



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CALDERAS DE VAPOR BASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN

Grado en Ingeniería mecánica

Autor: Airam Betancor González

Tutora: María Hernández Molina

Cotutor: Federico Padrón Martín

Índice

Memoria	1
Antecedentes	1
Objetivos	1
Resumen	2
Abstract	3
Introducción	3
Calderas de vapor	4
Mantenimiento	5
• Mantenimiento correctivo:	5
• Mantenimiento preventivo:	5
Corrosión.....	6
Emplazamiento caldera	8
Normas	9
Calderas instaladas. Características.....	11
• Calderas de vapor	12
• Ventilador entrada de aire al quemador	12
• Puerta exterior, quemador	13
• Quemador interior	13
• Encendido caldera	14
• Principales salidas de la caldera	14
• Salida de vapor de las calderas	15
Instalaciones anexas a la caldera	17
• Circuito de agua	17
• Circuito de fuel	17
• Circuito salida gases combustión	17
• Circuito inicio combustión propano	17
• Circuito eléctrico chispa	17
Elementos de seguridad (Documentos Dorada)	18
• Falta de agua:	18
• Exceso de presión:	18
• Falta de llama:	18
Problemas de corrosión encontrados.....	18

Plan de mantenimiento basado en la medición de corrosión.....	39
Costos	44
Conclusiones	45
Conclusions	45
Maqueta de apoyo al trabajo	46
Bibliografía	52
Planos	53

Memoria

Antecedentes

El presente trabajo de fin de grado, titulado “Plan de mantenimiento de un sistema de calderas de vapor basado en la medición de corrosión”, se lleva a cabo por el alumno, ya que éste, cursó la asignatura de “Mantenimiento y diagnóstico de máquinas” y, además, realizó las prácticas externas en la empresa “Compañía cervecera de canarias S.A.”. La combinación de estos dos fenómenos, impulsó al alumno a querer hacer un trabajo que uniera estos dos puntos. Gracias a que el cotutor aportó el enfoque hacia la medición de corrosión y a los conocimientos de la tutora en este ámbito, esto fue posible.

A lo largo del tiempo, el ámbito del mantenimiento dentro de las empresas ha sido considerado como un gasto, más que un beneficio para la misma. Con este TFG, se pretende conseguir que las empresas le den el valor que se merece al mantenimiento de las instalaciones y comprueben el beneficio que conlleva tener un plan adecuado. Dentro del mantenimiento, este trabajo se centrará en las calderas de vapor, ya que se consideró un elemento con mucha relevancia dentro de la empresa y debido a la experiencia que el cotutor tiene en ellas.

Se centró el trabajo en la medición de la corrosión porque se vio un tema novedoso, sin mucha información al respecto, y que puede ser importante para toda empresa, siendo aplicable (siempre que se adapte) a cualquier otro sistema en esta u otra entidad.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es el mantenimiento basado en la medición de la corrosión. Se basa en evitar o reducir el deterioro de los componentes que integran el sistema de las calderas de vapor, pudiendo con ello alargar la vida útil y la disponibilidad de dichos elementos. Con esto se conseguirá un ahorro significativo ya que las instalaciones no sufrirán tanto desgaste y no necesitarán ser reparados o intercambiados

sus componentes con tanta asiduidad. Podemos destacar como objetivos particulares de este TFG los siguientes:

- Analizar el estado en el que se encuentran los componentes de la instalación.
- Actuar sobre los componentes más afectados.
- Prevenir o reducir la corrosión que se pueda dar en los componentes estudiados.

Resumen

En este trabajo se creará un plan de mantenimiento basado en la medición de la corrosión. Esto será de aplicación para una instalación de calderas situada en la fábrica de la empresa “Compañía Cervecera de Canarias S.A.”

En primer lugar, se introducirán temas básicos para este trabajo, como las calderas de vapor, el mantenimiento y la corrosión, para que se pueda comprender de la mejor manera posible.

Posteriormente, se darán a conocer la instalación de las calderas en mejor medida, hablando de la normativa que aplica, características, instalaciones anexas y elementos de seguridad.

Entrando en la fase final, y centrándonos en el tema de este trabajo, se hablará de la corrosión encontrada en la instalación, apoyada con imágenes, se seguirá con un plan de actuación para estas partes y se terminará con los costes y conclusiones.

Además, para complementar este trabajo, se le agregan un apartado dedicado a la realización de la maqueta y otro a los planos.

Abstract

In this work a maintenance plan based on the measurement of corrosion will be created. This will be applicable for a boiler installation located in the "Compañía Cervecera de Canarias S.A." factory).

Firstly, basic topics for this work will be introduced, such as steam boilers, maintenance and corrosion, so that it can be understood in the best possible way.

Afterwards, the installation of boilers will be announced in a better way, speaking of the regulations that apply, features, attached facilities and security elements.

Entering the final phase, and focusing on the subject of this work, we will talk about the corrosion found in the installation, supported with images, we will continue with an action plan for these parts and will finish with the costs and conclusions.

In addition, to complement this work, we add a section dedicated to the realization of the mockup and another to the plans.

Introducción

Este plan de mantenimiento tendrá como campo de aplicación la empresa "Compañía Cervecera de Canarias S.A.", más concretamente la fábrica localizada en Santa Cruz de Tenerife. Esta compañía se dedica principalmente a la producción y distribución de cerveza. Se consolidó en 1994 como uno de los mayores grupos industriales del archipiélago tras la unión de las dos principales empresas cerveceras de canarias del momento: Compañía Cervecera de Canarias y Sical. En la actualidad, es una de las principales productoras de cerveza a nivel nacional y posee dos plantas de producción, una en Santa Cruz de Tenerife y otra en las Palmas de Gran Canaria¹.

Dado que este estudio se fundamenta en la creación de un plan de mantenimiento basado en la medición de corrosión de la instalación de calderas de vapor, y con el objetivo de ponernos en situación, realizaremos a continuación una pequeña introducción dedicada a definir las calderas de vapor, el mantenimiento y la corrosión.

Calderas de vapor

Las calderas de vapor industriales son complejos equipos utilizados para elevar la temperatura de un fluido, generalmente agua, mediante un aporte calórico en un quemador a partir de la combustión. El combustible para dicho aporte calórico puede ser de lo más variopinto, yendo desde los gaseosos pasando por los líquidos y llegando hasta los sólidos.

El objetivo de estas calderas industriales de vapor es suministrar energía calorífica al fluido hasta que este llegue a la fase gaseosa, con ello se pretende o bien generar energía eléctrica mediante la unión turbina-alternador o simplemente abastecer a una instalación de calor para los diferentes procesos industriales.

Además, las calderas generalmente las podemos separar en dos grupos; calderas pirotubulares, donde tras la llama originada en el hogar los humos se desplazan por unos tubos transfiriendo poder calórico al agua que hasta finalmente ser expulsados al exterior, y las calderas acuatubulares que se diferencian de las pirotubulares en que éstas, por las tuberías se conduce en agua y por la parte exterior tenemos los productos de la combustión.

El caso de estudio de este trabajo es una caldera de vapor pirotubular con un quemador rotativo que atomiza el combustible líquido, tiene como objetivo elevar la temperatura del agua por encima de la evaporación, para así poder abastecer a toda la fábrica de agua caliente. Dentro de las calderas pirotubulares podemos decir además que estamos frente a una caldera de vapor de la marina escocesa, estas calderas inicialmente se utilizaban en barcos, pero con el tiempo se vieron un gran potencial en la industria terrestre.

Mantenimiento

El mantenimiento se define como el conjunto de actuaciones que se realizan para que un equipo o sistema mantenga las condiciones o para mejorar las condiciones de dicho elemento hasta que este puede realizar la función para la que fue diseñado. Cuando se habla de mantenimiento, caben destacar dos grandes tipos, que son el mantenimiento correctivo y el preventivo².

- **Mantenimiento correctivo:** El mantenimiento correctivo es aquel que se realiza cuando el fallo ya se ha producido en el equipo o sistema, por lo que, mediante las operaciones necesarias se intenta devolver el equipo al estado de servicio. Este mantenimiento puede ser programado o no.

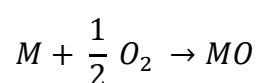
- **Mantenimiento preventivo:** El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza antes de que el fallo ocurra, esto se consigue realizando un cambio de piezas o componentes y ciertas reparaciones del equipo o sistema cada cierto periodo de tiempo o según determinados criterios, consiguiendo así reducir las posibilidades de averías. Este mantenimiento siempre es planificado, además, dentro de éste, existen los siguientes tipos:
 - ***Mantenimiento predictivo:*** El mantenimiento predictivo es aquel que se basa en conocer el estado del equipo o sistema (mediante pruebas rutinarias como los análisis de aceite y elaborando una tabla de datos con los resultados), para prever una posible avería y anticiparse a ella.

 - ***Mantenimiento sistemático:*** El mantenimiento sistemático es aquel que se realiza a intervalos de tiempo, ciclos de trabajo, número de operaciones, etc

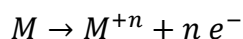
Corrosión

En primer lugar, hablaremos de la corrosión. La corrosión en metales se define como *“el ataque destructivo e involuntario de un metal, este ataque es electroquímico y generalmente empieza en la superficie”*³. Tenemos dos tipos de corrosión:

- La corrosión seca u oxidación, que es aquella que se produce a alta temperatura y en un medio gaseoso (O₂). En este caso se basa en una reacción química entre la superficie del propio metal y un gas, produciendo así películas de óxido, las reacciones ocurridas son del tipo³:



- La corrosión electroquímica, que es la que se produce a temperatura ambiente y en un medio líquido (H₂O). Éste fenómeno ocurre por la formación de una pila electroquímica, sufriendo pérdida de material en las zonas anódicas del metal. Esto se da cuando el metal está en contacto con un medio de conductividad electrolítica, y se produce una asimetría capaz de inducir una diferencia de potencial entre el ánodo y cátodo. En el ánodo siempre aparece la oxidación del metal³:



La corrosión se puede clasificar, dependiendo de cómo ésta se manifieste, conociendo por ello las siguientes³:

- Generalizada: La corrosión generalizada es la que ocurre en toda la superficie del metal de una manera más o menos uniforme. Esta es la forma de corrosión más común, pero a su vez la más fácil de revertir.
- Galvánica: La corrosión galvánica es la que ocurre cuando dos metales o aleaciones con una composición diferente hacen contacto y se encuentran rodeadas por un medio electrolítico. En este tipo, es el metal más reactivo (cuanto más reactivo, menos noble y más capacidad para ceder electrones), el que realiza

la función de ánodo, por lo que termina oxidándose. Para reducir la aparición de la corrosión galvánica basta con tener en cuenta lo siguiente:

