



Universidad
de La Laguna

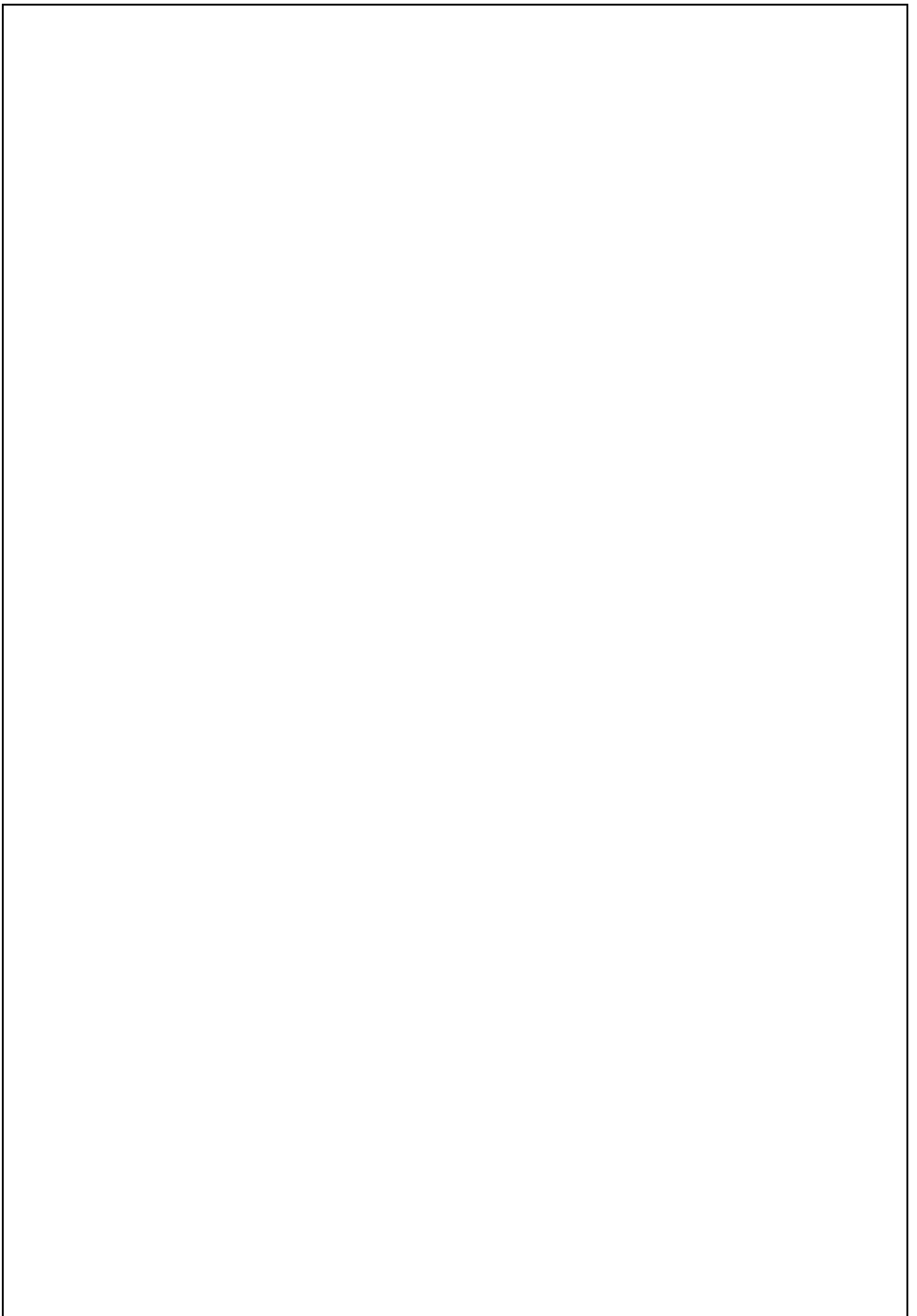
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y
RADIOELECTRÓNICA NAVAL**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y
TÉRMICOS PARA PIEZAS REALIZADAS POR FABRICACIÓN MECÁNICA**

ALEJANDRO GUILLERMO EXPÓSITO

SEPTIEMBRE 2016



ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y TÉRMICOS PARA PIEZAS REALIZADAS POR FABRICACIÓN MECÁNICA



Directores:

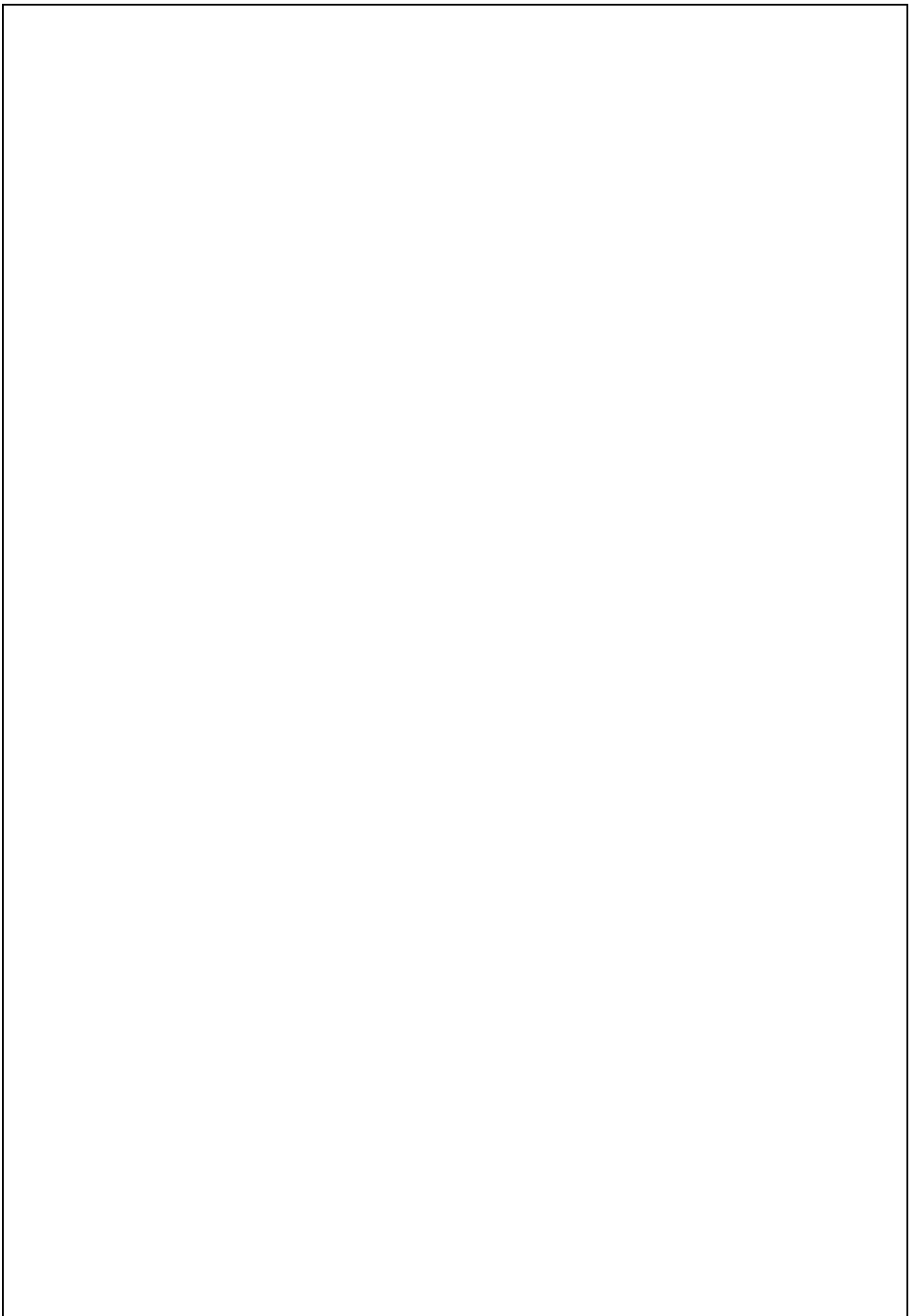
Federico Padrón Martín

Agustín González Almeida

Nombre: Alejandro Guillermo Expósito

Grado: Tecnologías Marinas

Septiembre 2016



Dr. D. Federico Padrón Martín, profesor ayudante doctor del área de Ingeniería de los procesos de fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna. Certifica que:

D. Alejandro Guillermo Expósito, ha realizado el trabajo de fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Estudios de los procesos de tratamientos superficiales y térmicos para piezas realizadas por fabricación mecánica”

Revisado dicho trabajo, estimado que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

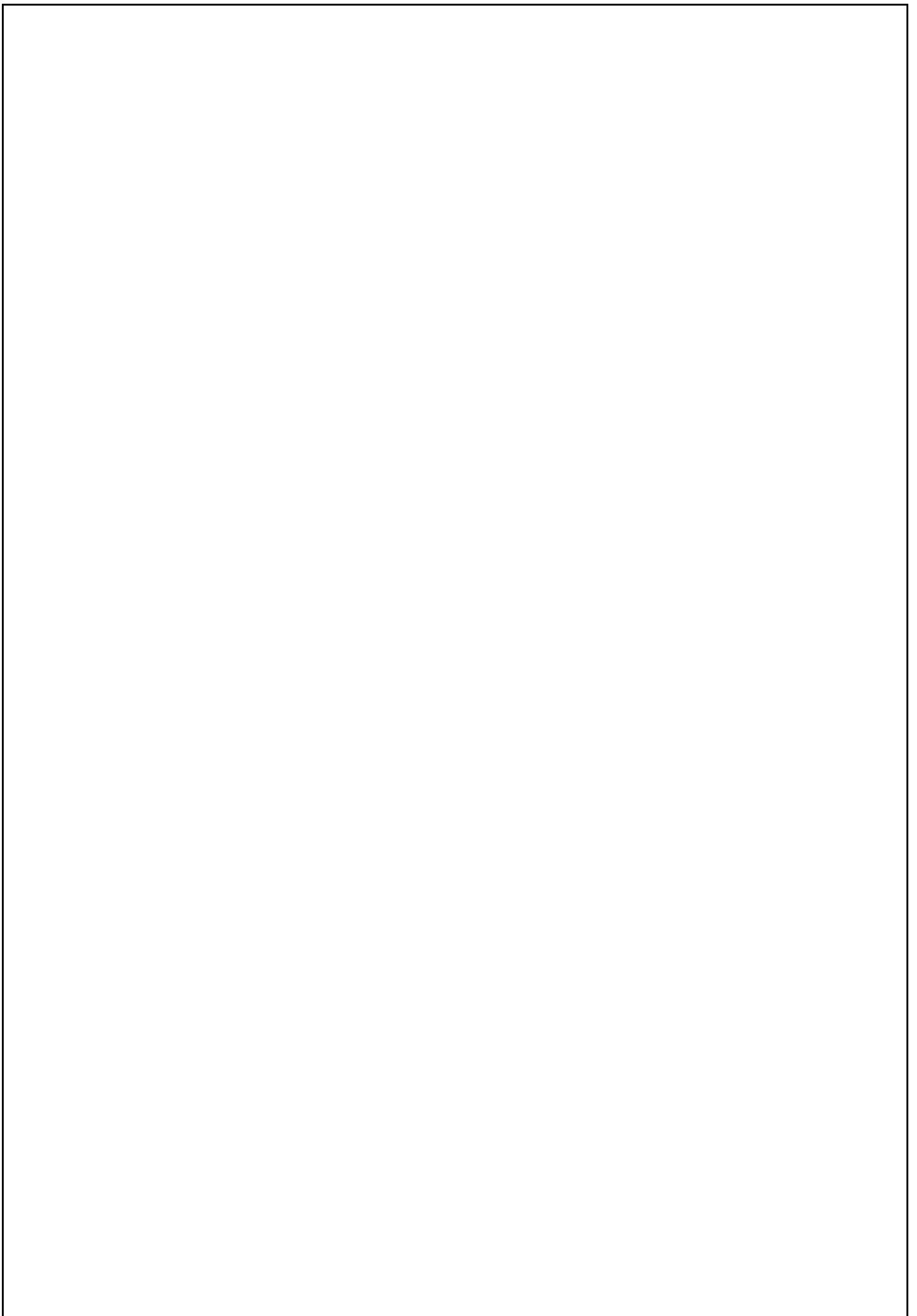
Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 10 de Julio 2016

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned over the printed name and title.

