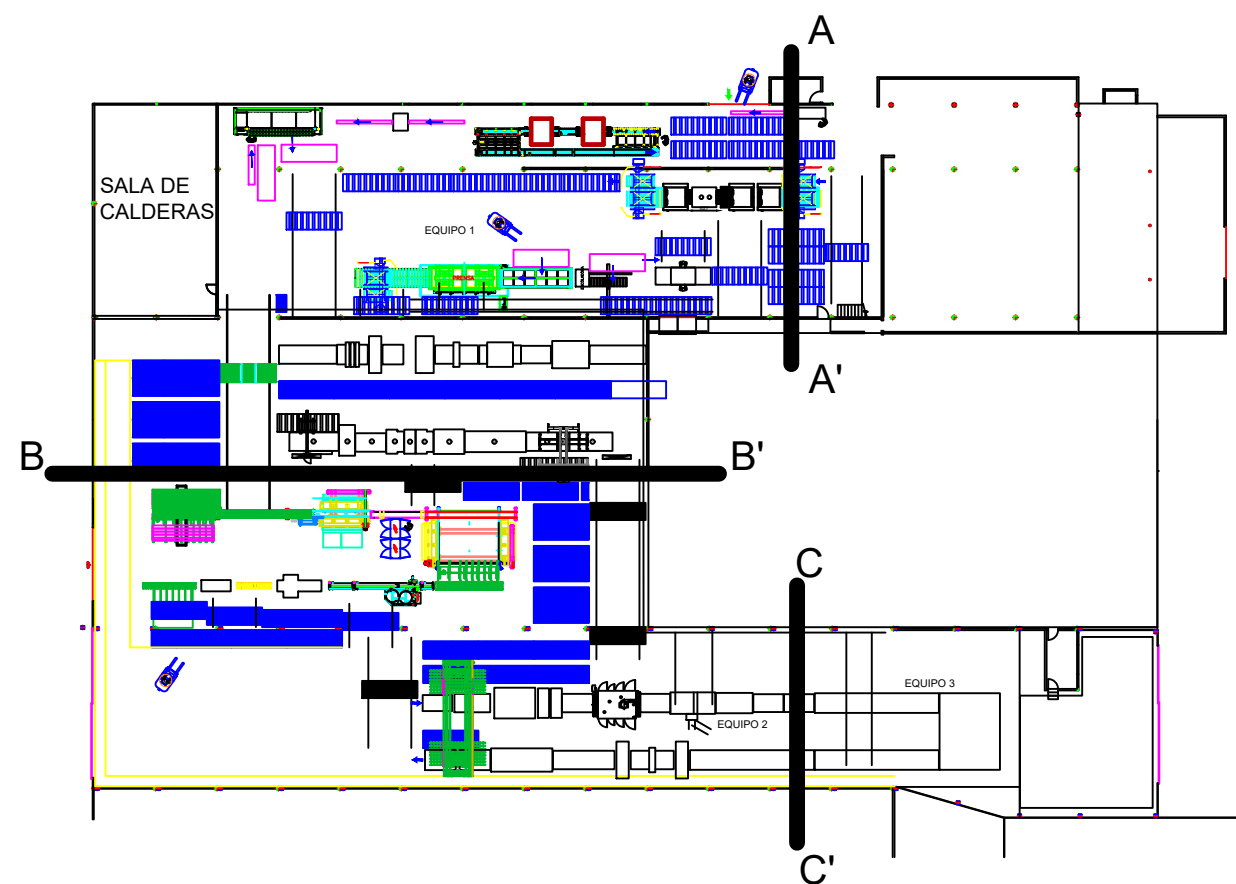
SECCION AA'



SECCION CC'