1. A la hora de realizar uniones metálicas, se debe procurar, realizar dichas uniones con metales que posean una reactividad similar.
 2. En las uniones ánodo-cátodo, procurar que, en dicha unión, el área anódica sea lo mayor posible, evitando así situaciones desfavorables.
 3. Aislar eléctricamente los metales de diferente naturaleza.
 4. Con la utilización de un ánodo de sacrificio, esto consiste en la colocación de un tercer meta eléctricamente unido al resto, que actúe como ánodo.
- Corrosión por aireación diferencial: La corrosión en resquicios ocurre cuando la concentración de gases disueltos en la disolución electrolítica es diferente a la concentración que encontramos entre dos regiones de una misma pieza metálica. Esto ocurre sobre todo en las uniones, zonas roscadas, etc. Es decir, en las zonas en las que la disolución pueda penetrar, pero suficiente para que haya estanqueidad. La oxidación se producirá cuando el oxígeno de la grieta se agote, será entonces cuando los electrones viajen desde el metal de la zona interna hasta el de la zona externa, produciéndose la oxidación en el interior de la fisura. Este tipo de corrosión se evita de entre otras formas, sustituyendo las uniones roscadas por soldadas, eliminando con asiduidad los depósitos estancados, diseñando elementos sin áreas estancadas, etc.
 - Corrosión por picadura: La corrosión por picadura, es un ataque localizado que perfora el metal desde la superficie hasta el interior, formando pequeños agujeros. Este es un tipo de corrosión difícil de predecir. Tiene un mecanismo similar a la corrosión por aireación diferencial, ya que la corrosión se ocasiona en el interior, pero la picadura es motivada por la gravedad. Para evitar la corrosión por picadura, una de las soluciones podría ser pulir las zonas, ya que se ha demostrado que ambos hechos están relacionados, y la otra consiste en la adición de una pequeña cantidad, en torno al 2% de molibdeno, sobre todo en acero, que son más propensos a este tipo de corrosión.
 - Corrosión intergranular: La corrosión intergranular ocurre en los límites de granos con poca cohesión mecánica, y produciendo por ello, la separación de las partes a

lo largo de los límites. Esta corrosión es frecuente en aceros inoxidable calentados a temperaturas comprendidas entre los 500 y 800°C durante largos periodos de tiempo, ya que produce pequeños precipitados de carburo de cromo. Esto ocurre sobretodo en soldaduras de acero inoxidable, donde este tipo de corrosión es bastante importante. Para minimizar el riesgo de este tipo de corrosión podemos tener en cuenta lo siguiente:

1. Sometiendo el material afectado a un tratamiento térmico a elevada temperatura para disolver las partículas de carburo de cromo.
 2. Disminuir el contenido en carbono por debajo del 0,03% para minimizar la formación de carburos.
 3. Aleando el acero inoxidable con elementos que tengan mejor tendencia a formar carburos que el cromo (titanio, niobio), así este permanecerá en fase sólida.
- Corrosión por eliminación selectiva: Este tipo de corrosión se produce cuando se elimina un elemento de una aleación monofásica mediante un proceso corrosivo, empeorando así, las propiedades mecánicas del metal.

Emplazamiento caldera

La fábrica, en la cual se encuentra la sala de calderas de vapor (objeto de estudio), está en Santa cruz de Tenerife, más concretamente en la avenida Ángel Romero, nº 18, CP: 38009. La localización exacta de la sala, la podemos encontrar en el capítulo de [Planos](#).

Normativa

Las normas que aplica la empresa sobre las calderas de vapor son las siguientes:

- **ISO 9001:2015:** Norma de sistemas de gestión de la calidad reconocida internacionalmente⁴.
- **ISO 14001:2004:** Norma internacional de sistemas de gestión ambiental, ayuda a la organización a identificar, priorizar y gestionar los riesgos medioambientales⁴.
- **ISO 22000:2005:** Norma internacional de sistemas de gestión de seguridad alimentaria para la totalidad de la cadena de suministro. Esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión de seguridad alimentaria que implica la comunicación interactiva, la gestión del sistema y programas prerrequisitos⁴.
- **OHSAS 18001:2007:** Norma internacional que establece los requisitos para la implementación de un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo⁵.
- **Reglamento (CE) 1005/2009 Del parlamento europeo y del consejo de 16 de septiembre de 2009 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono,** cuyo objeto de aplicación se basa en las sustancias que agotan la capa de ozono.
- **Reglamento 528/2012 de 22 de mayo,** relativo a la comercialización y uso de biocidas.
- **Reglamento (UE) 517/2014 del parlamento europeo y del consejo de 16 de abril de 2014 sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el reglamento (CE) no 842/2006,** cuyo objeto de aplicación se basa en los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga e reglamento (CE) no 842/2006.
- **Orden de 15 de mayo de 1963,** por la que se aprueba una instrucción por la que se dictan normas complementarias para la aplicación del reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
- **Decreto de 833/1975, de 6 de octubre,** por el que se desarrolla la ley 381/1972, de 22 de protección del ambiente atmosférico (en su parte no derogada).
- **Orden de 18 de octubre de 1976,** del ministerio de industria, sobre prevención y corrección de la contaminación industrial.
- **Real decreto 2512/1978 de 14 de octubre,** para aplicación del artículo 11 de la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico

- **Real decreto 1613/1985, de 1 de agosto**, que establece valores de calidad para el dióxido de azufre y partículas.
- **Real decreto 717/1987, de 27 de mayo**, de contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno y plomo; normas de calidad del ambiente.
- **Real decreto 1321/1992, de 30 de octubre**, que establece valores de calidad para las partículas en suspensión y el dióxido de carbono según método analítico utilizado.
- **Real decreto 363/1995, de 10 de marzo**, por el que se aprueba el reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, etiquetado y envasado de sustancias peligrosas.
- **Real decreto 212/2002, de 22 de febrero**, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas maquinarias de uso libre.
- **Real decreto 1054/2002, de 11 de octubre**, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.
- **Real decreto 1073/2002, de 18 de octubre**, sobre la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.
- **Real decreto 948/2005, de 29 de julio**, por el que se modifica el real decreto 1245/1999, de 16 de julio por el que se aprueban medidas de control inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- **Ley 9/2006, de 12 de enero**, sobre la evaluación de los efectos de determinados planes y programas.
- **Real decreto 524/2006, de 28 de abril**, por el que se modifica el real decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- **Ley 26/2007. De 23 de octubre**, de responsabilidad medioambiental.
- **Ley 34/2007 de 15 de noviembre**, de calidad de aire y protección de la atmósfera.
- **Real decreto legislativo 1/2008**, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de evaluación de impacto ambiental de proyectos.

- **Real decreto 717/2010 de 28 de mayo**, por el que se modifican el real decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- **Real decreto 795/2010, de 16 de junio**, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismo, así como la certificación de los profesionales que los utilizan, que complementa la reglamentación existente en esta materia y cuyo objetivo es minimizar las emisiones de fluidos organohalogenaos.
- **Real decreto 100/2011, de 28 de enero**, por el que se actualiza el catálogo de actividades parcialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- **Real decreto 102/2011, de 28 de enero**, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- **Real decreto 183/2015, de 13 de marzo**, por el que se modifica el reglamento de desarrollo parcial de la ley 26/2007 de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental, aprobada por el real decreto 2090/2008, de 22 de diciembre.
- **Real decreto 102/2011, 28 de enero**, relativo a la calidad del aire.

Calderas instaladas. Características

Las calderas, objeto de este trabajo, fueron instaladas el 21 de abril de 1999. Poseen cuatro pasos de humos, están hechas de una aleación de acero y algunos de sus componentes nexos a las calderas, están hechos de acero inoxidable y aluminio, estas aleaciones se suelen utilizar principalmente en el calorifugado de las tuberías. Estos equipos constan con una capacidad de 35000 litros (cada caldera), de una temperatura de trabajo que oscila entre los 160 y 180°C, alcanzando una presión máxima de 7,5 bares. La entrada tanto de agua como Fuel-Oil se procura que entre a temperaturas superiores a la ambiental para reducir el coste de combustible del proceso, siendo para el agua la temperatura de entrada de 90°C y para el Fuel-Oil de 70°C, de media.

Otro dato importante es que, en la chimenea, los gases de la combustión salen a unos 160°C. Además, está dotada de refrigeración por agua para disminuir la temperatura de estos gases, y en la parte superior cuenta con un proceso de eliminación de hollín. Una

parte importante de esta instalación de dos calderas es que el funcionamiento de ambas se intercala cada 6 meses de trabajo. A continuación, se destacarán las partes de la caldera que pueden ser analizables desde un punto de vista exterior.

- **Calderas de vapor**

En estas primeras imágenes se pueden apreciar las dos calderas vistas desde la parte frontal y lateral izquierda. Cada una tiene unas medidas geométricas de 3,5 m de diámetro y una longitud de 9,5 m aproximadamente. Están apoyadas sobre una bancada en perfiles IPN. Actualmente, la caldera situada a la derecha de la ilustración 1, se encuentra fuera de funcionamiento.



Ilustración 1. Frontal y lateral calderas. Fuente: Elaboración propia.

- **Ventilador entrada de aire al quemador**

En la Ilustración 2 se encuentra el ventilador, equipo que dota al quemador de una gran cantidad de volumen de aire, necesario para el proceso de la combustión. Este en particular, se acciona mediante un motor eléctrico situado en la parte posterior, es decir, al accionarse este, se activa el movimiento del rotor del ventilador y este absorbe el aire del ambiente.



Ilustración 2. Ventilador. Fuente: Elaboración propia.

- **Puerta exterior, quemador**

A continuación, en la Ilustración 3 se observa la puerta del quemador desde un punto de vista exterior. En él, podemos observar el motor rotativo, que se encarga de atomizar el combustible líquido a la entrada del quemador.

La entrada del circuito de propano, junto al circuito generador de la chispa, se encarga de provocar la llama inicial, para que posteriormente con la aportación del combustible líquido, se produzca la llama necesaria para la combustión deseada. Además, tenemos otros componentes como calentadores eléctricos, válvulas de seguridad, etc.

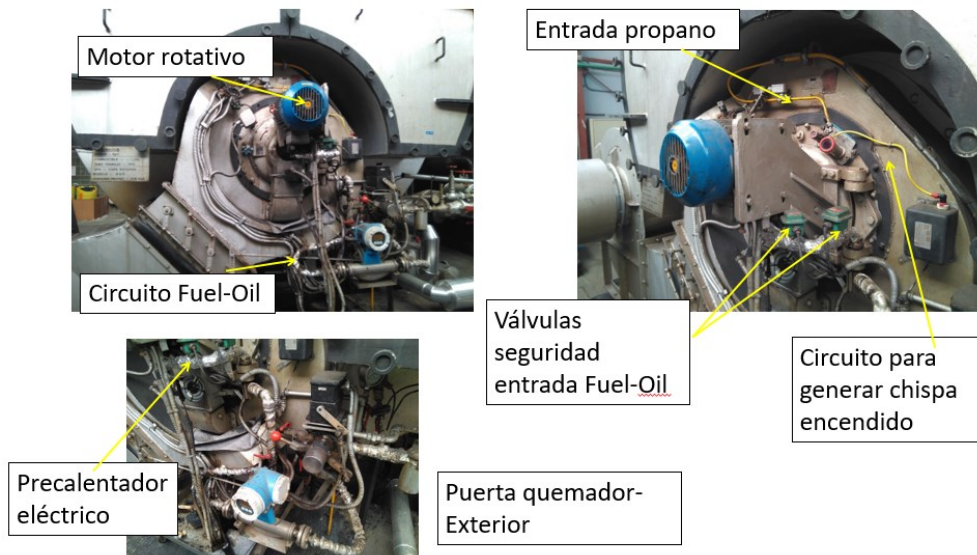


Ilustración 3. Puerta exterior quemador. Fuente: Elaboración propia

- **Quemador interior**

En el interior del quemador, es donde se produce la chispa y posterior llama, gracias a los elementos de aportación necesarios. En la foto de la derecha se pueden apreciar las aspas interiores, donde gracias al motor rotativo, se atomiza el combustible líquido debido al giro. Por otro lado, en la foto de la izquierda observamos las aspas más exteriores, que es donde se realiza la entrada del aire.