Fdo. Federico Padrón Martín

Director del TFG



D. Agustín González Almeida, profesor asociado del área de construcciones navales, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna. Certifica que:

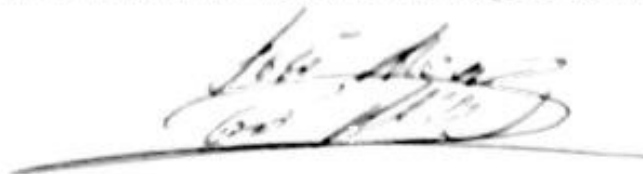
D. Alejandro Guillermo Expósito, ha realizado el trabajo de fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Estudio de los procesos de tratamientos superficiales y térmicos para piezas realizadas por fabricación mecánica”

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

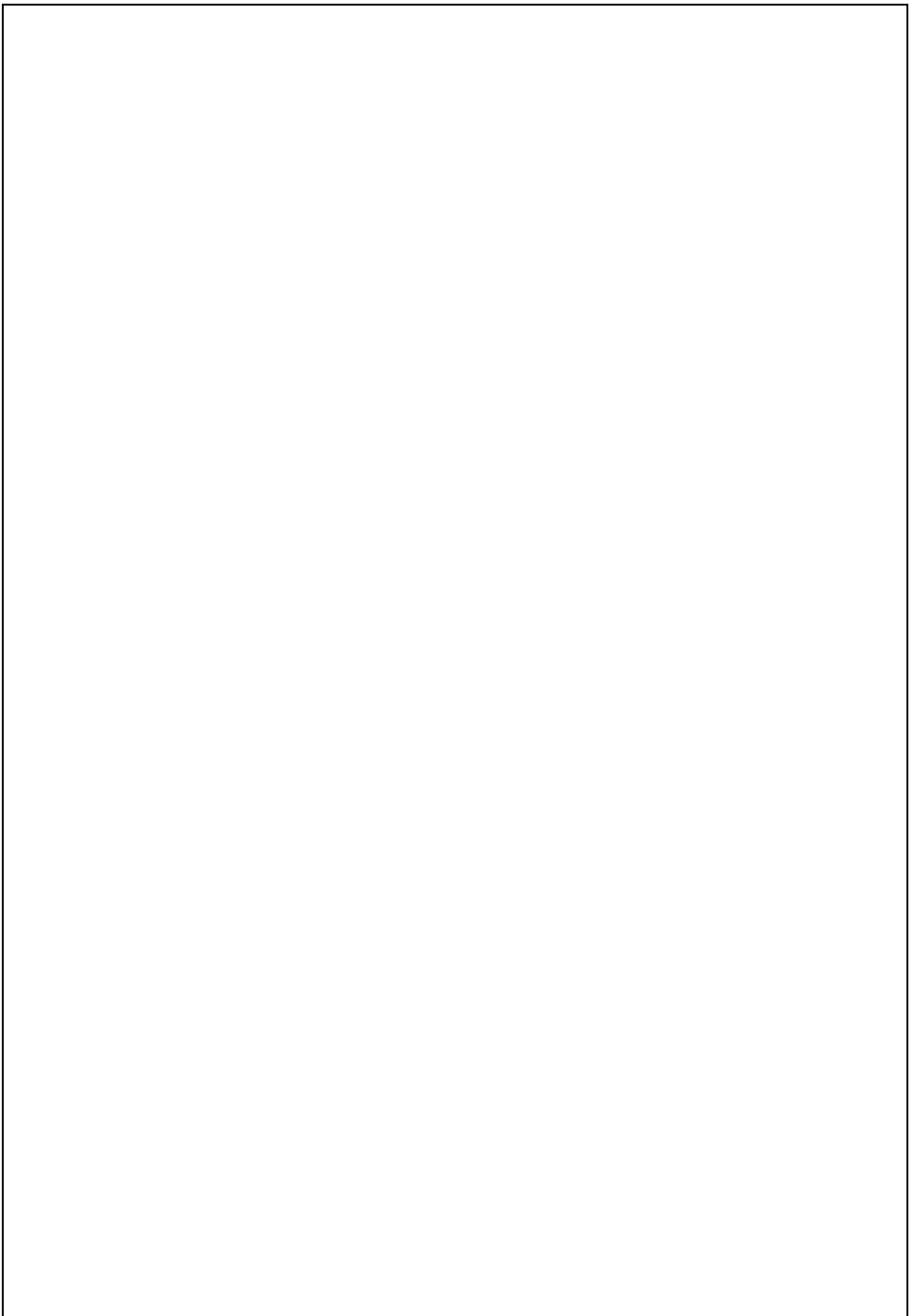
Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 10 de julio de 2016

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Agustín Almeida', written over a horizontal line.

Fdo. Agustín González Almeida

Director del TFG

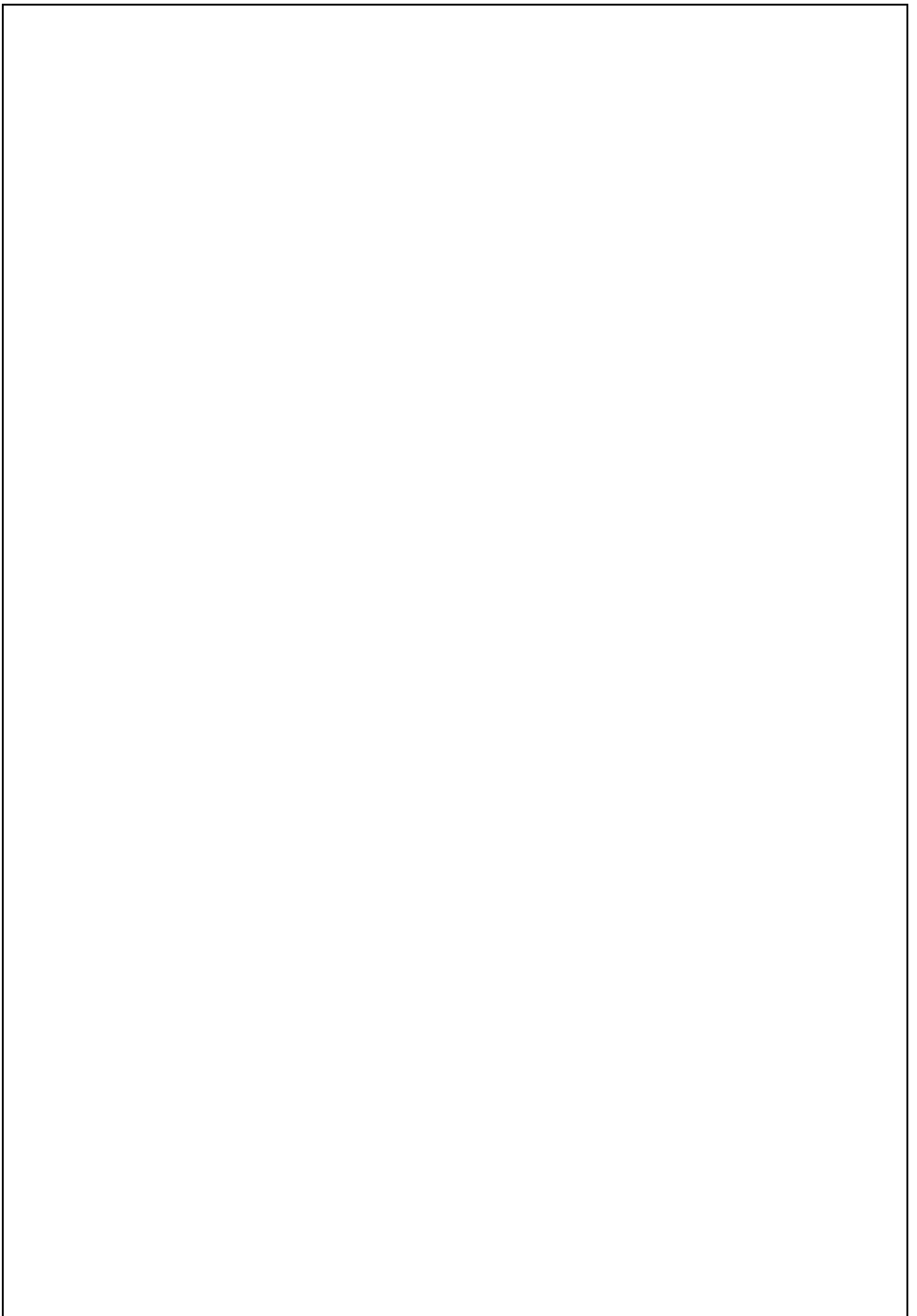


AGRADECIMIENTOS

Me gustaría aprovechar estas líneas para dar mi más sincera gratitud a mi tutor de este trabajo **D. Federico Padrón Martín** gracias a sus cualidades como tutor, profesor, persona tanto como su profesionalidad y experiencia en éste ámbito, la realización de este trabajo se ha hecho más amena.

También debo agradecer a mi segundo tutor de este trabajo, **D. Agustín González Almeida** por su colaboración en la elaboración de este trabajo.

Para acabar quiero aprovechar para dejar constancia de lo agradecido que estoy a mi familia y amigos, por el apoyo incondicional que me han mostrado tanto en la elaboración del trabajo como durante el grado. También agradecer a la empresa *SERGONZA* por su dedicación ante este proyecto y los servicios prestados para realizarlo, sin todos ellos estas palabras jamás se podrían haber escrito, solo que soy y he llegado hasta donde he llegado gracias a ellos; a su cariño, apoyo y ánimos. Solo ellos sabrán lo duro que ha sido para mí por los momentos difíciles que he vivido, elaborar tanto este trabajo como las palabras de gratitud que les dedico.