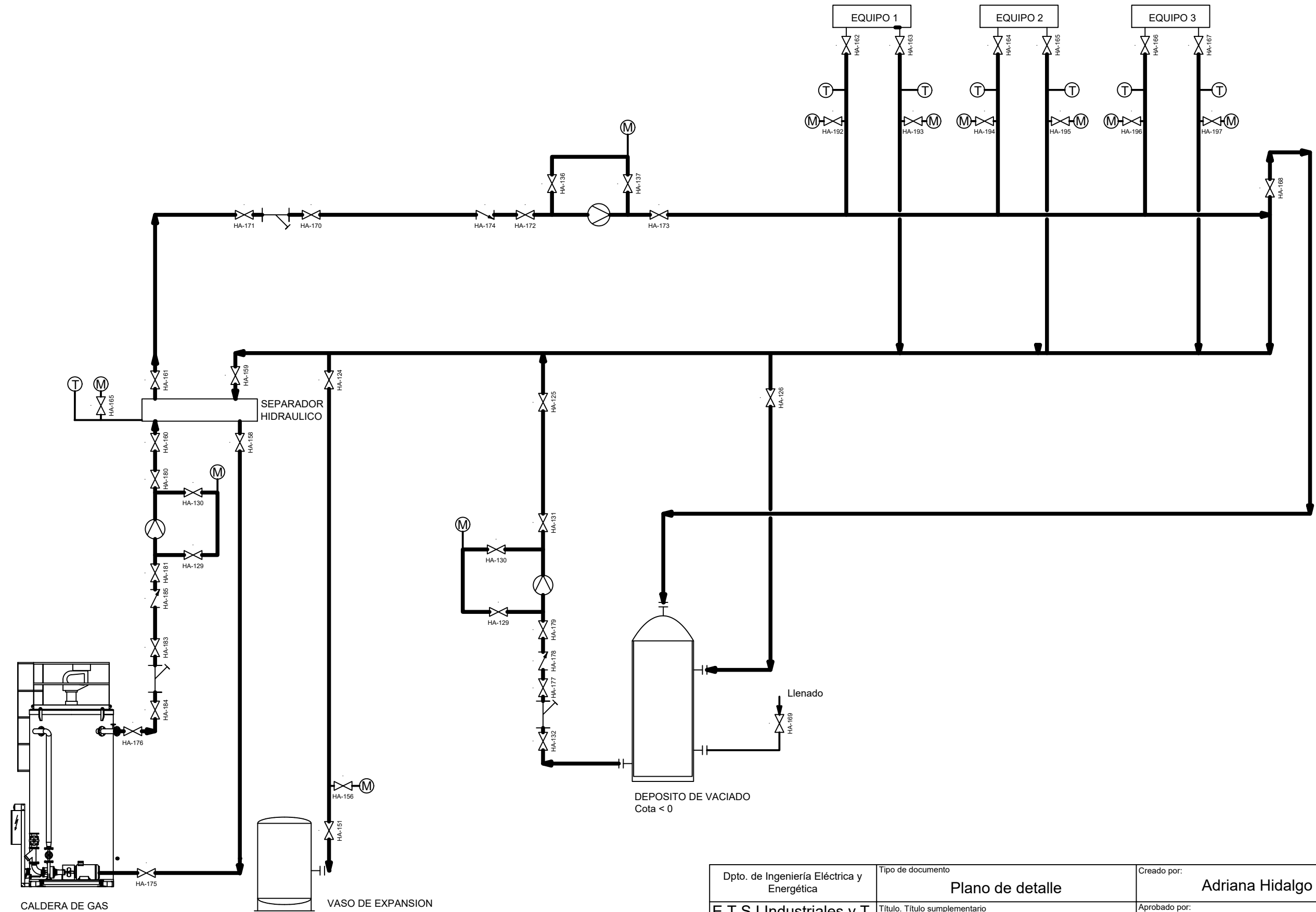


SECCION BB'



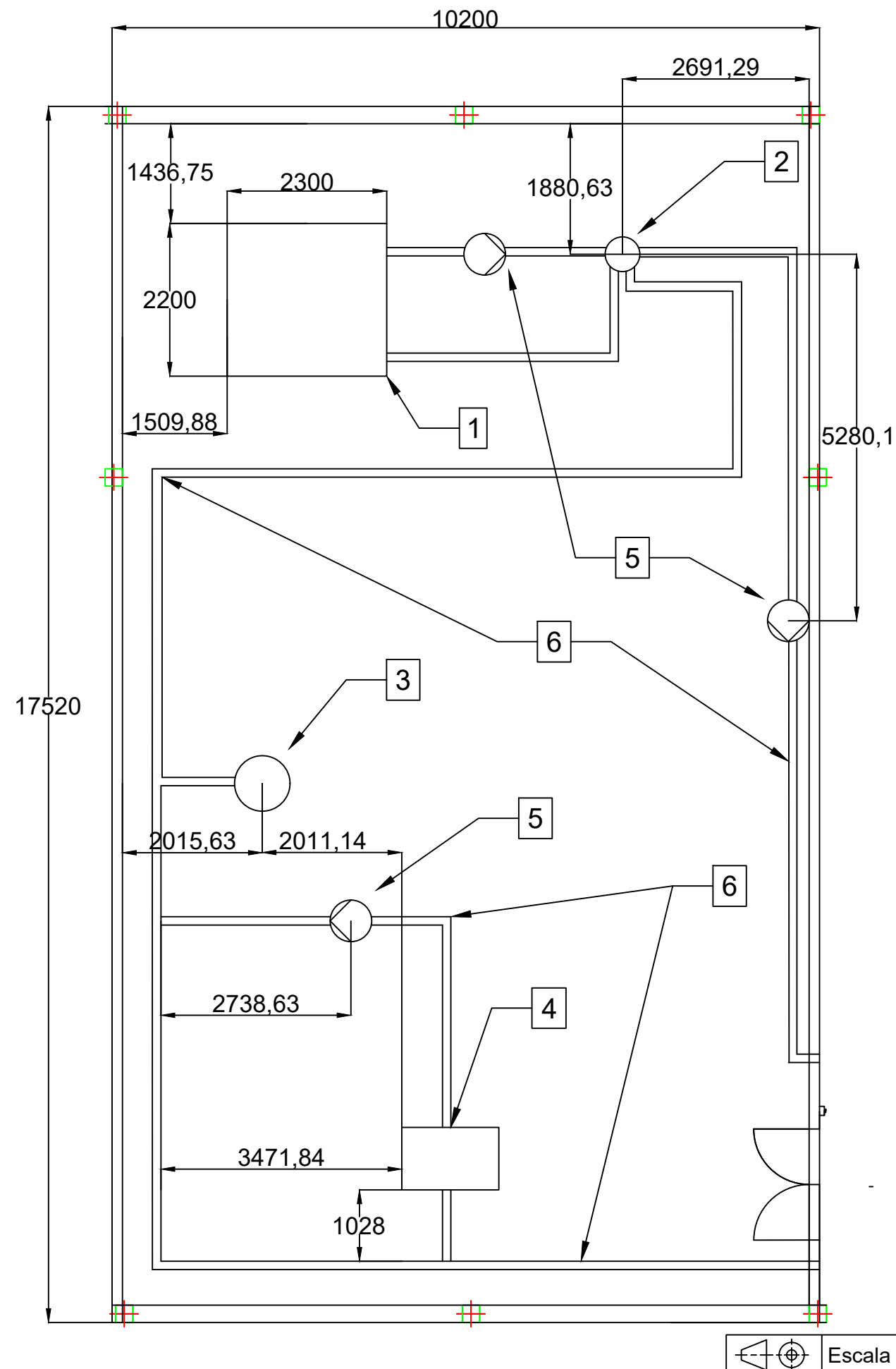
Escala 1:200

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética		Tipo de documento		Creado por:			
E.T.S.I Industriales y T. UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Plano general		Adriana Hidalgo			
		Título. Título suplementario		Aprobado por:		Rev.	
				Manuel Odriozola		02	
				Referencia técnica:		Idioma	
Alzado de la planta industrial		Manuel Odriozola		Es			
		Fecha	Nº de Plano	Hoja			
0		01 Julio 2017		04		1/1	