Quemador



Entrada de la cámara interior/Hogar



Entrada de fuel y aire. Dispositivo rotor.

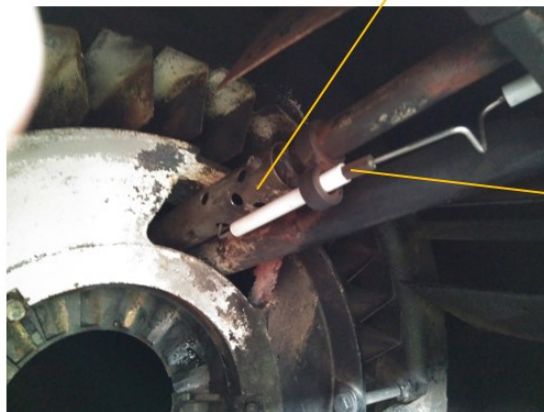
Ilustración 4. Interior quemador. Fuente: Elaboración propia.

• Encendido caldera

En una visión más cercana de lo mostrado en el apartado anterior, se puede ver con exactitud, dónde se produce la chispa e inicio de la combustión debida al aporte de propano y a la bujía.

Entrada cámara interior quemador

Entrada propano para iniciar combustión



Bujía/chispa encendido

Ilustración 5. Zona inicio llama, bujía. Fuente: Elaboración propia.

• Principales salidas de la caldera

Las siguientes fotografías muestran las principales salidas de la caldera. En ellas se puede apreciar la chimenea, lugar donde la caldera evacúa los gases producto de la combustión; la salida principal de vapor, la cual conduce el vapor generado hasta un

colector (de este se hablará en la siguiente imagen); y dos válvulas de seguridad, cuya misión es evacuar el vapor en caso de sobrepresión.



Ilustración 6. Principales Salidas de la Caldera. Fuente: Elaboración propia

- **Salida de vapor de las calderas**

En la salida principal de vapor citada en la imagen anterior, se puede observar el colector. El colector se ocupa de distribuir el vapor no solo a los diferentes puntos de interés dentro de la fábrica como pueden ser línea de envasado y producción, sino que

también se destina una parte al propio sistema de la caldera de vapor, principalmente para precalentar el combustible líquido.

Salida del Vapor Caldera 1 y 2



Vapor destinado a:

- Calentador fuel caldera
- CO2
- Presión de línea



Vapor destinado a:

- Calentador Fuel
- Producción
- Envasado
- Atmósfera
- Desgasificador
- Planta de Agua

Ilustración 7. Colector y sus derivaciones. Fuente: Elaboración propia

Instalaciones anexas a la caldera

Las instalaciones de calderas de vapor, por norma general, tienen unos sistemas anexas a ellos. En este caso concreto, los circuitos que se encontraran son los siguientes:

- **Circuito de agua:** Circuito correspondiente a la entrada y salida de agua en la caldera, ya sea en su estado líquido o gaseoso. Dentro del mismo podemos distinguir ambos circuitos de entrada y salida.
 - Salida de vapor
 - Entrada del condensado
- **Circuito de fuel:** Circuito correspondiente a la entrada y retorno de fuel de los depósitos del mismo. El retorno de fuel se produce gracias al caudal constante que mantienen las bombas, normalmente superior al que la caldera necesita, por lo que el sobrante es retornado a los depósitos de Fuel.
- **Circuito salida gases combustión:** Este circuito se corresponde a la emisión por parte de caldera de vapor de los gases producto de la combustión generada en el hogar del mismo, que se expulsa a la atmósfera con unas condiciones determinadas y limitadas para cumplir con los aspectos medioambientales.
- **Circuito inicio combustión propano:** Circuito correspondiente al gas proveniente de unos recipientes que van conectados a la generación de chispa de la caldera. Este combustible sirve para iniciar el proceso de combustión al cual, posteriormente, se le alimenta de fuel para continuar con el proceso.
- **Circuito eléctrico chispa:** Circuito únicamente destinado a generar la chispa junto al propano e iniciar el proceso de combustión en la caldera.

Elementos de seguridad

Las calderas de vapor son equipos potencialmente peligrosos, debido a las altas temperaturas y presiones con las que se trabaja, por ello, cuentan con muchas medidas de seguridad, ya sean para la propia máquina como para los operarios que se encargan de su cuidado. Según datos recogidos en la documentación de la empresa, dentro de esta caben destacar por su importancia las siguientes:

- **Falta de agua:**
 - Limitador de nivel bajo Mobrey (tipo flotador) provocando el corte de la llegada de combustible al quemador, así como el paro del mismo y la puesta en marcha de una señal acústica.
 - Limitador de nivel de seguridad reglamentario tipo electrónico con WTS
 - Tapón fusible situado en el techo de la caja de fuego.
- **Exceso de presión:**
 - Presostato límite para el paro del quemador cuando la presión rebase de un límite prefijado.
 - Dos válvulas de seguridad
- **Falta de llama:**
 - Sonda fotoeléctrica con su correspondiente programador de secuencias

Problemas de corrosión encontrados

El tema principal de este TFG es el mantenimiento de las calderas mediante la medición de la corrosión. En este apartado no solo se hablará de dónde ocurre la corrosión, por qué y si es evitable o no, sino además de la posible reparación que necesitará actualmente y el costo que ello conlleve.

A continuación, se mostrarán fichas con las imágenes que presentan una corrosión más notable, y en ellas se pondrán los datos más relevantes.



Lugar	Unión en la bancada.
Causa	Corrosión en resquicios debida a una mala soldadura y al ambiente corrosivo.
Prevención	Realizar una buena soldadura que impida la estanqueidad del gas en la unión de los metales.
Reparación	La posible reparación de esto requeriría pulir la zona afectada, posteriormente si es necesario volver a soldar (solo si compromete la estructura) y, por último, recubrir la zona con una pintura que aisle la soldadura del ambiente.

Tabla 1. Corrosión unión soldada bancada. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Bancada de la caldera de vapor.
Causa	Corrosión debida a la deposición de fluidos.
Prevención	Asegurar la estanqueidad de los equipos y sistemas.
Reparación	Encontrar la fuga y sellarla, ya sea mediante soldadura o cambio de elementos. Una vez realizado, se lija, pinta y repone si se precisa.

Tabla 2. Corrosión bancada. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Entrada de agua a la caldera.
Causa	Corrosión en resquicio en los tornillos, galvánica y oxidación debido al ambiente agresivo.
Prevención	Para prevenir la corrosión en resquicios se necesitaría una unión que permitiese la renovación del aire en las partes de tornillería, o bastaría con cambiar los mismo tras un periodo de tiempo estimado. Para la parte de corrosión galvánica y oxidación frente al ambiente se necesitaría algún tipo de pintura que aislase el acero.
Reparación	La reparación de esta situación sería cambiar inmediatamente los tornillos debido a la corrosión en resquicio, para la parte de corrosión galvánica, habría que pulir la zona y dependiendo del espesor de la capa dañada tendría que cambiarse o simplemente añadirse una capa de pintura para evitar dicha corrosión y que resista las temperaturas superiores a los 80°C.

Tabla 3. Corrosión bombeado agua caldera. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Bombeo de agua a la caldera.
Causa	Corrosión en resquicio en los tornillos, galvánica y oxidación debido al ambiente agresivo.
Prevención	Para prevenir la corrosión en resquicios se necesitaría una unión que permitiese la renovación del aire en las partes de tornillería, o bastaría con cambiar los mismos tras un periodo de tiempo estimado. Para la parte de corrosión galvánica y oxidación frente al ambiente se necesitaría algún tipo de pintura que aislase el acero.
Reparación	La reparación de esta situación sería cambiar inmediatamente los tornillos debido a la corrosión en resquicio, para la parte de corrosión galvánica, habría que pulir la zona y dependiendo del espesor de la capa dañada tendría que cambiarse o simplemente añadirse una capa de pintura para evitar dicha corrosión y que resista las temperaturas superiores a los 80°C.

Tabla 4. Corrosión bombeado agua caldera 2. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Tubería salida lodos de la caldera.
Causa	Corrosión en resquicio en los pernos y oxidación de la tubería frente al entorno agresivo.
Prevención	<p>Para el caso de los tornillos, habría que tener en cuenta que pueda renovarse el aire en la longitud del mismo, o bien cambiarlos cada cierto periodo de tiempo.</p> <p>Para el caso de la oxidación de la tubería, la mejor prevención sería renovar la capa de pintura cuando comiencen a aflorar indicios de deterioro.</p>
Reparación	<p>La reparación más inmediata sería cambiar los pernos y a su vez comprobar que la rosca interior no está dañada. Si lo está, se realizará un cambio de sección colocando así un nuevo tramo de tubería.</p> <p>Para el caso de la corrosión en la tubería, se eliminará la pintura restante, se pulirá y se añadirá una pintura anticorrosión que soporte temperaturas superiores a los 80°C.</p>

Tabla 5. Corrosión lodos 1. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Tubería lodos bajante.
Causa	Corrosión en resquicio en los pernos y oxidación de la tubería frente al entorno agresivo.
Prevención	<p>Para el caso de los tornillos, habría que tener en cuenta que pueda renovarse el aire en la longitud del mismo, o bien cambiarlos cada cierto periodo de tiempo.</p> <p>Para el caso de la oxidación de la tubería, la mejor prevención sería renovar la capa de pintura cuando comiencen a aflorar indicios de deterioro.</p>
Reparación	<p>La reparación más inmediata sería cambiar los pernos y a su vez comprobar que la rosca interior no está dañada. Si lo está, se realizará un cambio de sección colocando así un nuevo tramo de tubería.</p> <p>Para el caso de la corrosión en la tubería, se eliminará la pintura restante, se pulirá y se añadirá una pintura anticorrosión que soporte temperaturas superiores a los 80°C.</p>

Tabla 6. Corrosión lodos 2. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Tubería lodos bajante
Causa	Corrosión en resquicio en los pernos y oxidación de la tubería frente al entorno agresivo
Prevención	<p>Para el caso de los tornillos, habría que tener en cuenta que pueda renovarse el aire en la longitud del mismo, o bien cambiarlos cada cierto periodo de tiempo.</p> <p>Para el caso de la oxidación de la tubería, la mejor prevención sería renovar la capa de pintura cuando comiencen a aflorar indicios de deterioro.</p>
Reparación	<p>La reparación más inmediata sería cambiar los pernos y a su vez comprobar que la rosca interior no está dañada. Si lo está, se realizará un cambio de sección colocando así un nuevo tramo de tubería.</p> <p>Para el caso de la corrosión en la tubería, se eliminará la pintura restante, se pulirá y se añadirá una pintura anticorrosión que soporte temperaturas superiores a los 80°C.</p>

Tabla 7. Corrosión lodos 3. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Manómetro-Válvula de seguridad.
Causa	Corrosión por fugas de fluido.
Prevención	Para prevenir esto habría que añadir algunos elementos como juntas o anillos de goma, con el objetivo de darle mayor estanqueidad y que así el fluido no pueda escapar.
Reparación	La reparación consistiría en desmontar el manómetro, realizarle una limpieza en profundidad y pulirlo si es necesario. Por último, averiguar cuál es la causa de la fuga y actuar en consecuencia según proceda.