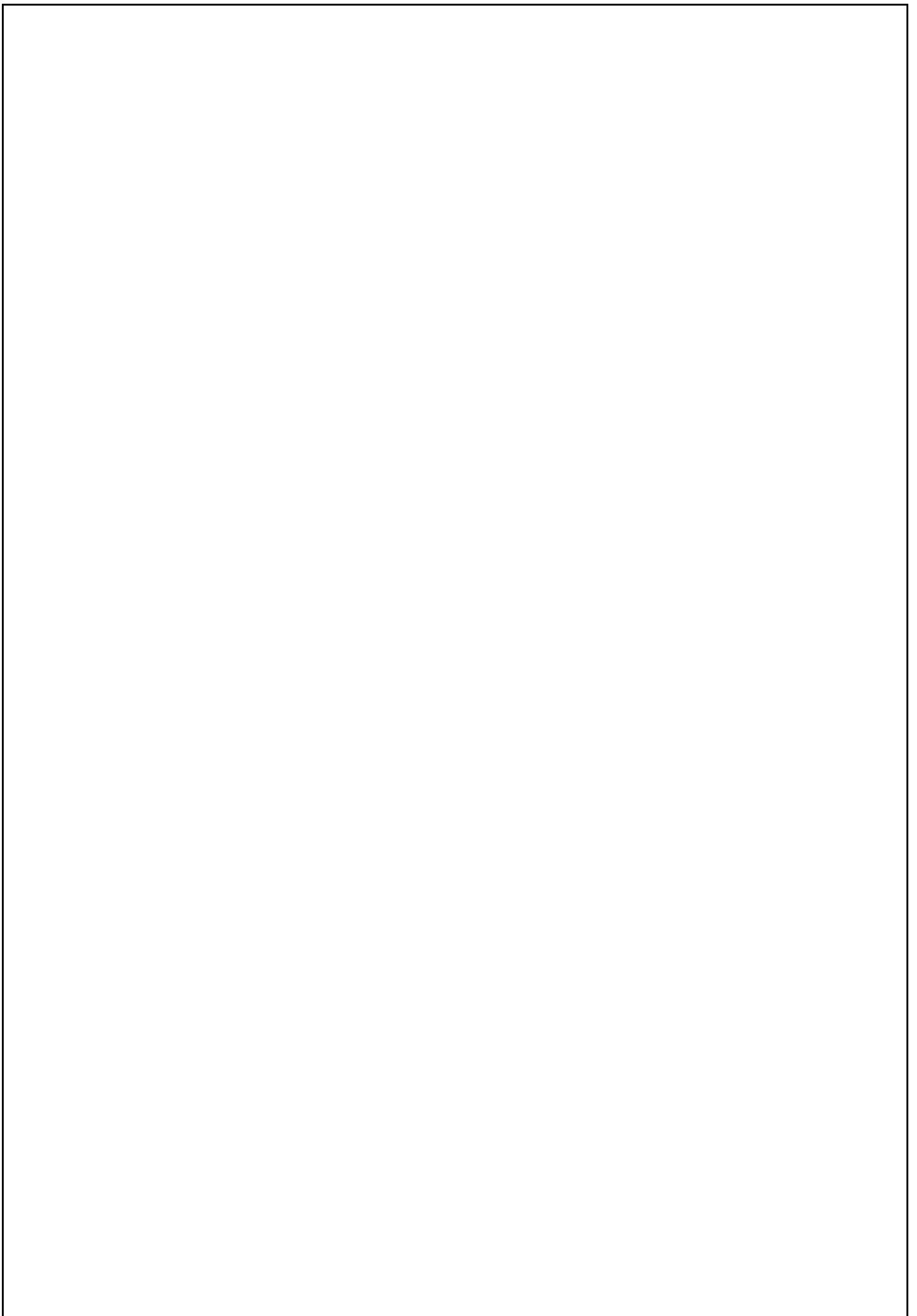


ÍNDICE

I.INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	7
III.- REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
3.1.- TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	12
3.1.1- NORMALIZADO.....	13
3.1.2- RECOCIDO	14
3.1.3.- TEMPLE.....	15
3.1.4.-REVENIDO	16
3.2.- TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS	18
3.2.1.- CEMENTACIÓN	19
3.2.2.- NITRURACIÓN	20
3.2.3.- CIANURACIÓN.....	21
3.2.4.- CARBONITRURACIÓN	22
3.3.- TIPOS DE HORNO SEGÚN SU PROCESO	23
3.3.1.- TEMPLE Y RECOCIDO DE ACERO EN EL HORNO	23
3.3.2.- ENDURECIMIENTO DEL ACERO POR ENFRIAMIENTO RÁPIDO EN HORNO DE ENFRIAMIENTO RÁPIDO	25
3.3.3.- LAVAMIENTO DE PIEZAS	27
3.3.4.- HORNO PARA REVENIDO	28
3.3.5.- ENDURECIMIENTO DE SUPERFICIE	29
3.3.6.- ENDURECIMIENTO POR CARBONITRACIÓN Y CARBONITRACIÓN A BAJA TEMPERATURA	31
3.3.7.- ENDURECIMIENTO POR NITRACIÓN Y NITROCARBURACIÓN... ..	32
3.3.8.- SALES	33
3.4.- RIESGOS HIGIÉNICOS:	34
IV. METODOLOGÍA	37

V. RESULTADOS	41
5.1 TRATAMIENTO TERMOQUÍMICO	42
5.2 SALES	43
5.3 PARTES DEL HORNO DE CEMENTACIÓN	46
5.4 ELEMENTOS AUXILIARES DEL HORNO.....	47
5.4.1 TANQUE DE FUEL- OIL	47
5.4.2 TURBINA DE AIRE	48
5.4.3 EXTRACTOR ELÉCTRICO	48
5.4.4 CONDUCTOS DE AIRE- COMBUSTIBLE	49
5.5 RÉPLICAS DE ELEMENTOS MECÁNICOS A ENDURECER SUPERFICALMENTE.....	51
5.6 PROCESO DE TRATAMIENTO TERMOQUÍMICO Y TRATAMIENTO TÉRMICO (TEMPLE)	52
5.6.1 ETAPA PREVIA.....	52
5.6.2 ETAPA DE OPTIMIZACIÓN.....	54
5.6.3 ETAPA DE INTRODUCCIÓN AL BAÑO	56
5.6.4 ETAPA DE TEMPLE	58
5.6.5 ETAPA DE PULIDO	59
5.7 SUSTITUCIÓN HORNO CEMENTADO – HORNO EMISON	61
5.7.1 DESCRIPCIÓN DEL HORNO.....	61
5.7.2 CALENTAMIENTO.....	62
5.7.3 CONTROL DE PROCESOS	63
5.7.4 PUESTA EN MARCHA.....	64
5.8 VENTAJAS DEL HORNO EMISON	65
5.8.1 TABLA COMPARACIÓN EN RENDIMIENTO Y ECONOMÍA	66
5.9 DIAGRAMA DE BLOQUE EXPLICATIVO. RESUMEN	67
 VI. CONCLUSIONES.....	 71
 VII. BIBLIOGRAFÍA	 75

I. INTRODUCCIÓN



I. INTRODUCCIÓN

Éste trabajo fin de grado nace de mi experiencia durante mis prácticas en la empresa de reparación de maquinaria industrial **SERGONZA**. Durante las cuales tuve la suerte de poder asistir y observar el proceso de sustitución del horno y de los tratamientos térmicos. Aspecto que en nuestro mundo profesional no es una tarea habitual. De ahí el interés que he mostrado durante estos trabajos y que me ha llevado a realizar éste trabajo fin de grado sobre ésta temática.

En el capítulo de *Objetivos* me planteo los objetivos específicos que me han motivado para el desarrollo de éste TFG.

En el capítulo *Revisión y Antecedentes* he desarrollado una descriptiva del horno de tratamiento térmico que he tomado como marco referencial junto con la empresa donde he realizado las prácticas para la elaboración y además de conocimientos sobre los tratamientos térmicos que voy a desarrollar en el capítulo de resultados. Para lo cual he incluido características técnicas del horno antiguo y nuevo que sustituye al anterior en la empresa donde he realizado las prácticas. También he desarrollado una visión global comenzando con el concepto de fabricación mecánica de piezas y luego a posteriori realizando tratamientos térmicos a dichas piezas para mejorar aspectos mecánicos de las mismas.

En el capítulo *Metodología* he incluido tres apartados: documentación bibliográfica, metodología del trabajo de campo y el marco referencial. Sobre éste marco referencial comentar que la operación de tratamiento térmico de piezas han sido realizada en la empresa **SERGONZA**.

En el capítulo de *Resultados* he realizado una descripción por etapas del proceso de tratamiento térmico de piezas mecánicas que han sido obtenidas por distintos mecanizados con máquinas herramientas. Con lo cual se ha trabajado con un horno de tratamiento térmico el cual fue sustituido por uno nuevo con nuevas prestaciones. De tal manera que hemos podido aprender la diferencia entre cementado y temple en una pieza mecánica para obtener mejores propiedades de las mismas.

En el sexto capítulo de este TFG *Conclusiones*, hemos plasmado las conclusiones que se han obtenido de la doble experiencia tanto la profesional como la académica en el desarrollo de éste TFG y que me ha permitido entender mejor los tratamientos térmicos en piezas mecánicas.

En el capítulo *Bibliografía* se aportan manuales, libros y referencias web (webgrafía) en relación al contenido de este TFG.

ABSTRACT

This final degree project comes from my experience during my internship in the company repair industrial machinery SERGONZA. During which I was lucky enough to attend and observe the process of replacing the oven and heat treatments, which in our professional field is not a common task. Hence the interest that I have shown during this work and has led me to do the project on this subject. In the Objectives chapter, I consider the specific purposes that have motivated me to develop this project.

In Review and Background Chapter, I developed a description of the furnace heat treatment which I have taken as a reference along with the company where I made the practices for the development and well knowledge of heat treatments that will develop in the Results chapter.

For which I have included technical characteristics of the old and new furnace, which replaced the previous one in the company where I had practices. I have also developed a global vision beginning with the concept of mechanical parts manufacturing and then performing subsequent heat treatments to such parts to improve mechanical aspects of them.

In the Methodology chapter I have included three sections: bibliographic documentation, fieldwork methodology and background. Commenting on this background that the heat treatment operation parts have been made in the company SERGONZA.

In the Results chapter, I made a description of the heat treatment of mechanical parts which have been obtained by various processes with machine tools.

Therefore, I have worked with a heat treatment furnace which was replaced by a new one with new features. So we could learn the difference between cementation and quenching in a mechanical part for its better properties.

In the sixth chapter of this project conclusions, we have reflected the conclusions obtained from the double experience, both professional and academic, in the development of the project, which has allowed me to better understand the thermal treatment in mechanical parts.

In the chapter Bibliography manuals, books and web references (webgraphy) regarding the content of this project are provided.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden alcanzar con este TFG son los siguientes:

1. Comprender el funcionamiento de un horno para tratamientos térmicos de piezas metálicas.



2. Estudiar los conceptos de cementado y temple aplicado a piezas metálicas como aplicaciones de un tratamiento térmico.



3. Determinar las medidas aplicables al cambio de un horno de tratamiento antiguo por uno nuevo con mejores prestaciones desde el punto de vista del tratamiento térmico.



4. Estudiar la descripción de una instalación colateral a un horno de tratamiento térmico como son circuito de combustible, circuito de aire...etc.

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III.- REVISIÓN Y ANTECEDENTES

El desarrollo de este TFG (Trabajo de fin de grado) sobre los procesos y tratamientos térmicos para el **`endurecimiento superficial´** tiene como justificación la mejora de algunas de las propiedades mecánicas de la pieza a tratar.

La elección de unos de los tratamientos térmicos como es el **cementado** como proceso a implementar se siguió de manera esquemática según los materiales y equipos que se disponen en la empresa, (marco referencial) de este TFG.

¿Por qué utilizamos un tratamiento térmico?

Dependiendo de la finalidad de nuestra pieza a tratar usamos un tratamiento térmico específico con sus distintas etapas apropiada a las dimensiones de la pieza.

Los tratamientos son utilizados para obtener el mayor rendimiento de la pieza y el máximo ahorro económico a largo plazo, por eso las piezas mecánicas dependiendo de su esfuerzo y trabajo reciben el tratamiento específico para lograr el buen funcionamiento de la máquina al completo, (como parte del mecanismo de la misma).



Ilustración n°1. Grandes hornos industriales

Fuente: [1]

3.1.- TRATAMIENTOS TÉRMICOS

En este apartado de revisión y antecedentes vamos a explicar los distintos tratamientos térmicos aplicados a una pieza mecánica.

Tipos de tratamientos térmicos a una pieza de metal

Los tratamientos térmicos, en general, son operaciones de calentamiento y enfriamiento de los metales o aleaciones, a temperaturas y velocidades variables, mediante los cuales se persigue fundamentalmente conseguir cambios en la estructura cristalina, cambio de fases, bien en su número o proporción permaneciendo su naturaleza, es decir, su composición química inalterable. Los tratamientos térmicos fundamentales como son el normalizado, recocido, temple y revenido, adquieren al ser aplicados a los aceros, una gran variedad de matices lo que permite obtener el máximo rendimiento en función de su aplicación al acero. [2]

Los tratamientos térmicos aplicados a los aceros son los siguientes:

Normalizado y Revenido	
Recocido	Calentamiento Permanencia Enfriamiento lento
Temple	Temple en estado líquido Temple en aceite Temple en estado gaseoso

3.1.1- NORMALIZADO

La normalización es un proceso de recocido (apartado 3.1.2) con el objetivo de dejar el material en estado normal, es decir, con ausencia de tensiones internas y con distribución uniforme del carbono. Para ello, se mantienen las temperaturas altas hasta la total transformación en austenita con enfriamiento al aire.

Se realiza calentando el acero a una temperatura unos 50°C superior a la crítica y una vez austenizado (estado del acero antes de la fase líquida) se deja enfriar al aire tranquilo. La velocidad de enfriamiento es más lenta que en el temple y más rápida que en recocido.