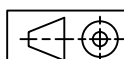
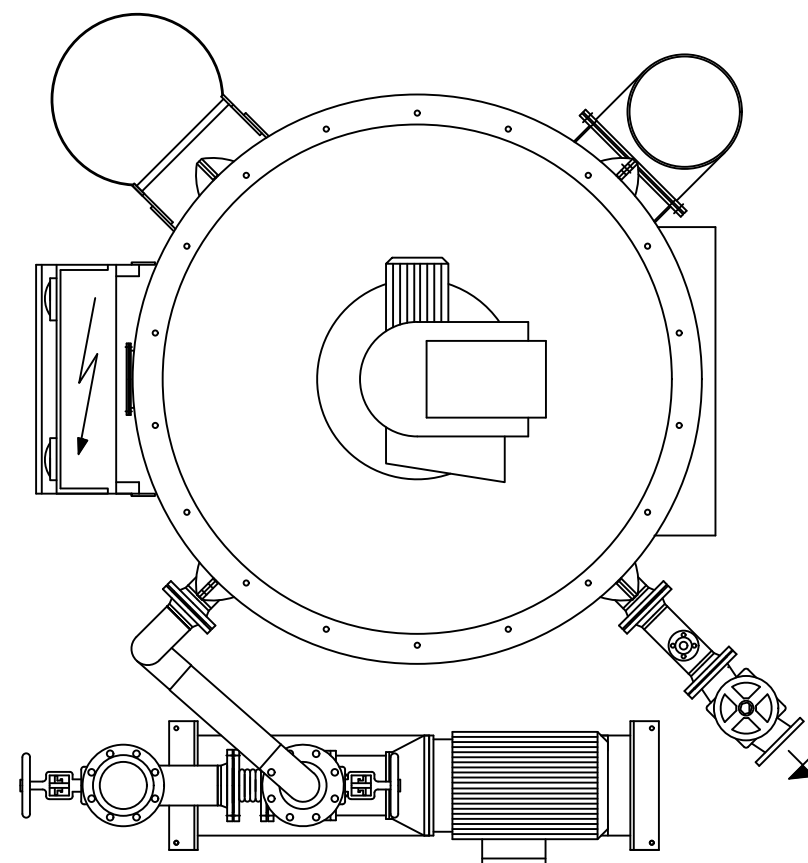
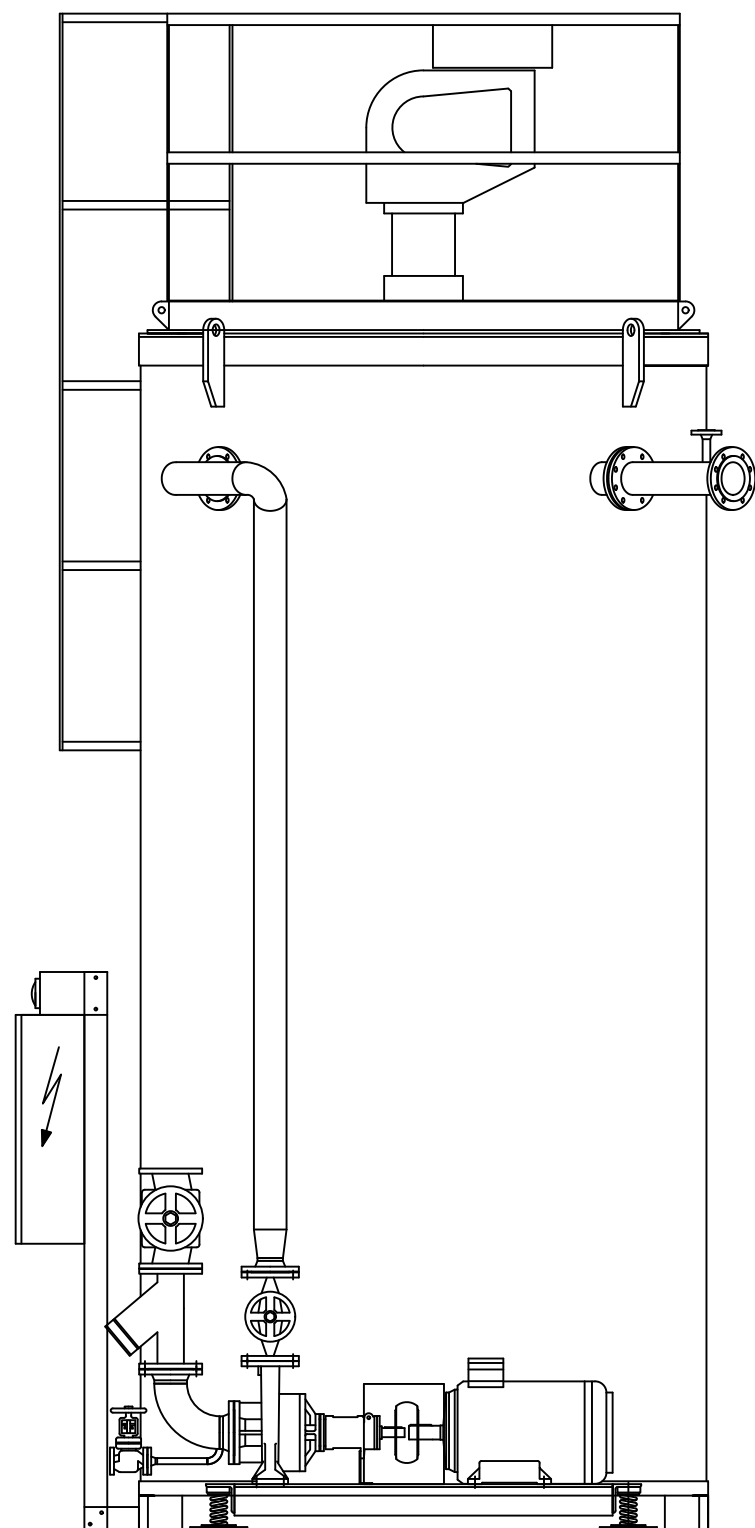