Tabla 8. Corrosión manómetro superior. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Manómetro-Válvula de seguridad.
Causa	Oxidación en la unión debido al ambiente corrosivo.
Prevención	Para prevenir este tipo de efecto, habría que aplicarle una capa de pintura cuando ésta mengüe. Para ello se necesita de revisiones periódicas por parte del operario de la caldera.
Reparación	La reparación inmediata podría ser, simplemente, eliminar las zonas dañadas con algún pulido y recubrirlas con una pintura resistente a la corrosión. En principio no parece que se tenga que hacer nada más, ya que parece meramente superficial.

Tabla 9. Corrosión manómetro superior 2. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Purga salida de vapor.
Causa	Corrosión galvánica, de ambiente corrosivo y en resquicio.
Prevención	La prevención para este tipo de casos consiste en la inspección visual, asegurarse de que no haya contacto bimetálico y evitar en la medida de lo posible que exista estanqueidad de fluidos en la válvula. Periódicamente se repondrá la pintura, previamente habiéndose preparado la superficie, e intercambiarán los elementos roscados por unos nuevos.
Reparación	La reparación consistirá en revisar el buen funcionamiento de la válvula, de no ser así, se cambiará por otra. Si la válvula está en buen estado, se proseguirá con la sustitución de los elementos roscados y, a su vez, se comprobarán los demás elementos. Cuando todo esté en buen estado, solo quedará preparar la zona y aplicarle una pintura protectora.

Tabla 10. Corrosión purga salida vapor. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Tubería retorno de fuel.
Causa	Corrosión galvánica.
Prevención	Aplicar una pintura protectora y resistente a altas temperaturas cada vez que esta se degrade.
Reparación	Eliminar la pintura restante y pulir la zona para aplicar una nueva capa. Aparentemente la zona afectada no es muy grave y no requiere de mayor atención.

Tabla 11. Corrosión retorno fuel. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Cubo trasero de la caldera.
Causa	Corrosión en resquicio.
Prevención	Comprobar la zona periódicamente.
Reparación	Probablemente tendrá que cambiarse la zona exterior por una nueva. También tendrá que comprobarse la zona interior y según su estado actuar en consecuencia.

Tabla 12. Corrosión trasera. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Parte alta trasera de la caldera.
Causa	El origen de esto no queda muy claro, es posible que sea debido a pequeñas fugas de algún fluido.
Prevención	Comprobar la estanqueidad de la caldera de forma periódica y, en caso de que la pintura se degrade por el ambiente corrosivo, preparar la zona y aplicar pintura protectora.
Reparación	La reparación más inmediata consistirá en lijar y preparar la zona, comprobando que esta no está afectada de forma grave, para luego aplicarle una capa de pintura protectora. Además, también ha de comprobarse si existe algún tipo de fuga.

Tabla 13. Corrosión trasera alta. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Parte trasera de la caldera, conexión lodos.
Causa	El origen de esto no queda muy claro, es posible que sea debido a pequeñas fugas de algún fluido, por el ambiente agresivo o algún tipo de contaminación.
Prevención	Comprobar la estanqueidad de la caldera de forma periódica y, en caso de que la pintura se degrade, preparar la zona y aplicar pintura protectora.
Reparación	En primer lugar, se tendría que descubrir si existe algún tipo de fuga, en caso de que la haya, se sellará y se proseguirá a la siguiente fase. A continuación, se preparará la zona para finalmente recubrirla con pintura protectora, teniendo en cuenta que todo esté en perfecto estado.

Tabla 14. Corrosión trasera conexión lodos. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Válvula de seguridad salida vapor.
Causa	En resquicio.
Prevención	Aplicar una pintura protectora y resistente a altas temperaturas cada vez que esta se degrade, además de cambiar los elementos de unión de forma periódica.
Reparación	Cambiar los elementos roscados por unos nuevos, comprobando que la zona de contacto se encuentre en condiciones óptimas. Eliminar la pintura restante y pulir la zona para aplicar una nueva capa. Aparentemente, la zona afectada no es muy grave y no requiere de mayor atención.

Tabla 15. Corrosión válvula de seguridad. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Electroválvula.
Causa	Corrosión galvánica, en resquicio y frente a ambiente corrosivo.
Prevención	Para prevenir esto, se cambiarán los pernos de manera periódica. Además, se pintará periódicamente o cuando se aprecie deterioro en la pintura, ya que esta servirá de aislante entre distintos metales y hacia el medio corrosivo.
Reparación	La reparación de esta instalación consistiría en cambiar los elementos de unión, pulir las zonas afectadas y cambiar la tubería superior si fuera posible debido al gran deterioro que en ella se aprecia. Posteriormente, se le aplicará una pintura protectora a cada una de las partes.

Tabla 16. Electroválvula. Fuente: elaboración propia.



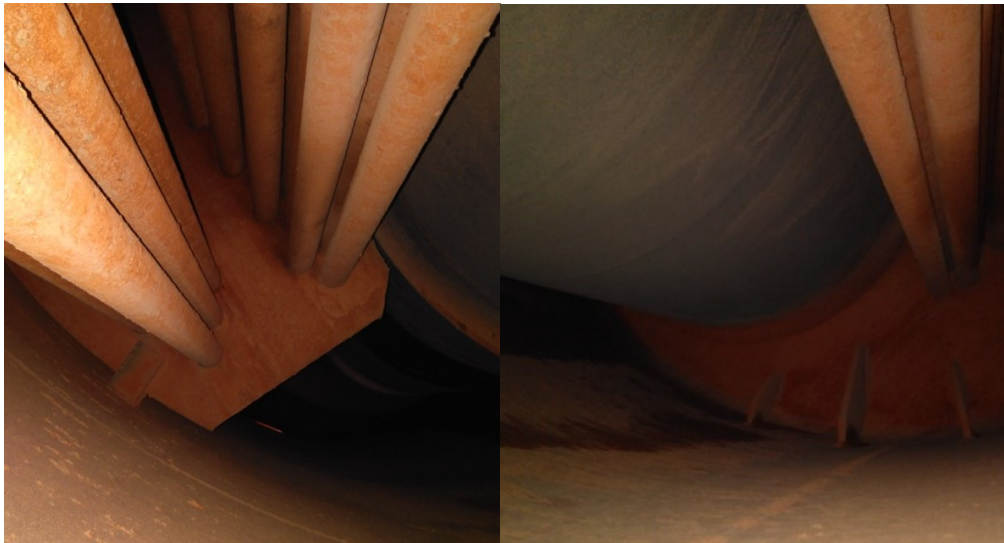
Lugar	Cubo trasero caldera.
Causa	Corrosión por picadura.
Prevención	Mantener una revisión periódica de la zona, ya que al parecer es susceptible a este tipo de corrosión, además de aplicarle algún tratamiento expuesto del apartado de Corrosión (picadura).
Reparación	Examinar para conocer el alcance de la corrosión en la zona. Probablemente haya que sustituir la pieza entera por una nueva.

Tabla 17. Picadura. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Tapa lateral entrada interior de la caldera.
Causa	La corrosión de color ocre se debe a una fuga de sosa. Además, en la zona externa se aprecia corrosión estándar por estar en contacto con un medio electrolítico y que dicha tapa no tenga una buena estanqueidad de fluidos.
Prevención	La prevención adecuada consistiría en añadir alguna junta u otro elemento que, además, resista altas temperaturas y evite la evacuación de cualquier líquido.
Reparación	La reparación consistiría en limpiar las zonas afectadas por la sosa y un posterior pulido, comprobando a su vez que la zona aún se encuentre en condiciones idóneas de funcionamiento.

Tabla 18. Corrosión tapa lateral. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Haz de tubos de humos de la caldera.
Causa	La corrosión de color ocre se debe a una fuga de sosa en una línea secundaria que terminó en la línea principal y a su vez en la caldera.
Prevención	La prevención adecuada sería llevar a cabo un mantenimiento más restrictivo de los equipos que conecten la línea principal de agua de la caldera con los secundarios y realizando revisiones periódicas a estos. Además, sería interesante que a la entrada y salida de estos equipos (en la línea principal) se coloquen medidores de PH y, cuando estos registren valores peligrosos, se corte el suministro mediante una electroválvula.
Reparación	La reparación pertinente consistiría en examinar la zona afectada por la sustancia fuertemente corrosiva, limpiarla y pulirla. Si resulta que los tubos están más afectados de lo esperado, se procederá al cambio completo de los haces de tubos y los elementos que ello conlleve.

Tabla 19. Corrosión tubos interiores. Fuente: elaboración propia.



Lugar	Parte delantera caldera.
Causa	Corrosión galvánica.
Prevención	Utilizar en toda la estructura un mismo metal y pintura protectora.
Reparación	Pulir las zonas afectadas, cambiar los elementos de unión y aplicar una capa de pintura.

Tabla 20. Pilar estructura sujeción caldera. Fuente: elaboración propia.

Plan de mantenimiento basado en la medición de corrosión

En base a las fotos de corrosión descritas en el apartado anterior, se elaborará un plan de actuación que se centrará en zonas en particular de la instalación. Estas zonas se han elegido por encontrarse en un estado no adecuado. Además, se ha de aclarar que estas acciones solo se realizarán cuando esté la caldera parada, como se cita en el apartado de “Calderas instaladas. Características”, es decir, como mínimo cada seis meses. A continuación, veremos los elementos de dicho análisis:

- **Elementos roscados:** Los elementos roscados constituyen una parte importante en este plan de mantenimiento, ya que se encuentran presentes en toda la instalación y sufren bastante el efecto de la corrosión. En la mayoría se encuentra corrosión en resquicio.



Ilustración 8. Elementos roscados. Fuente: Elaboración propia

- **Válvulas:** Las válvulas presentes en la instalación, en gran medida, sufren corrosión galvánica y frente a ambientes agresivos.



Ilustración 9. Válvula lodos. Fuente: Elaboración propia

- Uniones soldadas: En esta instalación podemos encontrar un gran número de uniones soldadas cuyo mayor problema es la corrosión en resquicio y la corrosión debido al ambiente agresivo, además de que la corrosión es favorecida por una mala soldadura.



Ilustración 10. Soldadura estructura propano. Fuente: Elaboración propia

- Tuberías y codos: Las tuberías también son uno de los elementos más presentes en la instalación, y estas sufren bastante los efectos de la corrosión debido al ambiente agresivo y/o corrosión galvánica.



Ilustración 11. Tuberías colector. Fuente: Elaboración propia

- Paredes de la caldera: Aunque no en gran medida, existen partes de las paredes de la caldera atacadas por la acción de la corrosión, mayormente por deposición de fluidos.