Con este tratamiento se consigue **afinar y homogeneizar la estructura**. Este tratamiento es típico de los aceros al carbono de construcción de 0.15% a 0.60% de carbono.

A medida que aumenta el diámetro de la barra, el enfriamiento será más lento y por tanto la resistencia y el límite elástico disminuirán y el alargamiento aumentará ligeramente. Esta variación será más acusada cuanto más cerca del interior de la pieza realicemos el ensayo. [3]



Ilustración n°2. Normalizado del metal

Fuente: [4]

3.1.2- RECOCIDO

El **recocido** es un tratamiento térmico propio de los productos semielaborados y acabados donde está diseñado para reducir las tensiones internas creadas durante los procesos de fabricación. El recocido sirve también para aumentar el grado de cristalinidad de los materiales y así mejorar sus propiedades mecánicas **reduciendo la tendencia al alabeo** y deformación de las piezas después de mecanizarlas.

El proceso del recocido se puede realizar de muchas maneras diferentes pero sea cual sea el método utilizado, el objetivo es el mismo. Los materiales son calentados lentamente hasta una temperatura propia de cada uno. Una vez llegado a esa temperatura, se mantiene durante horas, dependiendo del espesor, para asegurarse que el material se calienta al cien por cien. Después, las piezas son enfriadas lentamente y de forma homogénea hasta llegar a temperatura ambiente.

En definitiva el objetivo de este proceso es reducir las tensiones internas de las piezas y aumentar el grado de cristalinidad de los materiales esto conlleva un ablandamiento del material. [5]

En el recocido existen tres etapas:

- **Calentamiento** del material a una temperatura prefijada
- **Permanencia** durante un tiempo del material con la temperatura fijada
- **Enfriamiento lento** a temperatura ambiente a una velocidad determinada



Ilustración n° 3. Recocido del metal

Fuente: [6]

3.1.3.- TEMPLE

Los diferentes medios de enfriamiento utilizados se distinguen ante todo por su intensidad de enfriamiento. Las velocidades de enfriamiento pueden encontrarse en los rangos aplicados a cada horno.

Medios de temple líquido

En el caso de los medios de temple líquidos el ciclo de enfriamiento de una pieza puede dividirse en varias fases: fase de película de vapor, fase de ebullición y fase de convección. A temperaturas por encima del **punto de ebullición** del medio de temple, la pieza se encuentra rodeada por una película de vapor que reduce el efecto de enfriamiento. Solamente cuando esta película comienza a romperse y las burbujas de vapor suben a la superficie (fase de ebullición), es cuando se establece un contacto permanente entre el líquido frío y la superficie de la pieza.

En la siguiente fase, el intercambio de calor ocurre únicamente a través de convección. El agua sin aditivos permite un enfriamiento de efecto muy intensivo, pero las burbujas de gas que se producen se adhieren fuertemente a la superficie del material (fenómeno de Leidenfrost). Esta desventaja puede evitarse mediante aditivos tales como la soda caustica o ciertas sales. La temperatura recomendada para el agua es de un poco menos de 25°C. Esta puede ser aumentada hasta aprox. 70°C por medio de aditivos. [7]

Aceite de temple

Los aceites de temple normalmente se usan a temperaturas de hasta 70°C y en algunos casos de hasta 150°C. Para temperaturas más altas existe un gran número de sales líquidas o metales líquidos (baño de sales). Hoy en día es posible trabajar con medios de temple acuosos que cubren un amplio rango de intensidades de enfriamiento y producen un efecto aún más suave que el aceite. Adicionalmente a la temperatura de temple, deben tenerse en cuenta factores como la templabilidad, **forma y tamaño de las piezas** y compatibilidad con el medio de calentamiento al realizar la escogencia del medio de temple.

Medios de temple gaseosos

La velocidad de enfriamiento de los medios de temple gaseosos es mucho más baja que la de los medios líquidos y debe ponérsele bastante atención a la templabilidad del material en cada caso (velocidad de enfriamiento crítica). El grupo de los medios de enfriamiento gaseosos incluyen el aire y otros gases. El efecto de enfriamiento de los gases puede ser aumentado incrementando la velocidad de flujo y la presión. [8]

En definitiva el objetivo del temple es un tratamiento térmico que endurece el acero mediante un enfriamiento rápido.



Ilustración n° 4. Temple del metal

Fuente: [9]

3.1.4.-REVENIDO

El tratamiento térmico de revenido consiste en calentar al acero después de normalizado o templado, (explicado en los apartados anteriores) a una temperatura inferior al punto crítico, seguido de un enfriamiento controlado que puede ser rápido cuando se pretenden resultados altos en tenacidad o lento para reducir al máximo las tensiones térmicas que pueden generar deformaciones.

Calentando la pieza por encima de los 650° C, se obtiene estructura de grano grueso, al bajar la temperatura de revenido, se van obteniendo estructuras cada vez más finas y más duras, por lo que la temperatura de revenida varía desde los 200 hasta los 650°C.

Objetivos:

- Mejora la tenacidad de los aceros templados, a costa de disminuir la dureza, la resistencia mecánica y su límite elástico.
- Mejora los efectos del temple llevando al acero a un estado de mínima fragilidad.
- Disminuye las tensiones internas de transformación.
- **Modifica las características mecánicas**
- Disminuye la resistencia a la rotura por tracción
- Aumenta las características de ductilidad, tenacidad y resiliencia. [10]

En definitiva el objetivo del revenido es un tratamiento térmico que se hace después del temple para disminuir la dureza que se obtuvo con ésta.

Los **factores** que influyen en el revenido son los siguientes:

- Temperatura de revenido
- El tiempo de revenido
- Velocidad de enfriamiento
- Dimensiones de pieza

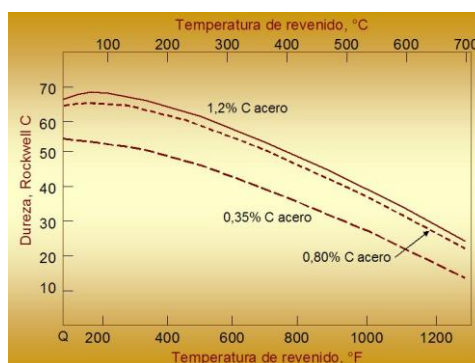


Ilustración n° 5. Gráficas temperaturas

Fuente: [11]

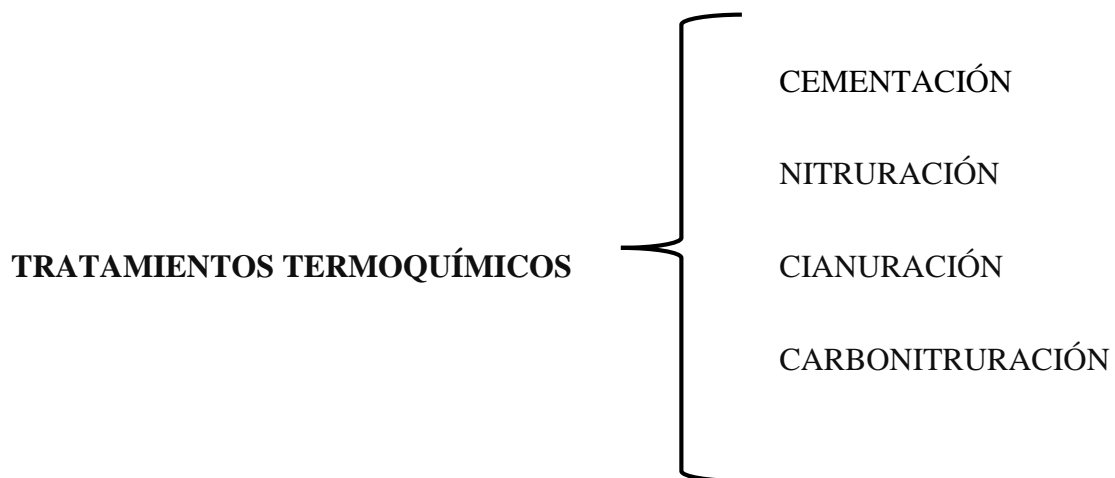
3.2.- TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Los tratamientos termoquímicos son tratamientos térmicos en los que, además de los cambios en la estructura del acero, también se producen cambios en la composición química de la **capa superficial**, añadiendo diferentes productos químicos hasta una profundidad determinada del material a tratar. Estos tratamientos requieren el uso de calentamiento y enfriamiento controlados en atmósferas especiales. [12]

Entre los objetivos más comunes de estos tratamientos está aumentar la **dureza superficial de las piezas** dejando el interior más blando y tenaz, aumentar la resistencia al desgaste, aumentar la resistencia a la fatiga o aumentar la resistencia a la corrosión.

Las **sustancias químicas** utilizadas normalmente son: carbono, nitrógeno y **sales**, pudiendo estar en estado gaseoso, líquido o sólido. [13]

Los tipos de **tratamientos termoquímicos** más comunes son:



3.2.1.- CEMENTACIÓN

La cementación es un tratamiento termoquímico que consiste en **carburar** una capa superficial de una pieza de acero, rodeándola de un producto específico y calentándola a una temperatura adecuada mediante difusión, modificando su composición, impregnando la superficie y **sometiéndola a continuación a un tratamiento térmico, un temple y un revenido, quedando la pieza con buena tenacidad en el interior y con mucha dureza superficial.**

El objetivo de la cementación es que en el **templado** del acero proporciona dureza a la pieza, pero también fragilidad. Por el contrario, si no se temple el material no tendrá la dureza suficiente y se desgastará. Consiste en recubrir las partes a cementar de una materia rica en carbono, llamada cementante, (sales) y someterla durante varias horas a altas temperatura de **900 °C**. En estas condiciones es cuando **tiene mayor capacidad de disolución el carbono**, que irá penetrando en la superficie que recubre a razón de **0,1 a 0,2 milímetros por hora de tratamiento.** [14]

Podemos diferenciar tres tipos de **materiales cementantes (sales)**:

- Sólidos
- Líquidos
- Gaseosos



Ilustración n° 6. Tratamiento superficial

Fuente: [15]

3.2.2.- NITRURACIÓN

La **nitruración** es un tratamiento térmico empleado para el endurecimiento superficial de ciertas piezas, principalmente aceros. **Es especialmente recomendable para aceros aleados con cromo, vanadio, aluminio, wolframio y molibdeno**, ya que forman nitruros estables a la temperatura de tratamiento. Son estos nitruros los que proporcionan la dureza buscada.

Durante la **nitruración**, la pieza sometida ve **aumentada su dureza superficial mediante el aporte de nitrógeno** a la misma en una atmósfera nitrurante, principalmente compuesta de vapores de amoníaco descompuesto en nitrógeno e hidrógeno.

La penetración de este tratamiento es muy lenta, del orden de **un milímetro de espesor por cada 100 horas de duración**, aunque después de esto, la pieza no precisará de temple. Este tratamiento se realiza normalmente en **hornos eléctricos** a temperaturas aproximadas de 500 °C, por cuya cámara circula el gas de amoníaco.

La nitruración se aplica principalmente a piezas que son sometidas regularmente a grandes fuerzas de rozamiento y de carga, tales como **pistas de rodamientos, camisas de cilindros**, etc. Estas aplicaciones requieren que las piezas tengan un interior con cierta plasticidad, que absorba golpes y vibraciones, y una superficie de gran dureza que resista la fricción y el desgaste. [16]

Podemos distinguir cuatro tipos de nitruración:

- Nitruración gaseosa
- Nitruración líquida
- Nitruración sólida
- Nitruración iónica

3.2.3.- CIANURACIÓN

La **cianuración** se puede considerar como **un tratamiento intermedio entre la cementación y la nitruración**, ya que el endurecimiento se consigue por la acción combinada del carbono y el nitrógeno a una temperatura determinada. Cuando se quiere obtener una superficie dura y resistente al desgaste, se realiza a una temperatura por encima de la crítica del corazón de la pieza entre 750 °C y 950 °C.