Escala

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética E.T.S.I Industriales y T. UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Tipo de documento Plano de detalle		Creado por: Adriana Hidalgo	
	Título. Título suplementario		Aprobado por: Manuel Odriozola	Rev. 02
	Diagrama de principio		Referencia técnica: Manuel Odriozola	Idioma Es
			Fecha 01 Julio 2017	Nº de Plano 05 Hoja 1/1



1	Red de tuberías	6	Acero negro	
3	Bomba de circulación	5	Acero	
1	Depósito de vaciado de 800 L	4	Acero inoxidable	
1	Vaso de expansión de 40 L	3	Acero inoxidable	
1	Separador hidráulico	2	Acero	
1	Caldera de aceite térmico 1500 kW	1	Acero	
Nº de Piezas	Denominación	Marca	Material y Dim.	Observaciones
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética		Creado por: Adriana Hidalgo		
E.T.S.I Industriales y T.		Aprobado por: Manuel Odriozola		
Tipo de documento: Plano de detalle		Referencia técnica: Manuel Odriozola		
Título: Título suplementario		Idioma: Es		
Distribución en planta de la sala de calderas		Hoja: 1/1		
Fecha: 01 Julio 2017		Nº de Plano: 06		



Escala 1:20

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Tipo de documento	Creado por:		
E.T.S.I Industriales y T. 	Plano de detalle	ATTSU		
	Título. Título suplementario	Aprobado por:	Rev.	
		ATTSU	02	
		Referencia técnica:	Idioma	
		ATTSU	Es	
	Caldera de gas	Fecha	Nº de Plano	Hoja
		01 Julio 2017	07	1/1

DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

1	CONDICIONES GENERALES	1
1.1	DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL	1
1.1.1	Objeto y alcance del pliego	1
1.1.2	Descripción general de la obra	1
1.1.3	Contrato de obra.....	1
1.1.4	Documentación del contrato de obra	1
1.1.5	Formalización del contrato de obra	2
1.1.6	Jurisdicción competente	2
1.1.7	Responsabilidad del contratista	2
1.1.8	Accidentes de trabajo	3
1.1.9	Daños y perjuicios a terceros.....	3
1.1.10	Anuncios y carteles.....	3
1.1.11	Copia de documentos	3
1.1.12	Suministro de materiales	4
1.1.13	Hallazgos.....	4
1.1.14	Causas de rescisión del contrato de obra	4
1.1.15	Omisiones: buena fe	5
1.2	DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES	5
1.2.1	Accesos y vallados	5
1.2.2	Replanteo	5
1.2.3	Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos	5
1.2.4	Orden de los trabajos.....	6
1.2.5	Facilidades para otros contratistas.....	6
1.2.6	Aplicación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.....	6
1.2.7	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto	7
1.2.8	Prórroga por causa de fuerza mayor	7

1.2.9	Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	7
1.2.10	Trabajos defectuosos.....	8
1.2.11	Vicios ocultos.....	8
1.2.12	Procedencia de materiales, aparatos y equipos.....	9
1.2.13	Presentación de muestras	9
1.2.14	Materiales, aparatos y equipos defectuosos	9
1.2.15	Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	9
1.2.16	Limpieza de las obras	10
1.2.17	Obras sin prescripciones explícitas	10
1.3	DISPOSICIONES DE LAS RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS..	10
1.3.1	Consideraciones de carácter general.....	10
1.3.2	Recepción provisional.....	11
1.3.3	Documentación final de la obra.....	12
1.3.4	Medición definitiva y liquidación provisional de la obra	12
1.3.5	Plazo de garantía.....	12
1.3.6	Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	12
1.3.7	Recepción definitiva.....	12
1.3.8	Prórroga del plazo de garantía.....	13
1.3.9	Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida	13
2	CONDICIONES PARTICULARES	14
2.1	CONDICIONES TÉCNICAS.....	14
2.1.1	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS	14
2.1.2	ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN.....	17
2.2	CONDICIONES FACULTATIVAS	19
2.2.1	RESPONSIBILIDADES EN LA EJECUCIÓN	19
2.2.2	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	19
2.2.3	PLAZO DE EJECUCIÓN	20

1 CONDICIONES GENERALES

1.1 DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

1.1.1 Objeto y alcance del pliego

El objeto del presente Pliego de Condiciones es el de especificar las condiciones bajo las que se deben realizar la ejecución de las obras y la instalación del proyecto. Se fijarán los niveles técnicos exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y cumpliendo la normativa aplicable, al Promotor, al Contratista, sus técnicos o encargados, y al técnico Director de Obra, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

El presente proyecto se refiere a un sistema de calentamiento industrial por aceite térmico en una planta industrial situada en Guarnizo, Cantabria. Constará de una caldera de aceite térmico, una red de tuberías y los correspondientes equipos que permitan el funcionamiento del sistema.