Ilustración 12. Pared lateral caldera. Fuente: Elaboración propia

- Estructura soporte de la caldera: La estructura soporte de la caldera, al igual que el resto de los elementos, se ve afectada por el mismo ambiente. Es por esto que en esta estructura nos podemos encontrar corrosión debido al ambiente corrosivo, además de corrosión en sus uniones roscadas.

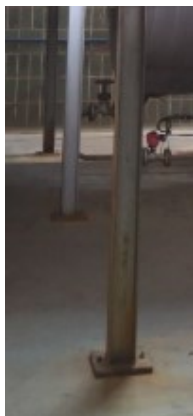


Ilustración 13. Estructura soporte caldera. Fuente: Elaboración propia

- Haces tubo interior caldera: Estos tubos, de gran importancia se ven sometidos a condiciones extremas, por lo que puede aparecer corrosión en ellos. También, puede peligrar su integridad si algún fluido no deseado se filtra.



Ilustración 14. Haces de tubo interior caldera. Fuente: Elaboración propi

A continuación, se ha realizado una tabla para registrar todos estos elementos de una forma más ordenada. En ella se indicará la acción, el personal y el periodo de actuación requerido para cada uno de ellos.

Elementos	Acción requerida	Personal	Periodo actuación
Elementos Roscados	Intercambiar por nuevos	Personal empresa, mecánico	Anual
Válvulas	Inspección visual, revisar si existe o no corrosión y	Personal empresa, mecánico	semestral

	estado pintura. En caso de haber alguna irregularidad, se llevarán a cabo las acciones necesarias por el personal asignado		
Uniones soldadas	Revisar el estado de las soldaduras, si existe o no corrosión en ellas. Dependiendo del estado de estas, y con la aprobación del encargado, proseguir con las acciones necesarias	Personal especializado, externalización	Bianual
Tuberías y codos (Contacto bimetálico)	Inspección visual, revisar si existe o no corrosión y estado pintura. En caso de haber alguna irregularidad, se llevarán a cabo las acciones necesarias por el personal asignado	Personal empresa, mecánico	semestral
Paredes caldera	Inspección visual, revisar si existe o no corrosión y estado pintura. En caso de haber alguna irregularidad, se llevarán a cabo las acciones necesarias por el personal asignado	Personal empresa, mecánico	semestral
Estructura soporte caldera	Revisar si existe o no corrosión. En caso de haber alguna	Personal empresa, mecánico	semestral

	irregularidad, se llevarán a cabo las acciones necesarias por el personal asignado		
Haces entrada interior	La caldera que esté parada, requerirá de revisión interna, comprobar si existe o no corrosión. Comprobar espesores con equipo especializado, ultrasonidos. El equipo designado tomará la decisión oportuna junto con la aprobación del encargado	Personal cualificado, externalización	Bianual

Costos

El mantenimiento basado en la corrosión, más que un costo, se podría llamar beneficio, ya que en la mayoría de las labores - salvo alguna más específica, como son las soldaduras - la empresa tiene a su disposición personal cualificado capaz de solventarlo. Si se ejecuta un plan que actúe sobre los elementos para evitar o retardar los efectos de la corrosión, la empresa se ahorrará tener que contratar personal especializado cuando ocurra el fallo. Además, si el fallo ocurre en medio del proceso de producción, podría conllevar una gran pérdida económica debido a la parada del servicio.

A grandes rasgos, salvo el material necesario para realizar este mantenimiento (pinturas, herramientas, pernos ...), que sí es considerado un gasto, el costo en personal sería casi nulo.

Conclusiones

Las conclusiones sacadas de este trabajo son las siguientes:

- Las instalaciones carecen de un buen cuidado frente a la corrosión, debido al estado en que se encuentran las calderas y su entorno.
- Se debería revisar periódicamente la caldera para comprobar su estado y de no tener las condiciones óptimas para el funcionamiento, actuar (hablando en materia de corrosión). Esto se realizaría por el operador de la caldera, ya que es quien mejor conoce la instalación y lo que necesita. En caso de que el operador encuentre algún defecto, serán los técnicos de mantenimiento propios de la empresa los que actúen. También es posible que el propio equipo de mantenimiento se encargue de ello.
- La implantación de este método no supondrá un coste adicional, ya que de inspeccionar la instalación se encargaría el operador de calderas y de hacer pequeños mantenimientos, los técnicos de la empresa (salvo que se requiera de personal especializado).
- Este TFG defiende el mantenimiento predictivo basado en la medición de la corrosión. Algunas de estas herramientas predictivas son: la cata de espesores en la caldera, control analítico de agua, incrustaciones, control en la zona de combustión, etc.

Conclusions

The conclusions drawn from this work are the following:

- The facilities lack good care against corrosion, due to the state of the boilers and their surroundings.
- The boiler should be periodically checked to check its condition and in case it does not have the optimal conditions for operation, to act (speaking about corrosion). This would be done by the boiler operator, since he is the one who knows the installation best and what it needs. In case the operator finds a defect,

it will be the maintenance technicians of the company who act. It is also possible that the maintenance team itself takes care of it.

- The implementation of this method will not imply an additional cost, since to inspect the installation would be commissioned by the operator of boilers, and of doing small maintenance, the technicians of the company (unless specialized personnel is required).
- This end of grade work defends the predictive maintenance based on the measurement of the corrosion. Some of these predictive tools are: the tasting of thicknesses in the boiler, analytical control of water, incrustations, control in the combustion zone, etc.

Maqueta de apoyo al trabajo

Este TFG se acompañará de una maqueta. Esto tiene muchos objetivos, como pueden ser: dotar al trabajo de una parte práctica, tener una mejor visualización de la instalación y demostrar las capacidades del alumno a nivel de diseño, construcción y resolución de problemas.

Inicialmente, esta maqueta se diseñó para su realización en una impresora 3D, idea desechada tras el alto coste que suponía. Finalmente, se optó por un material que fuese ligero y moldeable. Es ahí donde entra donde entra el material base de la maqueta, espuma de poliuretano de teja. Se seleccionó especialmente la de teja debido a que se expande menos que la espuma de poliuretano de pared.

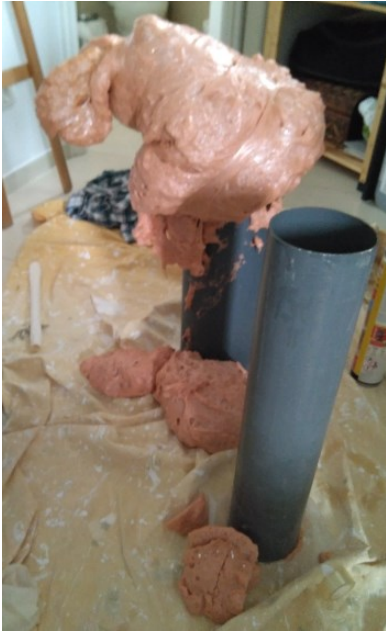


Ilustración 15. Tubos PVC rellenos poliuretano. Fuente: Elaboración propia.

Una vez seleccionado el material para la fabricación de los elementos principales como son las calderas, el depósito de Fuel-Oil y el depósito de condensado, sólo hacía falta darle la forma deseada, para ello se utilizaron tubos de PVC de diámetros variables entre 10 y 15 cm de diámetro.

En los tubos señalados anteriormente, se introdujo el poliuretano, aplicando en la pared interna una capa de papel vegetal para evitar que se pegase y favorecer el deslizamiento.

Después de haber fraguado, se puede ver el estado en el que queda, en la ilustración 8. Es entonces cuando se saca el poliuretano del molde y se procede al tallado

de las piezas para obtener la forma deseada.

A continuación, se puede ver el estado en el que queda. A una de las piezas se le realizará un corte y se extraerá parte de la estructura con el objetivo de realizar en la cara interior un esquema del proceso que se realiza en el interior de la caldera (este resultado se mostrará posteriormente).



Ilustración 16. Poliuretano tallado. Fuente: Elaboración propia.

Se le aplicaron capas de la macilla aguaplast hasta obtener la superficie uniforme ideal.



Ilustración 17. Primeras capas macilla en el poliuretano. Fuente: Elaboración propia.

Una vez que tuvimos las piezas con las suficientes capas de macilla, obtuvimos resultados como el mostrado en la ilustración 18.



Ilustración 18. Poliuretano completamente cubierto de macilla. Fuente: Elaboración propia.

Únicamente quedaría lijar con un papel especial la superficie y aplicarle una imprimación de pintura blanca. Esta capa es muy importante, ya que la macilla es un material friable y la posterior pintura que se le aplique podría no adherirse adecuadamente o le serle dificultoso.

Cuando se ha terminado el proceso de imprimación, ya solo queda fijar a la pieza principal los componentes más pequeños que se realizaron de forma paralela con la ayuda de un adhesivo. En nuestro caso, “sikaflex”.



Ilustración 19. Poliuretano capa final de impresión. Fuente: Elaboración propia.

En un proceso paralelo a este, se construyeron unas piezas de madera que actuarían como soporte de los elementos realizados anteriormente. Además, se elaboró la pieza que representaría la zona de propano y se preparó la base que soportaría toda la maqueta (pulido y pintado). El proceso de fabricación de las piezas de madera se llevó a cabo por un carpintero y un tornero en base a los planos diseñados (estos se podrán encontrar en el apartado de planos).



Ilustración 20. Maqueta del depósito de Fuel-Oil. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos casi todos los elementos necesarios, se realizó el pintado de cada una de ellos y de las piezas de madera. Aunque sólo se muestra el resultado del depósito de Fuel-Oil.

Ya con todas las piezas terminadas y decoradas, se colocaron en la madera base de la maqueta. En esta maqueta, además, se colocó un cableado con un código de color determinado (Azul marino: circuito condensado; azul claro: salida vapor; gris oscuro: circuito Fuel-Oil; y verde y amarillo: circuito propano) para simbolizar los circuitos/instalaciones más importantes que encontramos anexas a la caldera de vapor, obteniendo así el siguiente resultado:

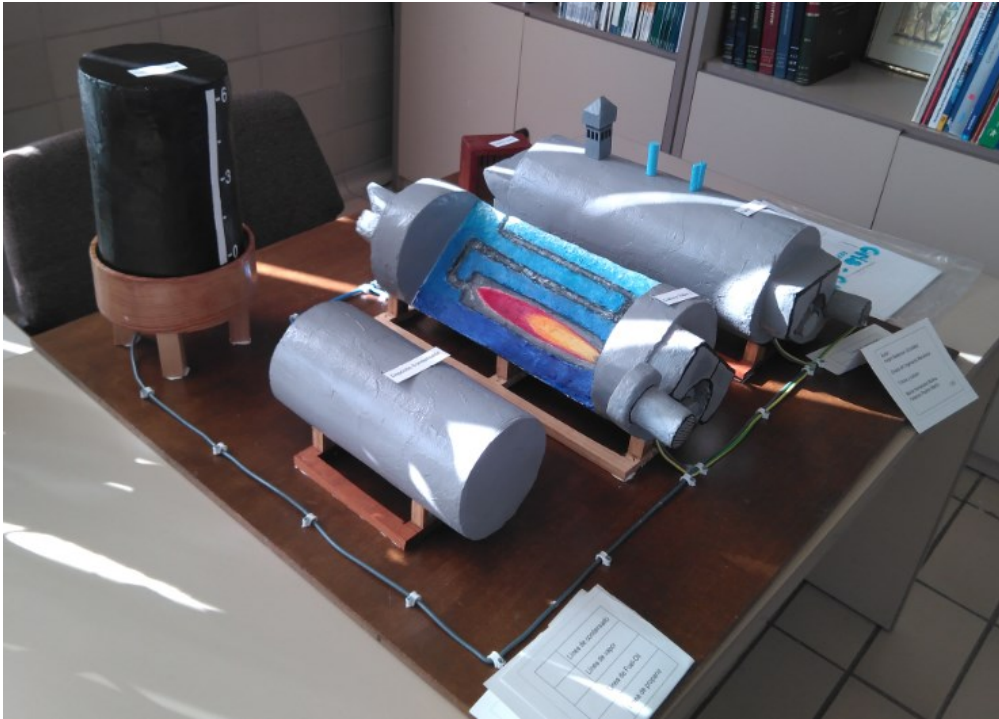


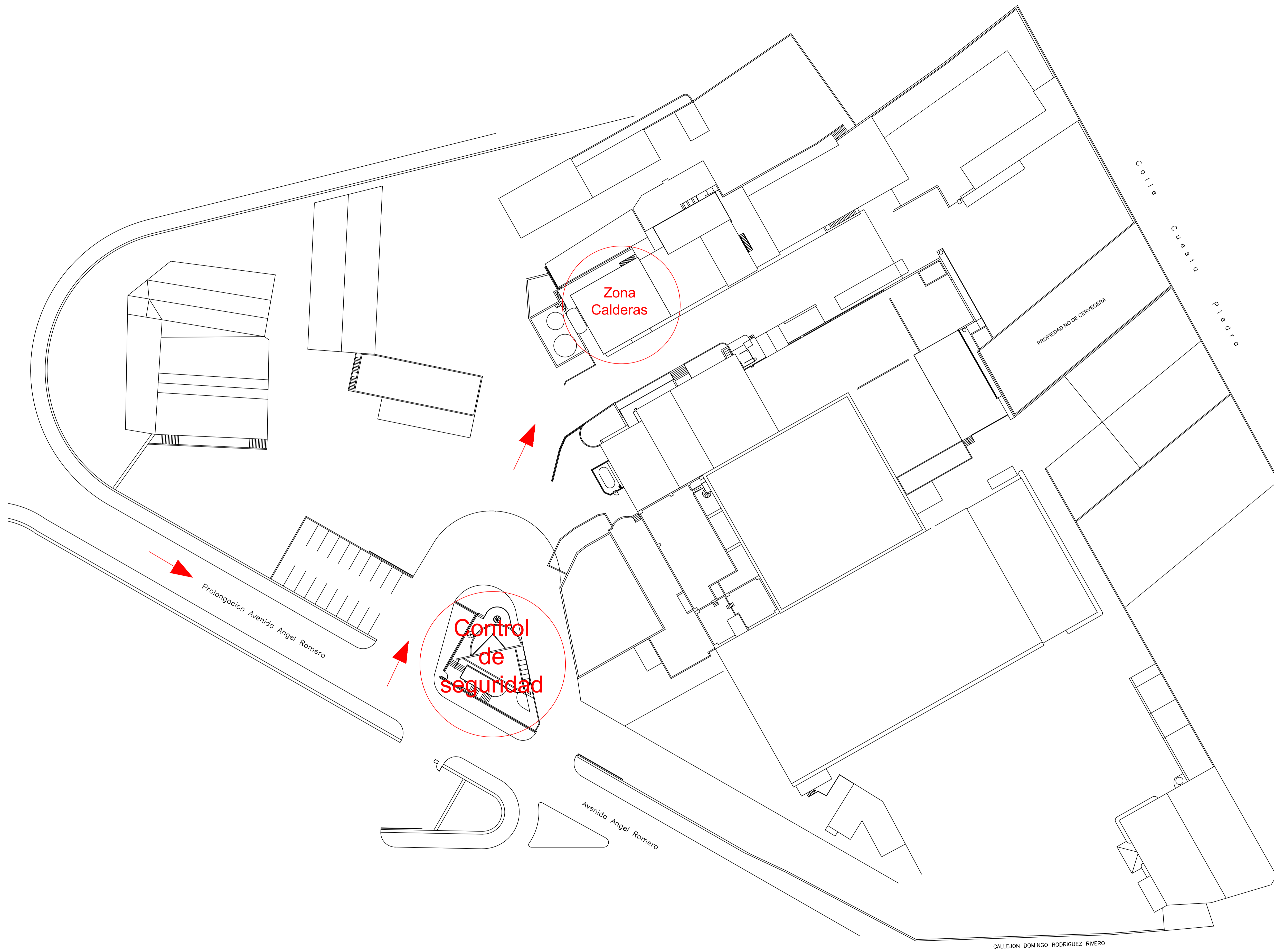
Ilustración 21. Maqueta terminada. Fuente: Elaboración propia.


Bibliografía

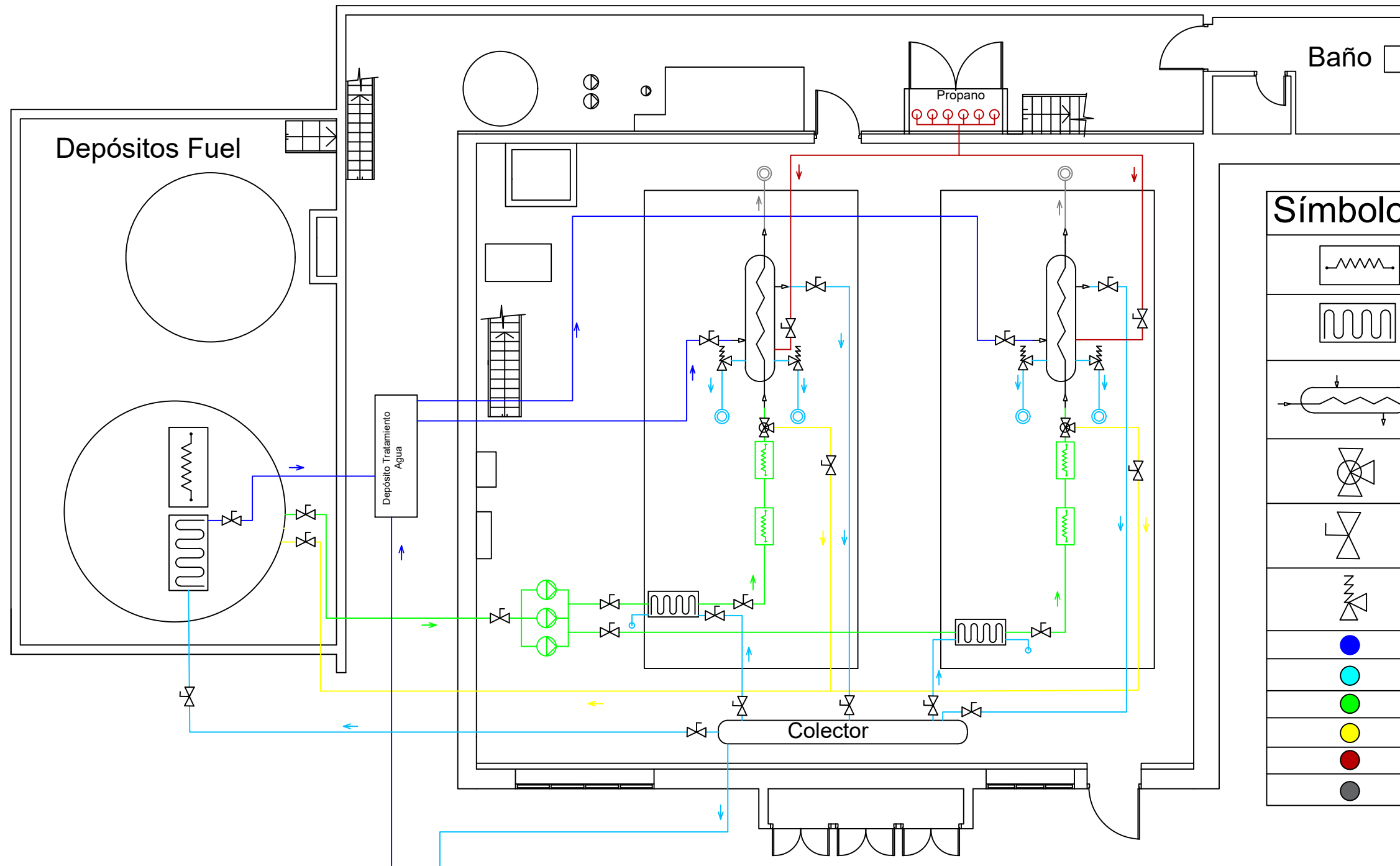
1. CCC: Compañía Cervecera de Canarias S.A. [Internet]. Canarias: CCC; 2016 [citado 29 jun 2018]. Disponible en: <https://www.ccc.es/cervecera/es/historia>
2. González Fernández FJ. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. 5ª ed. Madrid: Fundación ConfeMetal; 2015
3. Callister, William D., Rethwisch, David G. Ciencia e ingeniería de los materiales. 2ª ed. Barcelona: Reverté; 2016.
4. LRQA: Lloyd's Register Quality Assurance [Internet]. Londres: LRQA; 2004 [citado 2 jun 2018] Disponible en: <http://www.lrqa.es/>
5. Iso Tools [Internet]. Córdoba: Iso Tools; 2015 [citado 29 jun 2018]. Disponible en: <https://www.isotools.org>

Planos

A continuación, se mostrarán planos importantes para entender mejor este trabajo y que darán una mayor visión de conjunto. Algo a tener en cuenta es que, en los planos referentes a la fábrica de Compañía Cervecera de Canarias S.A., se utilizó planos proporcionados por la propia empresa para su realización.



PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CALDERAS DE VAPOR VASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN			
Dibujado	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
	MAY-2018	A. Betancor Glez	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	Emplazamiento Sala Calderas		PLANO 1
1:400			

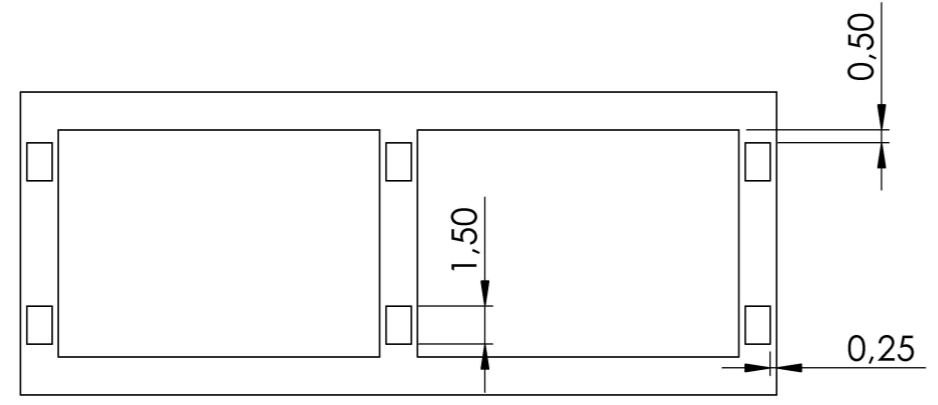
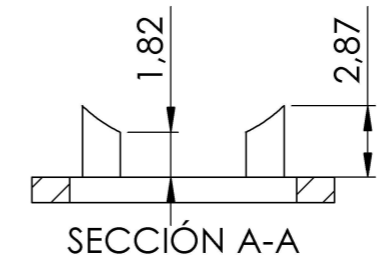
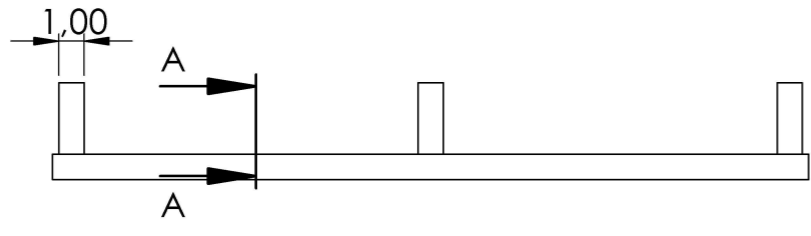
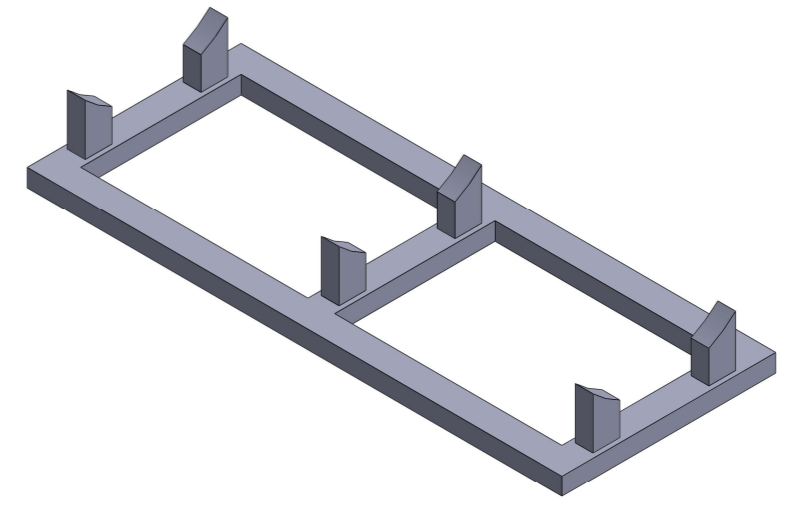
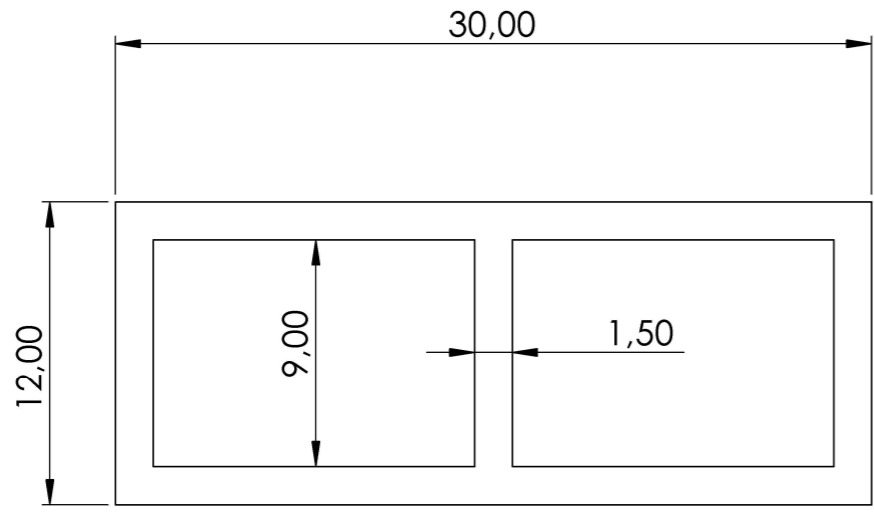


Símbolos	Equipos
	Calentador eléctrico
	Intercambiador de calor de vapor
	Caldera de vapor pirotubular
	Válvula de tres vías
	Válvula de paso
	Válvula de seguridad
	Línea de condensado
	Línea de vapor
	Línea suministro Fuel-Oil
	Línea retorno Fuel-Oil
	Línea suministro Propano
	Línea salida g. combustión

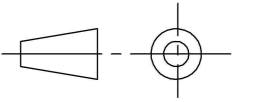
PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CALDERAS DE VAPOR BASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN		
	Fecha	Autor
Dibujado	MAY-2018	A. Betancor Glez
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	
ESCALA: 1:100	ESQUEMA INSTALACIONES SALA DE CALDERAS	PLANO 2




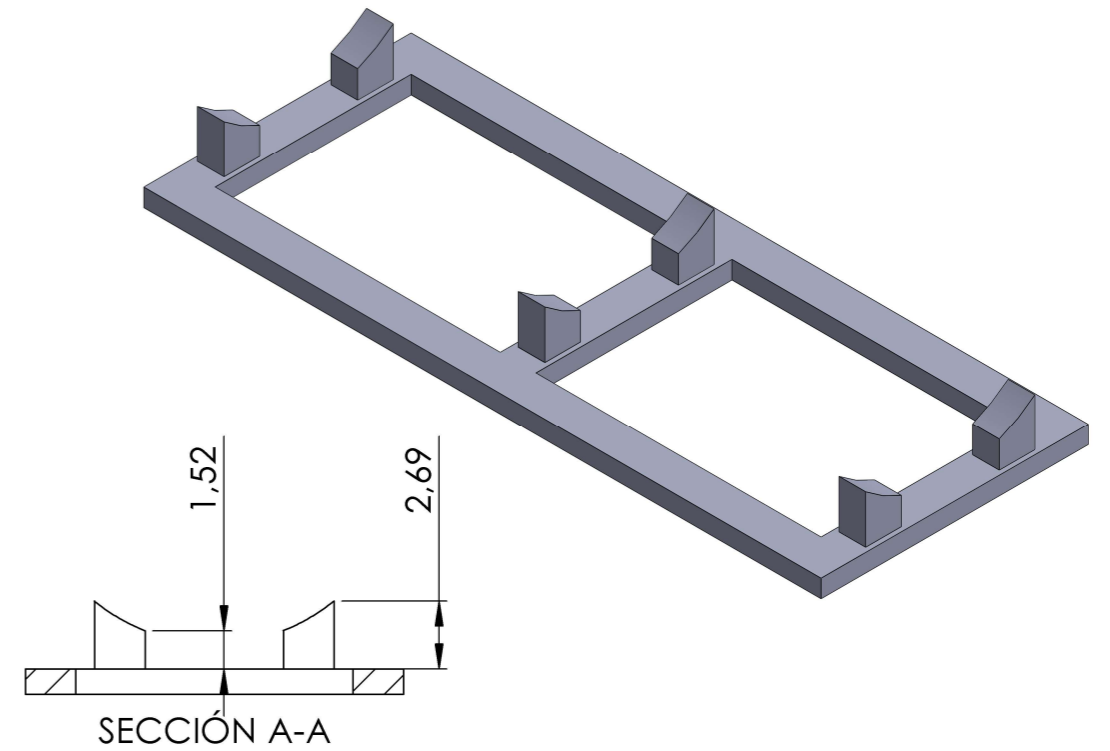
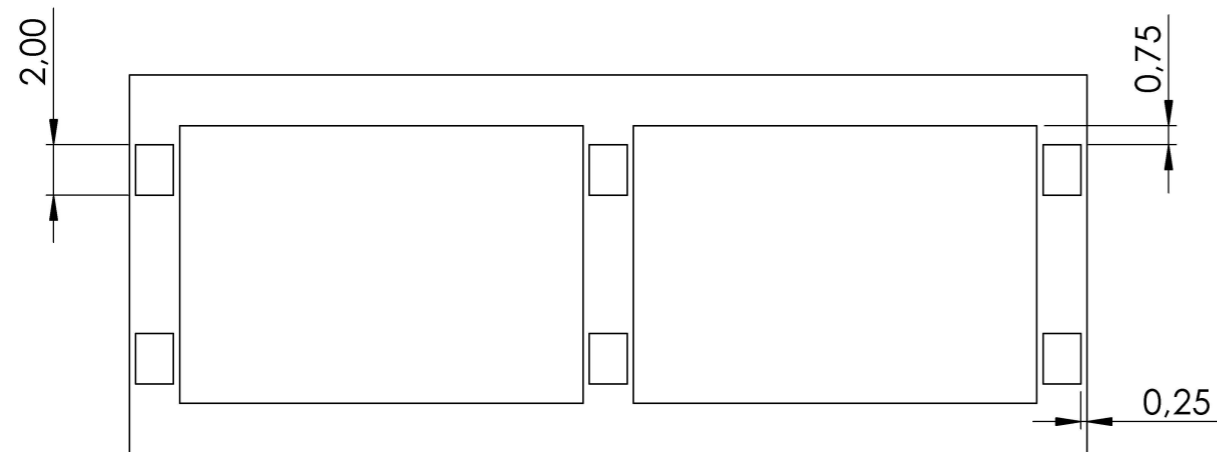
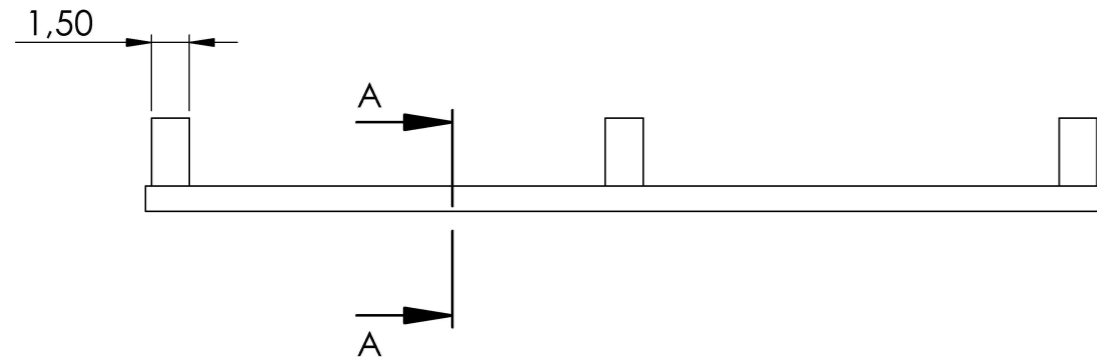
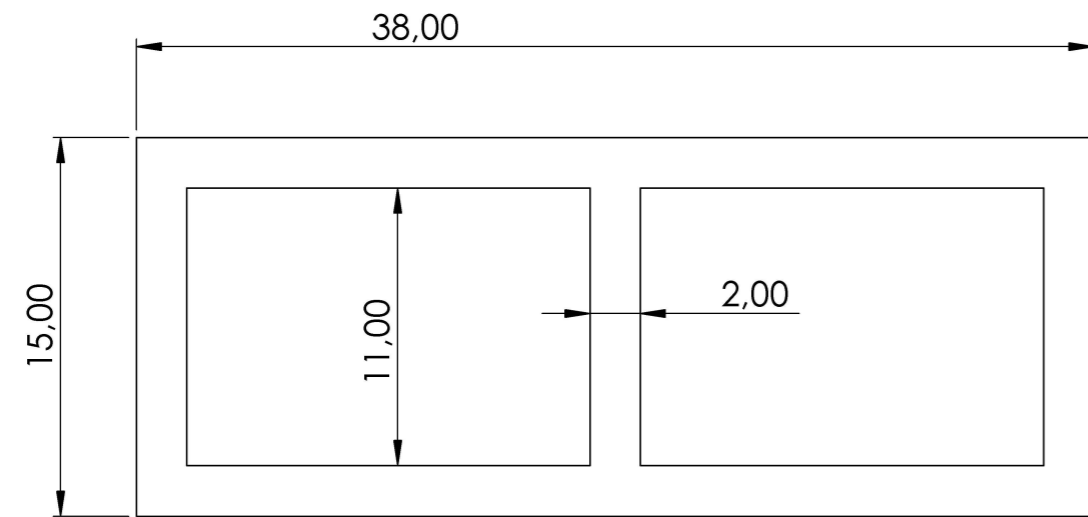
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TENOLOGÍA
Grado en Ingeniería Mecánica
Universidad de La Laguna