Los **baños de cianuro** se usan generalmente en los procesos de temple de acero para impedir la descarburación de la superficie. Sus principales **ventajas** son: la buena eliminación de oxidación, la profundidad de la superficie es duradera, el contenido de carbono se reparte homogéneamente y de gran rapidez de penetración. También posee ciertas **desventajas** como son: el lavado de las piezas posterior al tratamiento para prevenir la herrumbre. [17]

La **cianuración** la podemos realizar de dos maneras distintas:

- **A la llama:** el calentamiento del acero se realiza de forma local, de modo que con el enfriamiento se produzca un temple localizado en la región afectada. Para obtener buenos resultados con este proceso se debe tener cuidado en la característica de la llama, la distancia a la superficie, su velocidad de movimiento y el tiempo de enfriamiento por inmersión.



Ilustración n° 7. Cianuración a la flama

Fuente: [18]

- **Por inducción:** el calentamiento se realiza por corriente eléctrica, el calentamiento por resistencia es útil para templar secciones localizadas de algunas piezas de fundición, pero en general su **principal aplicación es para calentar partes de sección transversal uniforme.**



Ilustración n° 8. Cianuración por inducción

Fuente: [19]

3.2.4.- CARBONITRURACIÓN

La **carbonitruración** es un procedimiento que consiste en **endurecer superficialmente el acero**, en este tratamiento termoquímico se promueve el enriquecimiento superficial simultáneo con carbono y nitrógeno, con el objetivo de obtener superficies extremadamente duras y un interior tenaz, sumado a otras propiedades mecánicas como resistencia a la fatiga, resistencia al desgaste y resistencia a la torsión.

Dicho tratamiento se realiza en las mismas condiciones que la cementación ya sea en baño de sales de una composición determinada o en **atmósfera gaseosa** con adición de nitrógeno por medio de la disociación de amoníaco. Por esta razón la temperatura de la carbonitruración se sitúa entre las temperaturas de estos dos procesos. La aportación de nitrógeno, que se difundirá en el acero, dependerá de la composición del baño y también de su temperatura. Por lo contrario, el aumento de nitrógeno se reduce a medida que aumenta la temperatura. [20]

3.3.- TIPOS DE HORNO SEGÚN SU PROCESO

A continuación en este tercer apartado de este capítulo de este TFG, vamos a describir algunos hornos empleados en los tratamientos térmicos y tratamientos termoquímicos utilizados en la industria.

3.3.1.- TEMPLE Y RECOCIDO DE ACERO EN EL HORNO

En el recocido se calienta la pieza que debe ser trabajada hasta una cierta temperatura y se **enfria lentamente** al final. Así pues podemos obtener varios resultados:

En el **revenido de grano grueso** se trata de agrandar los granos. Así mismo la dureza y la viscosidad del material. El **revenido para eliminar tensiones residuales** se utiliza en temperaturas entre 480°C y 680°C y hace, que la tensión del metal, que ha sido aportado por deformación mecánica. El **revenido por difusión** dura hasta dos días. El metal es tratado en temperaturas relativamente altas entre 1050°C y 1300°C, así los átomos de otros materiales se pueden dispersar parejos.

El **revenido normal** de acero es uno de los procesos térmicos más importantes. Se trata de recalentar el metal así que los átomos de otros materiales se puedan dispersar. Aceros con un contenido alto de carbono debajo de los 800°C; aceros con un contenido pequeño de carbono apenas a 950°C. En el **revenido blando** de acero se reducen segregaciones de cementita y perlita para disminuir la dureza y firmeza del acero y facilitar la deformación. Las temperaturas usadas típicas para este proceso son entre 680°C y 780°C. [21]



Ilustración n° 9. Horno de revenido normal continuo

Fuente [22]



Ilustración n° 10. Horno para recocido de alambre de acero

Fuente: [23]

3.3.2.- ENDURECIMIENTO DEL ACERO POR ENFRIAMIENTO RÁPIDO EN HORNO DE ENFRIAMIENTO RÁPIDO

En el proceso de endurecimiento de aceros no aleado se calienta el metal entre 800°C y 900°C durante tanto tiempo hasta que, en el caso de acero, solo queda austenita pura. En aceros aleados puede ser necesitada otra temperatura muy diferente. Para evitar la corrosión se puede utilizar gas exotérmico en los hornos. Gas exotérmico que consiste de hidrocarburos y contiene además de CO, H₂ y N₂, también CO₂ y H₂O se produce en un generador de gas correspondiente.

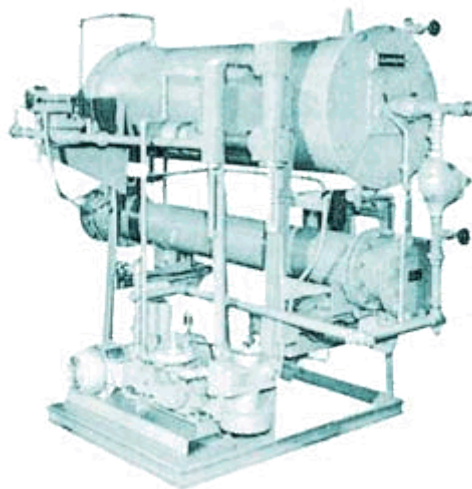


Ilustración n° 11. Generador para la producción de gas exotérmico

Fuente: [24]

Después del recocido se enfría el acero tan rápidamente, que no es posible un cambio de los átomos de carbono hacia un puesto favorable en la estructura atómica, porque la velocidad de la difusión de los átomos de carbono es demasiado baja para permitir un cambio de puestos en la estructura atómica.

Pero la estructura atómica del hierro se cambia en seguida reducción de la temperatura quedando muy dura y fuerte pero también poco deformable y frágil. [25]

Usando piezas de mayor grosor se necesita proporcionalmente más tiempo de enfriamiento para poder endurecer la pieza por completo. En general se introducen las piezas en agua o aceite. El enfriamiento con agua es más efectivo por la mejor conducción de calor del agua.

Durante la inmersión de la pieza, se forma un campo de vapor sobre su superficie que conduce mal el calor (**efecto Leidenfrost**). Durante la inmersión hay que lograr que el contacto de la pieza con el agua sea parejo en toda la superficie. Alternativamente se pueden utilizar también líquidos poliméricos para el enfriamiento. [26]

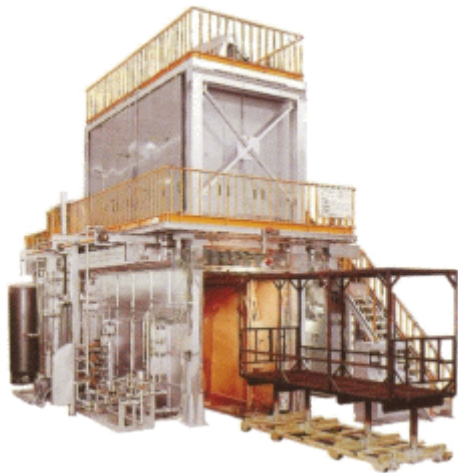


Ilustración n° 12. Horno con cubierta de enfriamiento rápido

Fuente: [27]

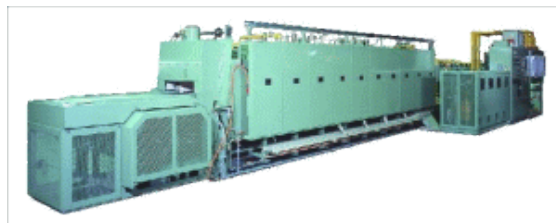


Ilustración n° 13. Horno para revenido con enrejado móvil y baño de enfriamiento rápido

Fuente: [28]

Los hornos con vacío también se utilizan para procesos de enfriamiento rápido y endurecimiento. La baja presión impide la oxidación o el apocamiento de la superficie de la pieza de trabajo.

3.3.3.- LAVAMIENTO DE PIEZAS

Después del enfriamiento rápido y el endurecimiento en aceite o emulsiones, hay que lavar las piezas antes de poder seguir tratándolas en un horno para revenido. Para ello existen diferentes máquinas específicas para el lavado de piezas, también es posible integrar el proceso de lavamiento en un horno de endurecimiento. **Así pueden ser realizados los pasos de calentamiento, enfriamiento rápido, lavado y revenido en un solo horno.**



Ilustración n° 14. Lavamiento post-enfriamiento rápido

Fuente: [29]

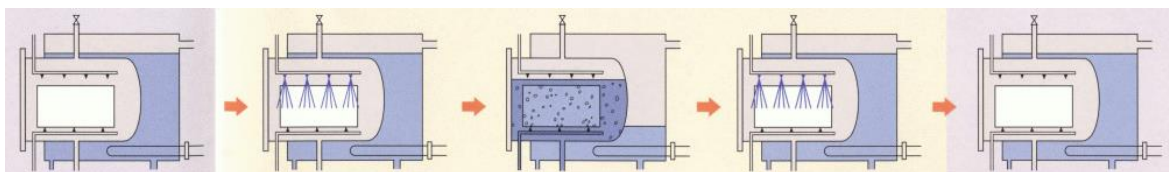


Ilustración n° 15. Proceso de lavado de pieza

Fuente: [30]

Dependiendo del tipo de tratamiento térmico, medios de enfriamiento y calentamiento y del equipo de tratamiento térmico puede ser necesaria la limpieza de las piezas, particularmente antes del proceso y en algunas ocasiones después.

3.3.4.- HORNO PARA REVENIDO

Después del enfriamiento rápido, el acero martensítico es muy duro, pero también muy frágil. Para invertir esto, hay que calentar otra vez la pieza.

Entre 100°C y 200°C empieza a difundirse el carbono, en este punto empieza la extracción de carburo de hierro. Al subir la temperatura se acelera el proceso. A temperaturas por encima de 320° C se extrae casi todo el carbono y a más de 400°C la estructura atómica permanece invariable. Pero el acero empieza a volverse blando.

Si el acero ha sido aleado con cromo, vanadio, molibdeno y volframio se endurece el acero en vez de ablandarse más. Este segundo endurecimiento es importante para componentes que deben permanecer duros a altas temperaturas durante el funcionamiento.

El acero pierde normalmente su dureza con el aumento de las temperaturas. La pieza se oxida al contacto con el aire., lo cual produce un cambio de color de la pieza. El color depende del grosor de la capa oxidada. El tiempo de enfriamiento depende tanto de él como de la masa. [31]



Ilustración n° 16. Horno de revenido

Fuente: [32]

3.3.5.- ENDURECIMIENTO DE SUPERFICIE

Al contrario del endurecimiento por enfriamiento rápido y revenido en el que se endurece toda la pieza, también se puede endurecer solo la superficie. La superficie dura se combina con material del núcleo espeso. Para esto existen diferentes procesos.

Horno para cementación

El proceso de endurecimiento por cementación se utiliza para aceros con poco carbono. La pieza se maleabiliza en gas endotérmico y de alto contenido de carbono. El gas endotérmico se produce en el reactor de gas correspondiente a partir de metano, etano o propano y está compuesto en gran medida por monóxido de carbono, hidrógeno y nitrógeno. [33]



Ilustración n° 17. Generador para la producción de gas endotérmico

Fuente: [34]

El acero calentado a temperaturas de 900°C asta 1000° absorbe el carbono del gas en el horno para cementación. Así se puede aumentar la concentración de carbono en la superficie (aprox. 1 mm profundidad) hasta el límite de solubilidad en la ausentita.



Ilustración n° 18. Horno de paso continuo con transporte de ruedas cerámicas

Fuente: [35]



Ilustración n° 19. Horno de cadenas continuo para carburación de acero

Fuente: [36]

También se pueden usar horno rotativo para el endurecimiento del acero.

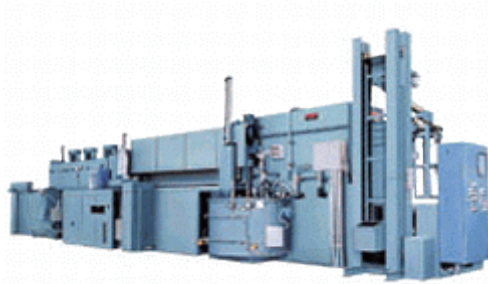


Ilustración n°20. Horno para cementación de acero con tambor rotativo continuo

Fuente: [37]

3.3.6.- ENDURECIMIENTO POR CARBONITRACIÓN Y CARBONITRACIÓN A BAJA TEMPERATURA

Durante la fase de nitruración se producen gas carbono y nitrógeno, los cuales se difunden en el metal. El nitrógeno se difunde normalmente en el metal correspondiente según su estado de cristalización en forma de amoníaco NH_3 . Cuando el proceso se produce a temperaturas entre 650°C hasta 770°C , puede difundirse el nitrógeno muy bien y después del enfriamiento rápido se forma una capa de nitritos y carbidos sobre la capa de martensítica con contenido de nitrógeno.