1.1.2 Descripción general de la obra

Instalación de un sistema de calentamiento industrial con aceite térmico con caldera de gas con circuito cerrado, incluyendo los equipos correspondientes como son las bombas, el separador hidráulico, vaso de expansión, depósito colector y válvulas y elementos de medida.

Este sistema consta de una red de tuberías por las que circula aceite térmico que distribuye el calor a los equipos que necesitan ser abastecidos del mismo.

1.1.3 Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.4 Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.

- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos. En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.5 Formalización del contrato de obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto. El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General. Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el Contratista.

1.1.6 Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.7 Responsabilidad del contratista

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.8 Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

1.1.9 Daños y perjuicios a terceros

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.10 Anuncios y carteles

Sin previa autorización del Promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.11 Copia de documentos

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

1.1.12 Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.13 Hallazgos

El Promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones.

El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del Director de Obra.

El Promotor abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.1.14 Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del Contratista.
- b) La quiebra del Contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- e) Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.

- h) El abandono de la obra sin causas justificadas.
- i) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.15 Omisiones: buena fe

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la buena fe mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio.

Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la buena fe de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada calidad final de la obra.

1.2 DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

1.2.1 Accesos y vallados

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de la Obra su modificación o mejora.

1.2.2 Replanteo

El Contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato. Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección

Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias. La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.2.4 Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

1.2.5 Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.2.6 Aplicación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El Contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.2.8 Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminirlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.2.9 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.2.10 Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

1.2.11 Vicios ocultos

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director del Ejecución de Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.2.12 Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.2.13 Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el Contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.2.14 Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta de Contratista. En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.2.15 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del Contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del Contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar

lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el Director de Obra considere necesarios.

1.2.16 Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.2.17 Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

1.3 DISPOSICIONES DE LAS RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS

1.3.1 Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de la Ejecución de la Obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecidos en la L.O.E., y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.3.2 Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de la Obra al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra. Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.3.3 Documentación final de la obra

El Director de Ejecución de la Obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, en el caso de viviendas, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

1.3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.3.5 Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses

1.3.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del Contratista. Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo de la Propiedad y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

1.3.7 Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

1.3.8 Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

1.3.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno. Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente.

Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente. Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

2 CONDICIONES PARTICULARES

2.1 CONDICIONES TÉCNICAS

2.1.1 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

Caldera de aceite térmico

La caldera de aceite térmico se ubicará en la sala de calderas a la distancia definida en el documento de Anexos del presente proyecto. Utilizará fuelóleo como combustible y deberá tener una potencia suficiente que suministre el calor necesario a los equipos de la instalación. Con la caldera se suministran todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.

En cuanto a las características de la caldera, tendrá una potencia de 1750 kW y utilizará fuelóleo como combustible, como se ha citado anteriormente, además de tener un cuerpo de acero soldado. Incluye un quemador para combustible líquido (fuelóleo en este caso) con sonda de oxígeno, variador de velocidad y bajo NOX. Constará de unas válvulas de paso de volante con un sistema de estanqueidad del eje por fuelle de acero inoxidable que reducirá el riesgo de fugas y evitan un mantenimiento repetitivo. Además de estas válvulas, incluirá una válvula de seguridad con certificado PED. La bomba de circulación que viene de serie con la caldera tiene cierre mecánico y una temperatura de diseño de 350°C. Para tener un control del funcionamiento, la caldera constará de regulación electrónica, control de temperatura y humos mediante sondas. Estará aislada térmicamente en su exterior mediante lana de roca.

Está diseñada según el código alemán AD Merkblatt y certificada según la Directiva Europea 2014/68/UE. En caso de no existir la posibilidad de adquirir dicho equipo en el momento en el que se vaya a realizar la instalación, se deberá sustituir por uno de características similares y de igual o mayor calidad.

Bombas

Las bombas utilizadas deberán ser compatibles con el aceite térmico. Se utilizarán bombas s centrífugas autocebantes con succión axial de la marca Grudnfos modelo NB 32-160.1/155 cuya potencia es de 2,2 kW

En el caso de no existir la posibilidad de adquirir dichas bombas, se deberán sustituir por otras que puedan ser utilizadas en circuitos de aceite térmico, de características similares y de igual o mayor calidad a las citadas.

Filtro

El filtro utilizado será de tamiz desmontable de paso en Y de la marca Maw, cuyo cuerpo y tapa serán de fundición nodular y el tamiz de acero inoxidable. Tendrá un diámetro de 50 mm y soportará a 200°C una presión de 14,5 bares.

Podrá ser reemplazado por otro del mismo tipo y características similares de no poder obtener este mismo en el momento de la instalación.

Vaso de expansión

El vaso de expansión mantendrá las variaciones del volumen del fluido caloportador en el circuito. Será de tipo cerrado y se colocará antes de la caldera en el circuito de retorno. Tendrá una capacidad de 110 litros y será de calderería, hecho a medida. Será de 400mm de diámetro y de 900 mm de alto, con indicador de nivel y manómetro.

En caso de no disponer del vaso de expansión a tiempo, se deberá sustituir por uno de características similares, de calidad igual o mayor.

Depósito de vaciado

El depósito de vaciado nos servirá para poder vaciar totalmente la instalación en caso de hacer mantenimiento o reparaciones. Será un equipo encargado a una calderería de una capacidad de 800 litros y será de acero.

Se deberá sustituir por uno de características similares en caso de no disponer de este depósito.

Separador hidráulico

El separador hidráulico tendrá un volumen de 40 litros y se fabricará en una calderería adecuado a las necesidades de la instalación.