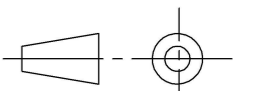
Unidades en cm




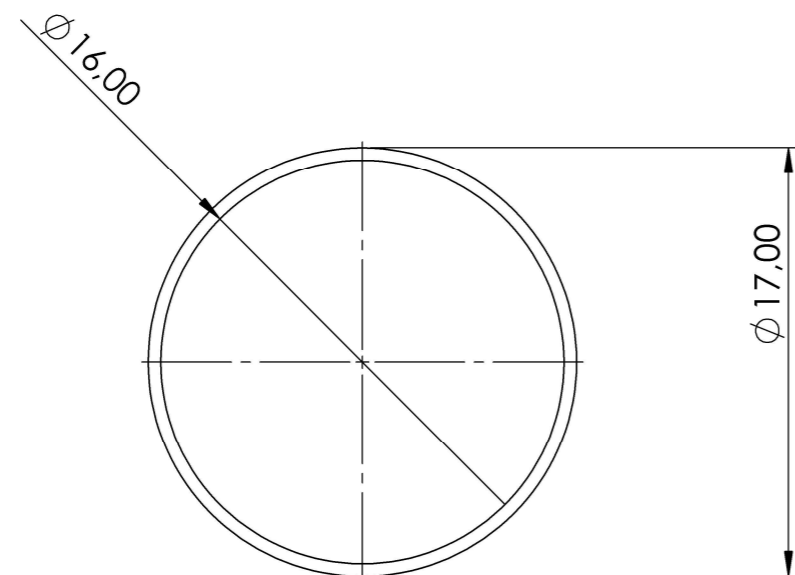
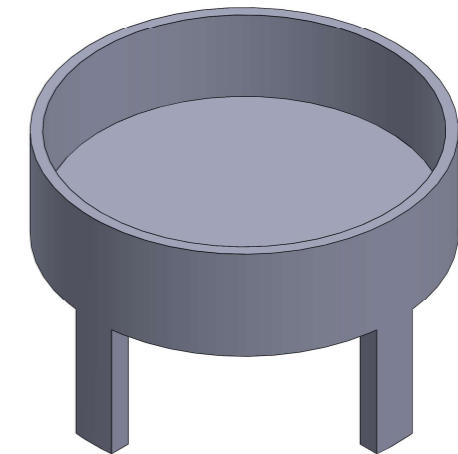
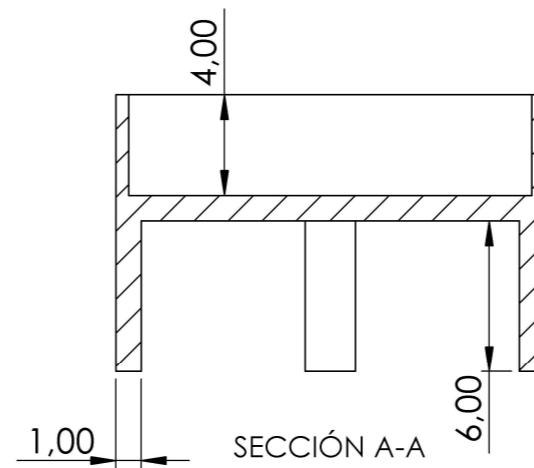
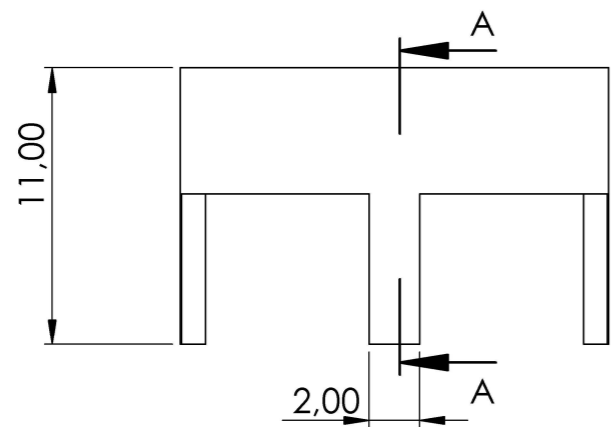
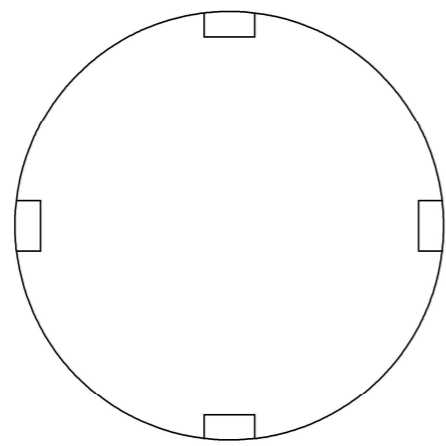
PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CALDERAS DE VAPOR BASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN			
Dibujado	Fecha MAY- 2018	Autor Betancor Glez. A	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de la laguna
id. s. normas	UNE-EN-DIN		
Escala: 1:3	Estructura soporte depósito de agua. Maqueta		Plano 3



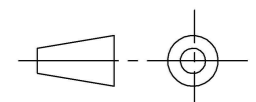
Unidades en cm



PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CALDERAS DE VAPOR BASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN			
Dibujado	Fecha MAY-2018	Autor Betancor Glez. A	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de la laguna
id. s. normas	UNE-EN-DIN		
Escala: 1:3	Estructura soporte Calderas. Maqueta		
			Plano 4



Unidades en cm



PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CALDERAS DE VAPOR BASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN

Dibujado	Fecha MAY-2018	Autor Betancor Glez. A
id. s. normas	UNE-EN-DIN	

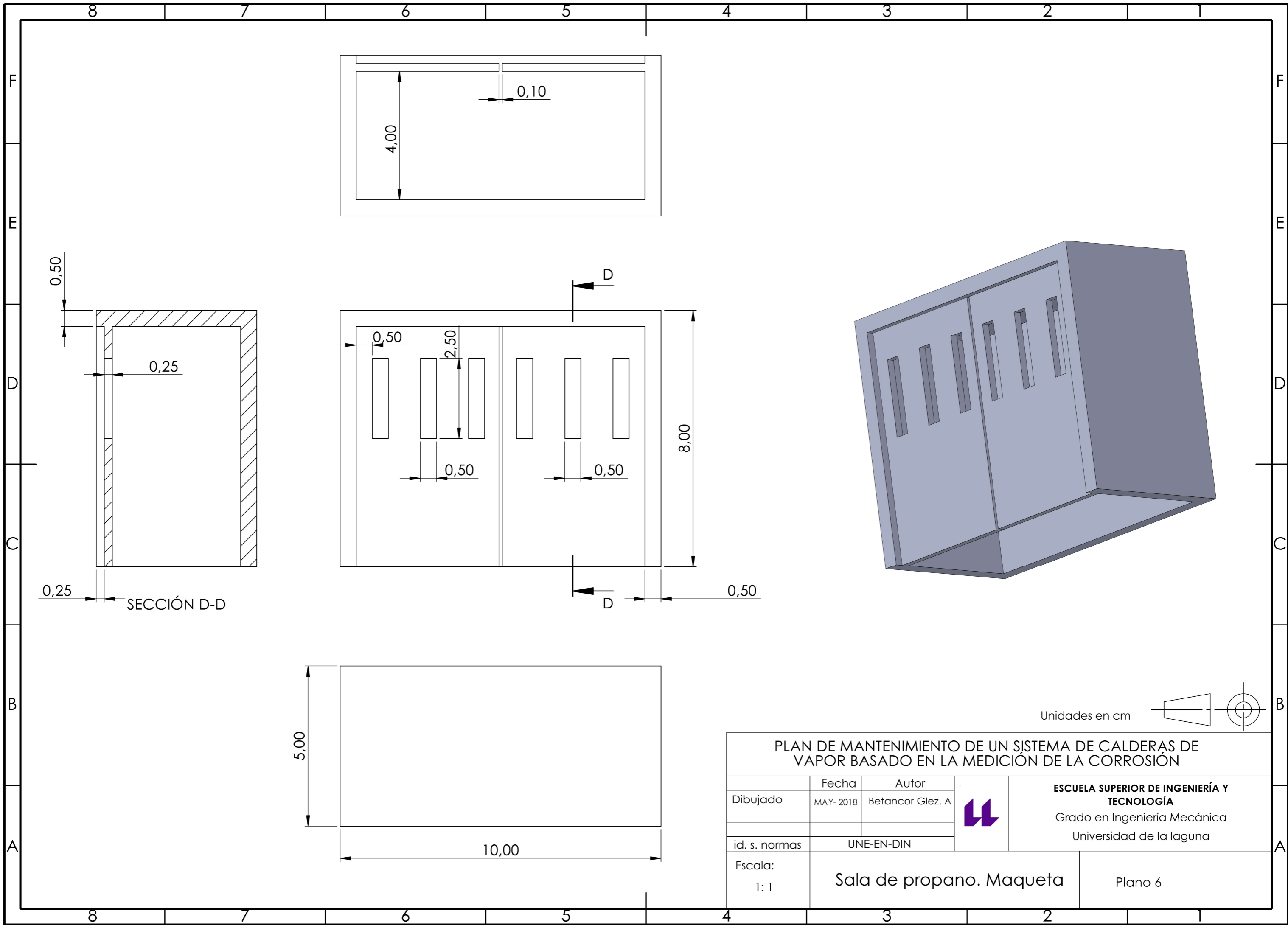


**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**
Grado en Ingeniería Mecánica
Universidad de la laguna

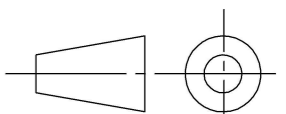
Escala:
1:3

Estructura soporte depósito de
Fuel-Oil. Maqueta

Plano 5



Unidades en cm



PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CALDERAS DE VAPOR BASADO EN LA MEDICIÓN DE LA CORROSIÓN

Dibujado	Fecha MAY- 2018	Autor Betancor Glez. A
id. s. normas	UNE-EN-DIN	
Escala: 1: 1	Sala de propano. Maqueta	



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**
Grado en Ingeniería Mecánica
Universidad de la laguna

Plano 6