En la carbonitruración sobre 770°C hasta 930°C no se forma esa capa sobre la superficie, porque el carbono se puede difundir mejor. El nitrógeno estabiliza la fase ausenita y posibilita así un enfriamiento del material más suave con una dureza más alta. Sin embargo, el espesor de la capa endurecida es menor que en la cementación y el cambio de estado que se produce hacia el material interno es más fuerte. Al igual que en la cementación, el acero se enfría rápidamente y luego se vuelve a calentar en la fase gaseosa después de la maleabilización. [38]

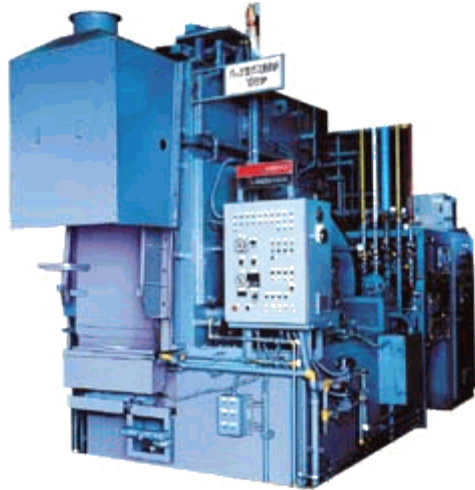


Ilustración n° 21. Horno para carbonitrar a bajas temperaturas

Fuente: [39]



Ilustración n° 22. Horno para carbonitar a bajas temperaturas con enfriamiento rápido en líquido en vacío

Fuente: [40]

3.3.7.- ENDURECIMIENTO POR NITRACIÓN Y NITROCARBURACIÓN

Durante la **nitrición** y **nitridación** en el horno para nitrar y horno para nitrurar se difunde el nitrógeno en la superficie del acero a temperaturas entre 500°C y 550°C. El nitrógeno es ganado del amoniaco. Durante el proceso de enfriamiento se extrae nitrógeno.



Ilustración n° 23. Horno para nitrar

Fuente: [41]



Ilustración n° 24. Horno para nitrar de dos etapas

Fuente: [42]

3.3.8.- SALES

Las **sales fundidas** con contenidos de cianuros **ceden al acero, carbono** y nitrógeno. Estas sales fundidas a distintas temperaturas adquieren diferentes propiedades.

- Cuando la temperatura de un baño con elevado contenido de cianuro alcanza los 760 ° C, el efecto nitrurante disminuye, dando por el contrario más actividad al efecto cementante.
- Por el contrario, a medida que esta temperatura disminuye hasta los 600 ° C da lugar a la actuación del nitrógeno.
- La cementación tiene una temperatura óptima de operación de entre 920 – 950 ° C. [43]

Baños de sales con cianuro: (Cuando vamos a introducir las sales en el horno, baños)

Se introduce carbono y nitrógeno al acero. La dureza superficial alcanzada puede considerarse casi exclusivamente a la acción del carbón.

- a) Sales de baja temperatura o de penetración media. Se consiguen capas cementadas de 0,2 a 1,5 mm, usan el rango de temperatura de entre 850 a 900 °
- b) Sales de alta temperatura o de gran penetración. Se consiguen capas cementadas de 1 a 3 mm , Usan el rango de 875 a 950 °

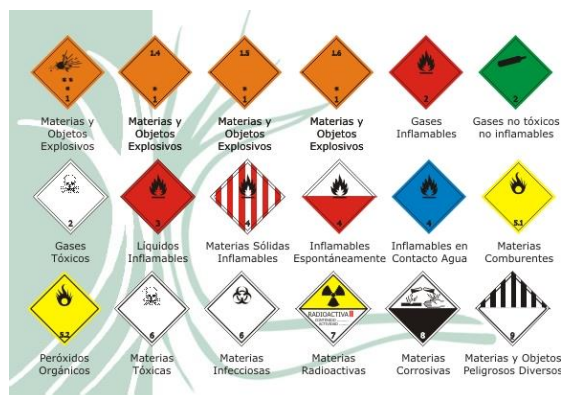


Ilustración n° 25. Clasificación IATA

Fuente: [44]

3.4.- RIESGOS HIGIÉNICOS:

Ante los riesgos que se puedan producir con el contacto directo con estas sales los más peligrosos para la salud son la inhalación o ingestión.

- Etapas: En calentamiento en baños de sales metales fundidos o traslado.
- Tipo de lesión: Enfermedades profesionales

También vamos a comentar los EPI'S (Equipo de protección individual) recomendados en los tratamientos termoquímicos y térmicos son:

EPI'S

1.- PROTECTORES DE LA CABEZA (protección del cráneo)

Cascos protectores (Actividades en instalaciones de altos hornos, plantas de reducción directa, acerías, laminadores, fabricar metalúrgicas, talleres de martillo, talleres de estampado y fundiciones.

2.- PROTECCIÓN EN EL PIE:

Calzado de protección y de seguridad. Bota adecuada con punta de acero.

3.- PROTECCIÓN OCULAR O FACIAL: (gafas de protección, pantallas o pantallas faciales)

Especiales para la manipulación o utilización de productos ácidos, trabajos con masas en fusión o actividades con un entorno de calor radiante

4.- PROTECCIÓN RESPIRATORIA:

Equipos de protección respiratoria: trabajos cerca de la colada en cubilote en la boca de altos hornos.

5.- PROTECCIÓN DEL TRONCO, LOS BRAZOS Y LAS MANOS

Mandiles y manguitos resistentes a partículas y chispas incandescentes y guantes para la manipulación de altas temperaturas. [45]

IV.METODOLOGÍA

IV. METODOLOGÍA

La metodología empleada en referencia a este Trabajo Fin de Grado la hemos dividido en los siguientes apartados:

4.1 Documentación bibliográfica.

La documentación aportada en este TFG es a partir de una fuente bibliográfica en la que se incluyen páginas web, informes, manuales del horno para tratamiento térmico tanto del antiguo como del nuevo que sustituye al anterior, etc. Además de los conocimientos adquiridos en mi periodo de prácticas en la empresa **SERGONZA**.

4.2 Metodología del trabajo de campo

La realización de este TFG viene de mi experiencia de mi trabajo de campo que consistió en describir las etapas del proceso de tratamiento térmico para piezas metálicas obtenidas por arranque de viruta por mecanizado de máquinas herramientas. Del mismo modo se aporta una colección de fotos de elaboración propia dentro del capítulo resultados de este TFG como trabajo de campo.

4.3 Marco referencial.

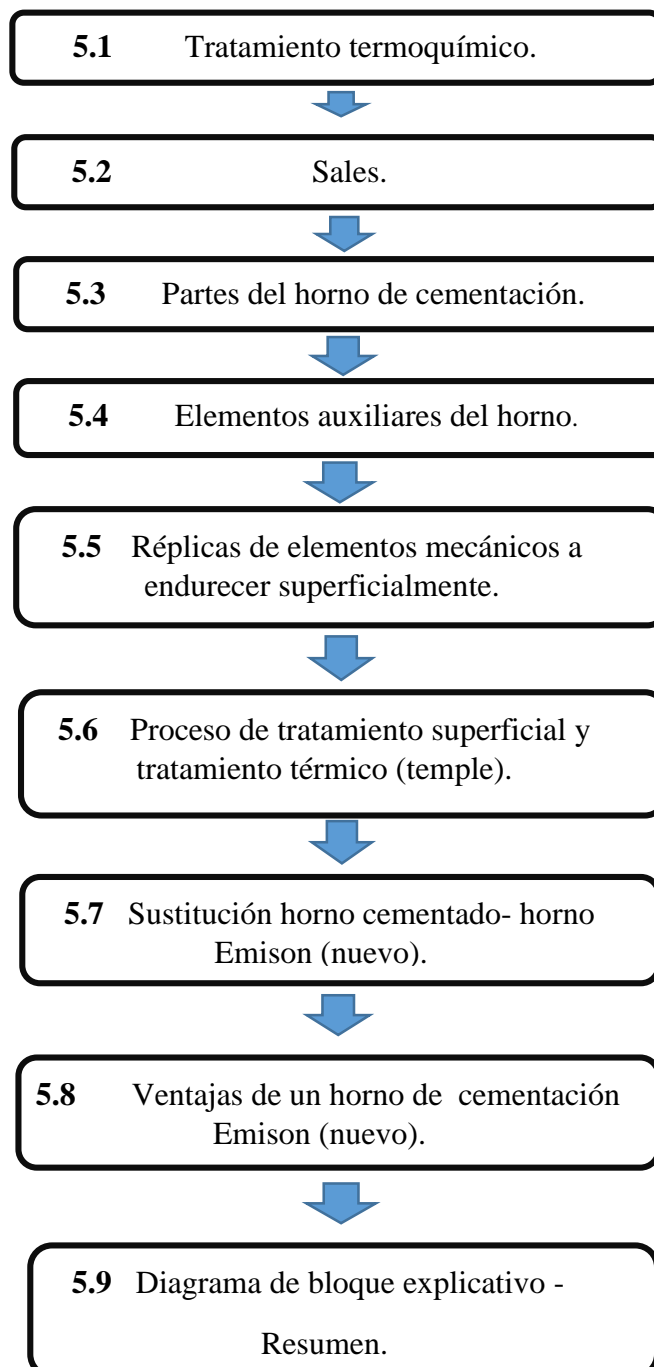
Nuestro marco referencial viene en relación a la empresa **SERGONZA**. Destinada a las labores de fabricación mecánica y tratamientos térmicos y termoquímicos aplicados a la industria.

V. RESULTADOS

V. RESULTADOS

En éste apartado se tratará el objeto principal del trabajo de fin de grado, centrándonos en el desarrollo etapa por etapa del proceso de cementación.

Para ello hemos concluido con un estudio específico de la instalación, de sus partes más importantes y el mantenimiento adecuado para el buen funcionamiento del horno.



5.1 TRATAMIENTO TERMOQUÍMICO

En este trabajo del tratamiento térmico debemos tener conocimientos previos de los distintos procesos de transformación, con el fin de conocer las características más diversas de los aceros y sus aleaciones. Para ello es importante saber gracias a estudios realizados anteriormente las propiedades y limitaciones de cada pieza a tratar proporcionando las herramientas necesarias para comprender el comportamiento general de cualquier material, lo cual es necesario a la hora de desarrollar adecuadamente diseños de componentes para que sean fiables y económicos.

Este proceso de cementación tiene sus ventajas como son rapidez de tratamiento, uniformidad de la temperatura, ausencia de oxidación y facilidad de control, pero también desventajas como dificultad para la limpieza, sistemas de ventilación condicionados y larga duración del proceso final.

El tratamiento consta de cuatro pasos principales para llegar al resultado final que es el **endurecimiento superficial** de la pieza, para ello pasa por diferentes transformaciones partiendo del elemento primordial como en este caso el acero.

Comenzando con el diseño de la pieza en el torno y la fresadora para dejarla en las medidas exactas, el cementado para aumentar la dureza, temple en aceite y terminando con el pulido final para el acabado.