En caso de no disponer de dicho separador hidráulico se deberá sustituir por otro de características similares, o de calidad mayor

Válvulas

Las válvulas tendrán un diámetro de 50 mm y serán de la marca Comeval. Soportarán la presión y temperatura máxima de trabajo del circuito.

Se utilizarán para aislar los elementos de la instalación, purga de aire, vaciado y llenado.

Cualquier válvula que no se pueda conseguir en el momento de la instalación, será sustituida por una de características similares.

Tuberías

Las tuberías serán de acero al carbono y seguirán las especificaciones de la norma UNE EN 10255:2005. Tubos sin soldadura de acero al carbono, de calidad S175, negros con extremos ranurados según la norma EN 10226-1 Válidos para aplicaciones industriales y aceite térmico a altas temperaturas.

Resistentes a 10 bares y temperatura de 180°C, tendrán un diámetro de 50 mm en toda la instalación. Se deben verificar las soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

Codos y té

Se colocarán todos los codos y té necesarios en la red de distribución debido a las ramificaciones que existen, ambos de la marca Tubasol.

Los codos serán de 90°C de acero al carbono ASTM de material A-234 WPB.

Las té serán iguales de acero al carbono ASTM de material A-234 WPB, como los codos.

Aislamiento

Se colocará en todas las tuberías de la instalación un aislamiento térmico de acuerdo a lo especificado en la IT 1.2.4.2.1. Utilizaremos lana de vidrio con forma con una conductividad térmica de 0,037 W/mK a 50°C.

Si no es posible obtener el material citado en el momento que se realice la instalación, conviene sustituirlo por otro de características similares.

Fluido caloportador

El fluido caloportador utilizado es aceite térmico de la marca Shell, denominado Shell Heat Transfer Oil S2, cuya temperatura máxima de trabajo es de 320°C, adecuada para la instalación.

Debe suministrarse en bidones con el precinto completamente cerrado y evitar el contacto con la piel.

Elementos de medición

Todos los elementos de medición deberán ser comprobados mediante pruebas de estanqueidad y se verificarán las soldaduras de los mismos cuando proceda.

Serán resistentes al aceite térmico, a la presión de 10 bares y a la temperatura máxima de trabajo de la instalación de 180°C. En este proyecto hay medidores de temperatura y de presión.

Los medidores de temperaturas bimetalicos irán conectados mediante un roscado XXX, de acero inoxidable, Son resistentes al aceite, a una presión de 10 bares y una temperatura de diseño de 180°C.

Los medidores de presión se conectarán mediante una brida XXXX de XX mm de acero inoxidable.

2.1.2 ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN

Se realizará la instalación utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento, teniendo en cuenta las especificaciones que los fabricantes aportan para cada componente que la forma.

Sala de calderas

La localización de la sala de calderas se muestra en los planos. Como característica principal a cumplir, sólo podrán instalarse las máquinas y equipos correspondientes a la instalación de la caldera y a su correspondiente funcionamiento, y no podrán realizarse trabajos en su interior que no pertenezcan a dicha instalación. Entre la maquinaria deberán dejarse unos pasos mínimos libres para permitir el movimiento de equipos desde el interior de la sala hacia el exterior o viceversa, y facilitar el movimiento del personal.

Todos los equipos, debido a las altas temperaturas de trabajo, deberán estar aislados térmicamente. Cualquier sala de calderas debe estar libre de polvo, gases o vapores inflamables que puedan producir un accidente en la instalación. Para evitar contratiempos no habrá conexión entre la sala de calderas y locales que puedan contener productos inflamables.

Sólo podrá acceder a esta sala el personal autorizado para su mantenimiento, revisión o reparación. Se debe indicar el nombre, dirección y número de teléfono de la entidad encargada del mantenimiento, como también la dirección y número de teléfono del servicio de bomberos.

Se indicará un plano con esquema de la instalación, el manual de funcionamiento y las instrucciones para detener la instalación en caso de emergencia. En cuanto al interruptor de emergencia, se situará en un acceso fácil y seguro.

La distancia máxima a la que se puede encontrar uno en la sala de calderas de la salida no sobrepasará los 15 m, las puertas tendrán una permeabilidad máxima de $1\text{ l}/(\text{sm}^2)$ bajo una presión diferencial de 100 Pa y se abrirán siempre hacia fuera, teniendo fácil apertura desde el interior de la sala.

En cuanto al cuadro eléctrico de protección y mando se encontrará cerca de la puerta de acceso, en caso de no ser posible, el interruptor general sí que deberá estar colocado en esa zona.

Instalación de tuberías

Todos los elementos que se instalen en la red de tuberías deberán ser accesibles para su reparación o sustitución, en caso de que sea necesario, como para el mantenimiento de los mismos.

Las tuberías irán a un nivel de 2,5 metros por encima del nivel del suelo colocadas mediante unas escuadras durante todo su recorrido de acero inoxidable. El espacio mínimo que debe existir entre los soportes de la tubería serán de 2 metros, nunca mayores de 3,5 en caso de que procediese.

Los codos y las tés que formen parte de la instalación se unirán a las tuberías mediante soldadura.

La soldadura de las tuberías se realizará por un técnico experto en soldadura. No se permitirá soldarlas a inglete para formar codos, cualquier ramificación será realizada con los codos correspondientes.

Bombas

Las bombas se instalarán después del filtro y con válvulas a ambos lados para poder facilitar su montaje y mantenimiento, pudiendo ser desmontado con facilidad en caso de avería. El diámetro de las tuberías que lleguen a la bomba no podrá ser menor que el diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Filtro

Se instalará directamente sobre la tubería en el circuito de ida mediante uniones bridadas, antes de las bombas. Se debe colocar con suficiente espacio en la instalación para poder desmontarlo en caso de avería o mantenimiento. El tamiz debe ir colocado en la parte inferior para evitar que la suciedad caiga en la tubería.