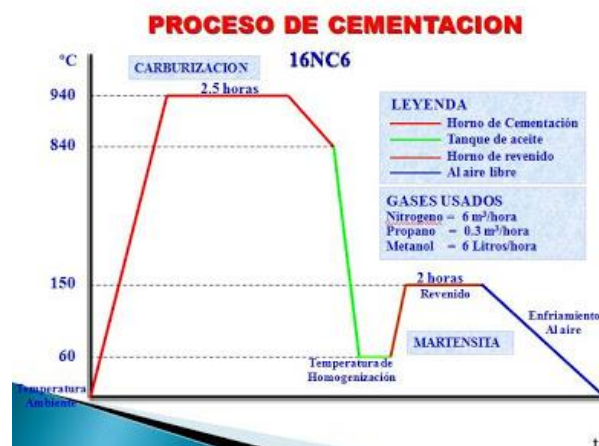


Ilustración n° 26. Gráfica cementación

Fuente: [45]



Ilustración n° 27. Instalación principal

Fuente: Trabajo de campo

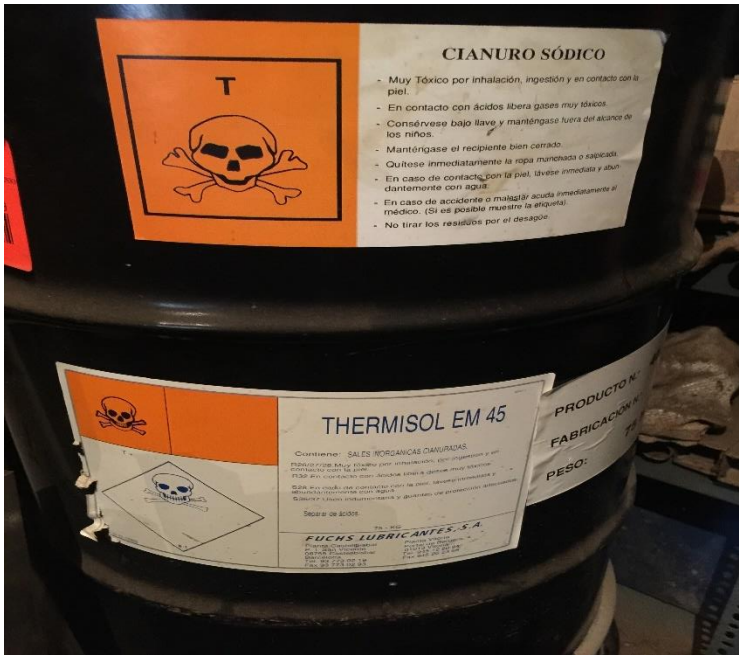
5.2 SALES

Los tipos de sales más utilizados para este proceso son las sales de cianuro, debido a sus altos contenidos en carbono y nitrógeno.

Una vez que el horno previamente empiece a aumentar la temperatura se introduce la cantidad mínima de sales para que empiece a disolverse en el baño, la cantidad a introducir depende de la cantidad de piezas que se van a cementar.

Cuando la temperatura de un baño de sales de cianuro es elevada y supera los 750 ° C el efecto nitrurante disminuye dando más actividad al efecto de cementación. Estas sales duran varios procesos de cementación, una vez finalizado uno de los baños, estos se secan formando una costra alrededor del horno pudiéndose volver a utilizar cuando ésta vuelva a alcanzar una alta temperatura para su degradación.

Para la conservación de sales de cianuro es necesario un sitio cerrado y que no contenga humedad, deben estar tapada y herméticas dentro de una bolsa de plástico. El tipo de granulado es en polvo.



Todas las sales fundidas con contenidos de cianuros ceden al acero, carbono y nitrógeno.

Estas sales fundidas a distintas temperaturas adquieren diferentes propiedades.

Ilustración n° 28. Mercancía Peligrosa

Fuente: Trabajo de campo

Es un compuesto sólido e incoloro que hidroliza fácil con el agua.

Se utiliza en:

- Galvanoplastia
- Baño de limpieza de metales

Formas de manipulación:

- Evitar todo contacto
- Evitar llamas
- No poner en contacto con oxidantes fuertes

Sales en polvo



Ilustración n° 29. Sales en polvo

Fuente: Trabajo de campo

Después de cada baño de cementación las sales se secan y se endurecen en la superficie del crisol formando una costra. Estas sales se rompen para aprovecharlas en el siguiente baño, cuando el aumenta su temperatura del crisol se van disolviendo sin perder sus propiedades.

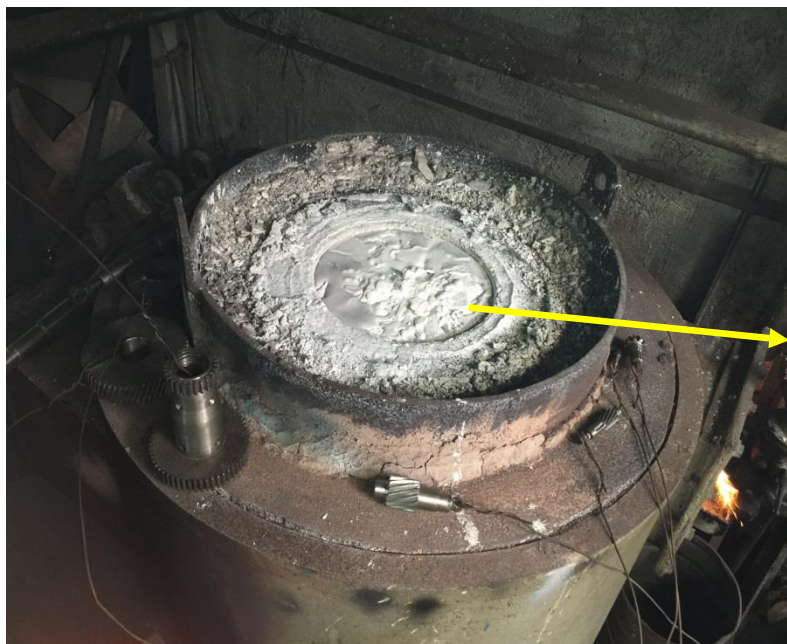


Ilustración n° 30. Costras de sales

Fuente: Trabajo de campo

5.3 PARTES DEL HORNO DE CEMENTACIÓN

El horno cuenta con varios elementos principales de la instalación, la carcasa o cuerpo principal formado por el crisol en la parte superior donde se introducen las piezas, dos entradas de aire y dos de combustible a ambos lados por donde se inyecta la mezcla y en la parte inferior el hogar donde se controla la llama y se determina el calentamiento del horno.

Por otro lado, estarían los conductos de aire y combustible que pasan a través de los calentadores encargados de aumentar la temperatura del combustible.

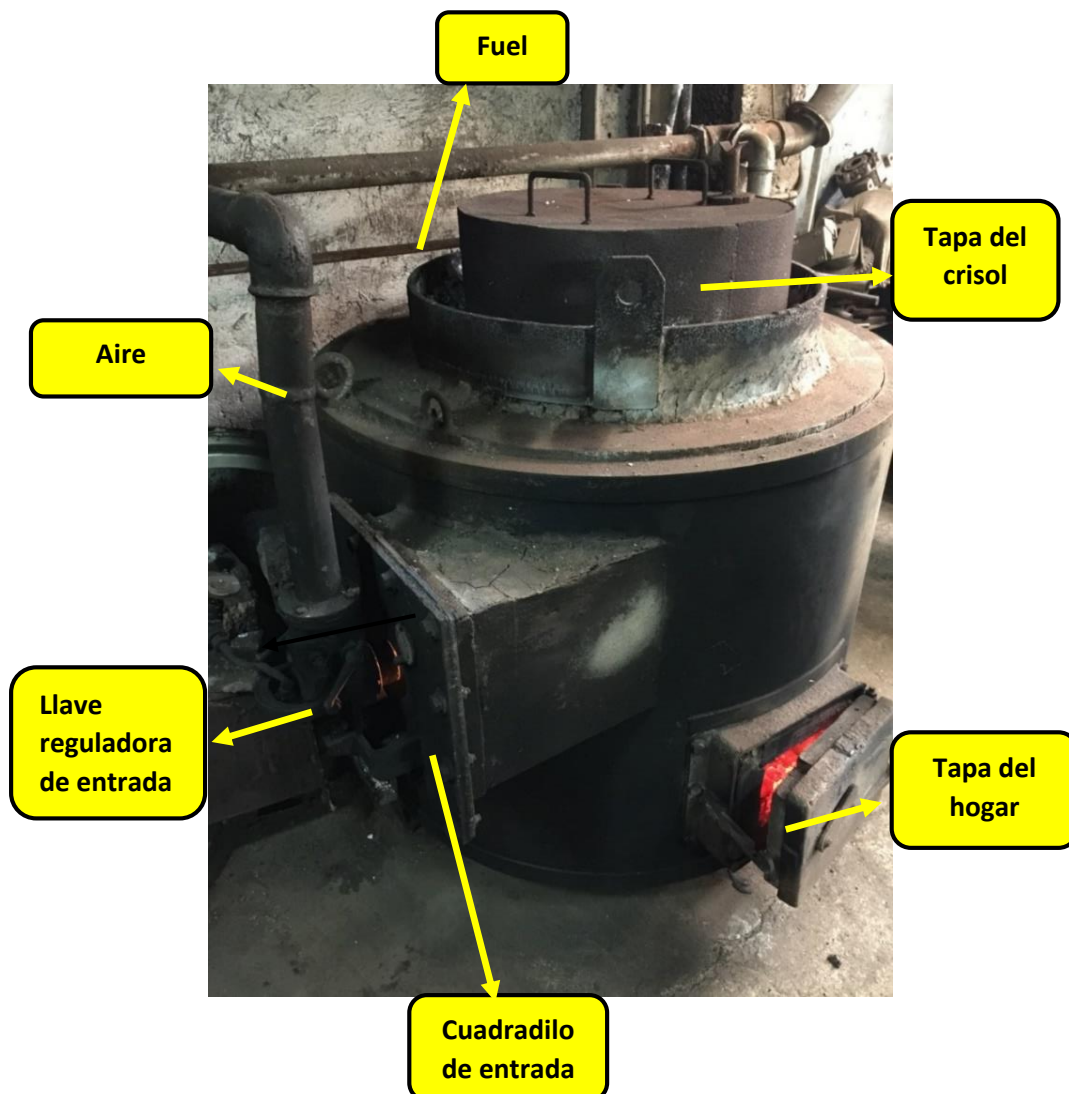


Ilustración n° 31. Partes principales

Fuente: Trabajo de campo

5.4 ELEMENTOS AUXILIARES DEL HORNO

5.4.1 TANQUE DE FUEL- OIL

Para llevar a cabo este proceso de cementación necesitamos una instalación adecuada para ello, con una ventilación preparada y abierta al aire libre ya que se acumulan gases de la combustión y con las sales de cianuro provocan humos tóxicos.

La instalación consta de dos tanques de combustible uno principal y otro auxiliar de fuel – oil, una turbina, un extractor y un horno. Todo conectado con unas tuberías donde se produce el intercambio de combustibles formado por dos resistencias conectadas en ambas entradas del casco principal.

La elección del tratamiento del cementado como proceso a implementar se pueden diferenciar cuatro etapas principales como son: diseño, baño, temple y pulido.



Ilustración n° 32. tanques de fuel-oil

Fuente: Trabajo de campo

5.4.2 TURBINA DE AIRE

La función principal de la turbina es impulsar el aire al inyector para que el combustible salga por el inyector en forma de lluvia a través del conducto de aire. La turbina es activada por medio de un interruptor de arranque anexo a la instalación.