Aislamiento de las tuberías

El aislamiento de las tuberías deberá dejar visibles los elementos de medida y control de la instalación, soportarán temperaturas de hasta 400°C según las indicaciones técnicas del material. Son elementos cilíndricos con una apertura en su generatriz que facilitan la colocación sobre las tuberías.

Depósito de vaciado

Debe instalarse siempre por debajo de la cota de las tuberías para poder realizar el llenado y el vaciado sin problemas.

Fluido caloportador

El primer llenado de la instalación deberá realizarlo un técnico competente y autorizado para dicho trabajo, de acuerdo con las instrucciones del fabricante del generador. Tras la primera puesta en marcha deberá revisarse cada tres meses.

Resto de elementos de la instalación

Los elementos restantes se deberán instalar cuidadosamente con el espacio suficiente para poder realizar tareas de mantenimiento, reparación o sustitución sin ningún impedimento. Se seguirán las instrucciones de montaje e instalación que el fabricante proporcione con los equipos correspondientes.

2.2 CONDICIONES FACULTATIVAS**2.2.1 RESPONSABILIDADES EN LA EJECUCIÓN**

Será responsabilidad del Contratista la comprobación de los materiales que se han suministrado y utilizado en la ejecución de la obra, de modo que cumplan lo especificado en las normas que le son de aplicación a cada elemento de la instalación.

También será responsable de comprobar que la planta industrial es adecuada para la instalación realizada, y vigilará y supervisará el montaje de cada elemento de dicha instalación.

2.2.2 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

El Contratista deberá redactar un proyecto de Seguridad e Higiene específico para la obra del presente proyecto que debe cumplir la normativa vigente. Durante la preparación, ejecución y finalización de los trabajos se deberán cumplir todas las disposiciones que se refieran a la Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Se debe cumplir obligatoriamente el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que inciden en la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción.

El Coordinador de Seguridad y Salud será el responsable de que se cumpla el Plan Básico de Seguridad y Salud del Anexo 4 del presente proyecto durante toda la ejecución de la obra.

En caso de accidente, la responsabilidad caerá sobre el Contratista y las indemnizaciones correspondientes, así como los daños y perjuicios que puedan ocasionarse durante la ejecución de la obra.

2.2.3 PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución indicados en el contrato empezarán a contar a partir de la fecha del replanteo de las obras. El contratista está obligado a cumplir con los plazos.

El Director de Obra podrá modificar los plazos de ejecución siempre y cuando sean aprobados por el Contratante e influyan realmente en los plazos señalados anteriormente en el contrato.

Si no es posible comenzar los trabajos en la fecha prevista por contrato por causas ajenas al Contratista, o en su caso de ser suspendidos una vez comenzados, el Director de Obra concederá la prórroga que sea necesaria para proceder a la finalización del proyecto.

Firmado,

Adriana Hidalgo Gómez

DOCUMENTO 5. MEDICIONES

ÍNDICE DOCUMENTO 5. MEDICIONES

CAPITULO 1. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	1
--	---

CAPITULO 1. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

Descripción	Cantidad	Unidades
Caldera de fluido térmico de potencia térmica útil 1750 kW. Marca Attisu modelo FT1750	1	Uds.
Bomba centrífuga no autocebante con succión axial y puerta de descarga radial de la Marca Grundfos modelo NB 32-160.1/155 de 2.2 kW de potencia	3	Uds.
Filtro de tamiz desmontable de paso en Y con diámetro 50 mm y paso de luz estándar de 1 mm de la marca Maw o similar	3	Uds.
Vaso de expansión cerrado de 110 litros de capacidad, presión máxima de trabajo de 10 bares, de dimensiones 400mm de diámetro por 900 mm de alto realizado por Pirobloc	1	Uds.
Depósito de vaciado de acero fabricado en calderería de ejecución horizontal con 800 litros de capacidad, presión máxima de trabajo de 10 bares, de dimensiones de 900 mm de diámetro por 1400 mm de largo realizado por Lopez Hermanos S.A.	1	Uds.
Separador hidráulico de 40 litros de 250 mm de diámetro por 900 mm de alto realizado en calderería Lopez Hermanos S.A.	1	Uds.
Válvulas de globo con fuelle 50mm de diámetro nominal de la marca COMEVAL o similar	23	Uds.
Válvulas antirretorno de 50 mm de diámetro nominal de la marca COMEVAL o similar	3	Uds.
Tubo sin soldadura de acero al carbono negro con 50 mm diámetro interior y 3,6 mm de espesor EN 10255 serie media M. TUBASOL o similar	270	m
Aislamiento industrial Tech Pipe Section MT 4.0 con 60 mm de diámetro interior, espesor 40 mmn y longitud 1,2 m por coquilla de una conductividad térmica de 0.037 w/mK a 50°C de la marca ISOVER SAINT-GOBAIN o similar	270	m
Codo a 90° forjado de acero al carbono de 50 mm de diámetro nominal de TUBASOL o similar	20	Uds.

Conexiones tipo T forjado de acero al carbono de 50 mm de diámetro de TUBASOL o similar	15	Uds.
Escuadra perfil soldado de montaje directo a pared con 370 mm de longitud de Salvador Escoda o similar	100	Uds.
Termómetro bimetalico de conexión vertical con vaina. Conexión ½", diámetro 80 mm, rango de temperaturas 0/200 y 100 mm de largo y acero inoxidable, de Salvador Escoda o similar	7	Uds.
Vaina de latón para termómetro de 100 mm de longitud, rosca de ½" de Salvador Escoda o similar	7	Uds.
Manómetro vertical con rosca ½", diámetro de 80 mm, escala de 2.5 a 40 bares de Salvador Escoda o similar	11	Uds.
Aceite térmico de 863 kg/m ³ de densidad, calor específico 1882 kJ/kgK, conductividad térmica de 0.134 w/mK Y N° de prandt 919 a 20°C, tipo Heat Transfer Oil S2 de la marca Shell o similar	3	Bidón
Piezas para realizar el montaje de la instalación completa	1	Uds.

DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

ÍNDICE DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

1	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL	1
1.1	Coste de los materiales de la instalación	1
1.2	Costes de la mano de obra directa	3
1.3	Cuadro resumen	3
2	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	5

1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL

1.1 Coste de los materiales de la instalación

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Caldera de fluido térmico de potencia térmica útil 1750 kW. Marca ATTSU modelo FT1750 o similar	1	Uds.	32125,80 €	32125,80 €
Bomba centrífuga no autocebante con succión axial y puerta de descarga radial de la Marca GRUNDFOS modelo NB 32-160.1/155 de 2.2 kW de potencia o similar	3	Uds.	1452,40 €	4357,20 €
Filtro de tamiz desmontable de paso en Y con diámetro 50 mm y paso de luz estándar de 1 mm de la marca MAW o similar	3	Uds.	42,00 €	126,00 €
Vaso de expansión cerrado de 110 litros de capacidad, presión máxima de trabajo de 10 bares, de dimensiones 400mm de diámetro por 900 mm de alto realizado por PIROBLOC o similar	1	Uds.	537,60 €	537,60 €
Depósito de vaciado de acero fabricado en calderería de ejecución horizontal con 800 litros de capacidad, presión máxima de trabajo de 10 bares, de dimensiones de 900 mm de diámetro por 1400 mm de largo realizado por LOPEZ HERMANOS S.A. o similar	1	Uds.	3567,60 €	3567,60 €
Separador hidráulico de 40 litros de 250 mm de diámetro por 900 mm de alto realizado en calderería LOPEZ HERMANOS S.A. o similar	1	Uds.	843,20 €	843,20 €

Válvulas de globo con fuelle 50mm de diámetro nominal de la marca COMEVAL o similar	23	Uds.	38,60 €	887,80 €
Válvulas antirretorno de 50 mm de diámetro nominal de la marca COMEVAL o similar	3	Uds.	29,48 €	88,44 €
Tubo sin soldadura de acero al carbono negro con 50 mm diámetro interior y 3,6 mm de espesor EN 10255 serie media M. TUBASOL o similar	270	m	8,44 €	2278,80 €
Aislamiento industrial Tech Pipe Section MT 4.0 con 60 mm de diámetro interior, espesor 40 mm y longitud 1,2 m por coquilla de una conductividad térmica de 0.037 w/mK a 50°C de la marca ISOVER SAINT-GOBAIN o similar	270	m	6,80 €	1836,00 €
Codo a 90° forjado de acero al carbono de 50 mm de diámetro nominal de TUBASOL o similar	20	Uds.	59,40 €	1188,00 €
Conexiones tipo T forjado de acero al carbono de 50 mm de diámetro de TUBASOL o similar	15	Uds.	48,60 €	729,00 €
Escuadra perfil soldado de montaje directo a pared con 370 mm de longitud de SALVADOR ESCODA o similar	100	Uds.	18,57 €	185,70 €
Termómetro bimetalico de conexión vertical con vaina. Conexión ½", diámetro 80 mm, rango de temperaturas 0/200 y 100 mm de largo y acero inoxidable, de SALVADOR ESCODA o similar	7	Uds.	29,10 €	203,70 €
Vaina de latón para termómetro de 100 mm de longitud, rosca de ½" de SALVADOR ESCODA o similar	7	Uds.	5,30 €	37,10 €

Manómetro vertical con rosca $\frac{1}{2}$ ", diámetro de 80 mm, escala de 2.5 a 40 bares de SALVADOR ESCODA o similar	11	Uds.	15,20 €	167,20 €
Vaina de latón para manómetro de 100 mm de longitud, rosca de $\frac{1}{2}$ " de SALVADOR ESCODA o similar	11	Uds.	5,30 €	58,30 €
Aceite térmico de 863 kg/m ³ de densidad, calor específico 1882 kJ/kgK, conductividad térmica de 0.134 w/mK Y N° de prandt 919 a 20°C, tipo Heat Transfer Oil S2 de la marca SHELL o similar	3	Bidón	387,50 €	1162.50 €
Piezas para realizar el montaje de la instalación completa	1	Uds.	400,00 €	400,00 €

1.2 Costes de la mano de obra directa

Descripción	Nº de trabajadores	Salario (€/h)	Horas	Honorarios (€)
Oficial de primera especialista en baja tensión	1	16,03	240	3847,20
Capataz	1	15,92	240	3820,80
Peón especializado en soldadura	1	15,15	240	3636,00
Peón ordinario	2	14,58	240	6998,40

1.3 Cuadro resumen

Costes de los materiales de la instalación	50779,90 €
Costes de la mano de obra directa	18302,40 €
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	69082,30 €

El Presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad de SESENTA Y NUEVA MIL OCHENTA Y DOS EUROS CON TREINTA CENTIMOS (69082,30 €).

Firmado,

Adriana Hidalgo Gómez

2 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Presupuesto de ejecución material	69082,30 €
Gastos generales (13%)	8980,69 €
Beneficio industrial (6%)	4144,94 €

TOTAL PARCIAL	82207,93 €
IVA (21%)	17263,66 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	99471,59 €
---------------------------------------	------------

El Presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a la cantidad de NOVENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CENTIMOS (99471,59 €).

Firmado,

Adriana Hidalgo Gómez