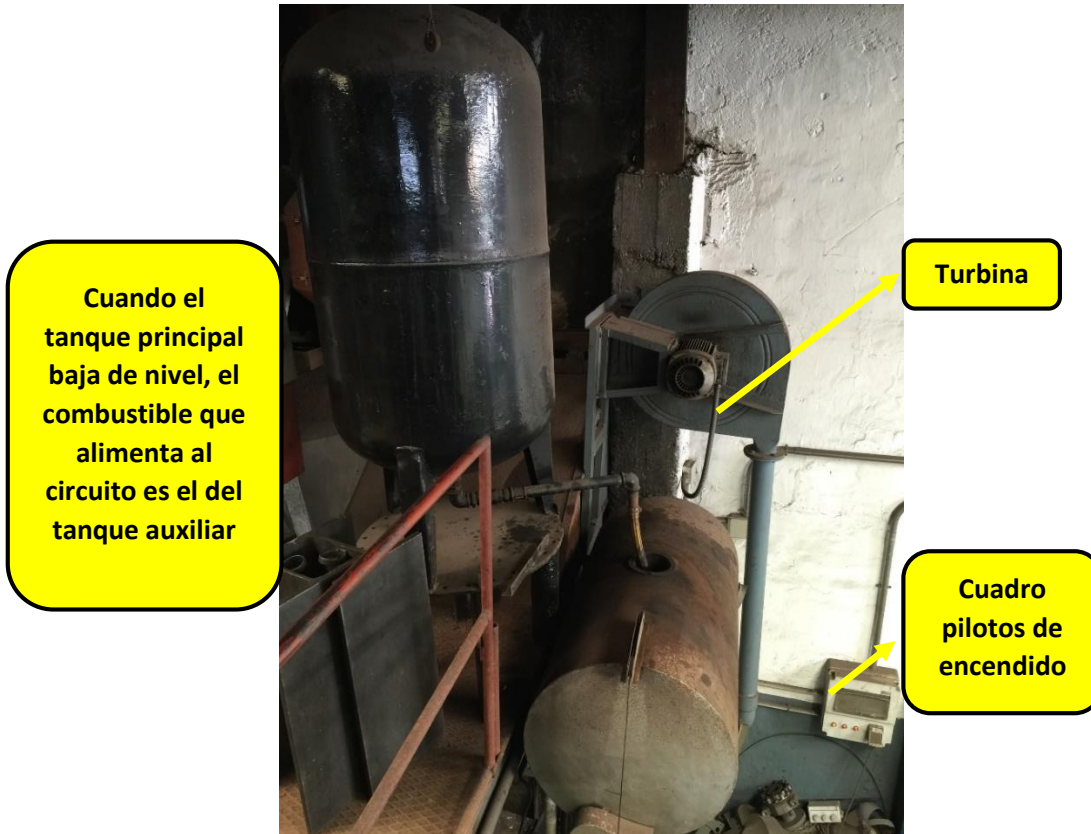


Ilustración n° 33. Turbina

Fuente: Trabajo de campo

5.4.3 EXTRACTOR ELÉCTRICO

El taller cuenta con un extractor electrico situado cerca de la instalación para extraer los humos tóxicos y las sales de la combustión.



Ilustración n° 33. Extractor

Fuente: Trabajo de campo

5.4.4 CONDUCTOS DE AIRE- COMBUSTIBLE

Un buen funcionamiento del sistema aire- combustible es parte fundamental del proceso, la instalación cuenta con dos entradas en forma de cuadradillo por ambos lados del horno principal.

El combustible comienza su salida desde el tanque principal previamente recalentado en el interior del tanque por medio de una resistencia en su interior y circula hasta el calentador donde pasa a través por un conducto secundario.

El calentador tiene dos funciones principales, en la parte superior pasa el combustible para subir la temperatura a y en la parte de abajo lo constituye un by-pass de recirculación que actúa como un filtro para separar la basura del combustible.

La función principal del aire en la instalación es impulsar el combustible en forma de lluvia en el inyector de entrada donde se produce la mezcla aire-combustible, para ello el aire es impulsado por todo el circuito por la turbina principal.

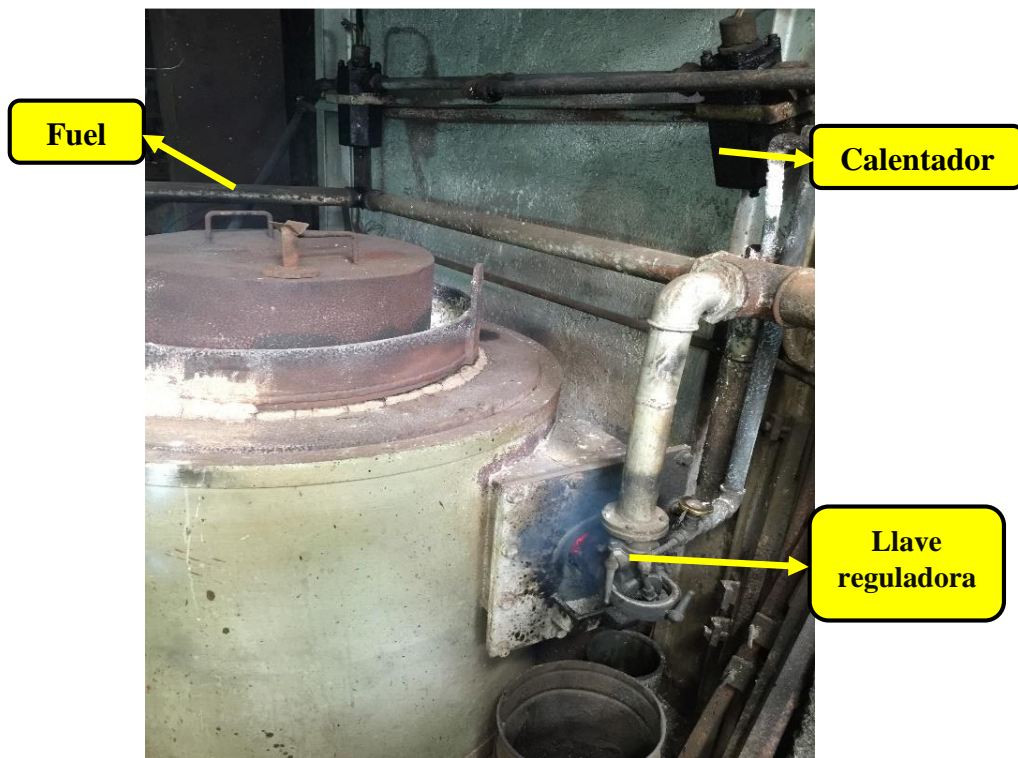


Ilustración n° 34. Conductos principales

Fuente: Trabajo de campo



Despiece del inyector en dos partes, la base o carcasa principal y la aguja cónica.

Esta forma cónica favorece la dispersión del fuel en forma de lluvia.

Ilustración n° 35. Inyector

Fuente: Trabajo de campo

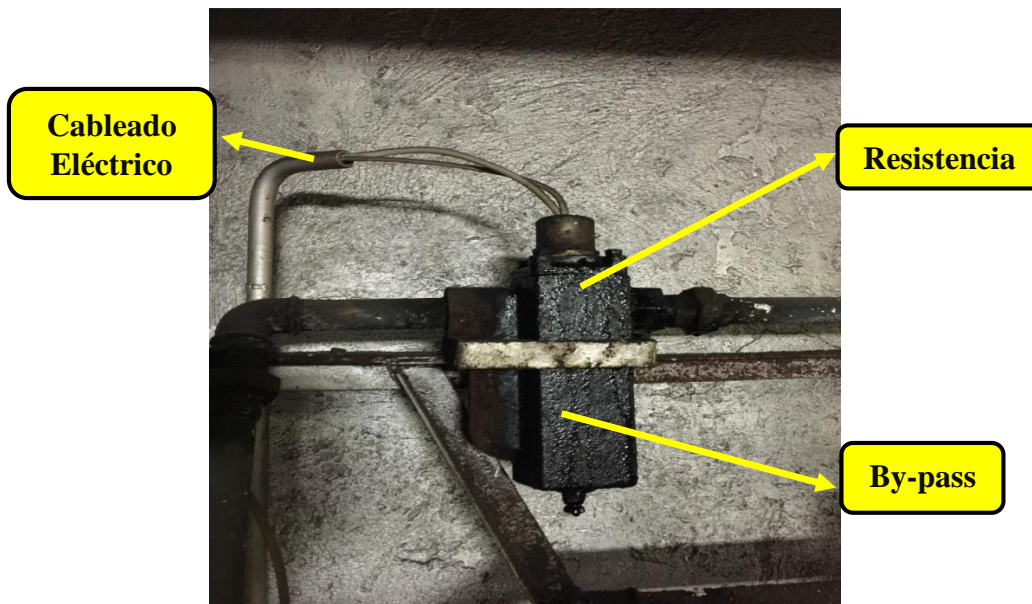


Ilustración n° 36. Resistencia

Fuente: Trabajo de campo

La función principal de la resistencia es calentar el fuel-oil, durante el precalentamiento para ayudar al aumento de la temperatura es conveniente calentarlo con un soplete autógeno.

5.5 RÉPLICAS DE ELEMENTOS MECÁNICOS A ENDURECER SUPERFICIALMENTE

Las piezas a someter son piezas previamente diseñadas a medida con aceros suaves, suelen ser réplicas exactas de piezas originales que no se consiguen. Dependiendo del grosor y la dimensión de las piezas estará entre 45-60 minutos dentro del horno. Las piezas de menor tamaño y grosor requieren menos tiempo de cementación.

En la introducción de las piezas en el horno deben estar separadas unas de otras para evitar el contacto y deben estar totalmente sumergidas, pero sin tocar el fondo del horno para evitar deformaciones por las costras de sales que se van acumulando y a las altas temperaturas que se pueden alcanzar podemos someter a la pieza a otro tipo de transformación.

Suelen ser piezas que ya no se fabrican o que su precio para traerla es muy elevado para su costo y suele ser más económico este método para una empresa que tenga alguna avería en grandes instalaciones con alguna pieza defectuosa.

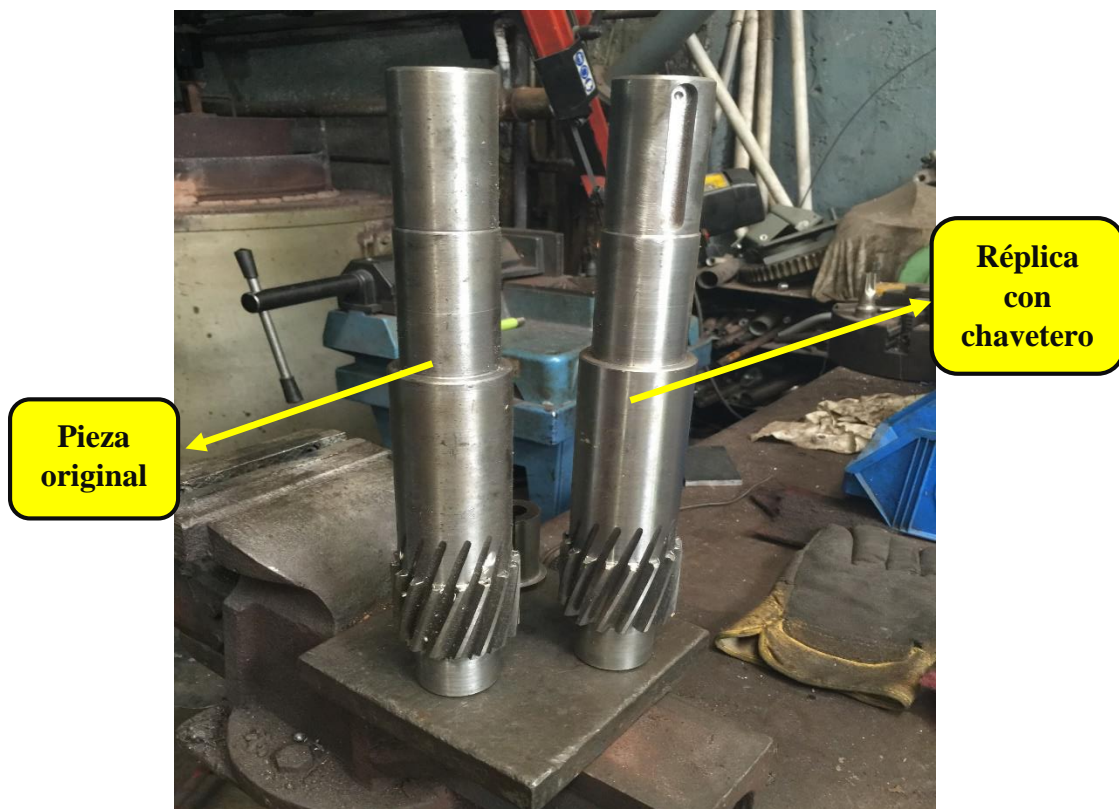


Ilustración n° 37. Réplica de piezas

Fuente: Trabajo de campo

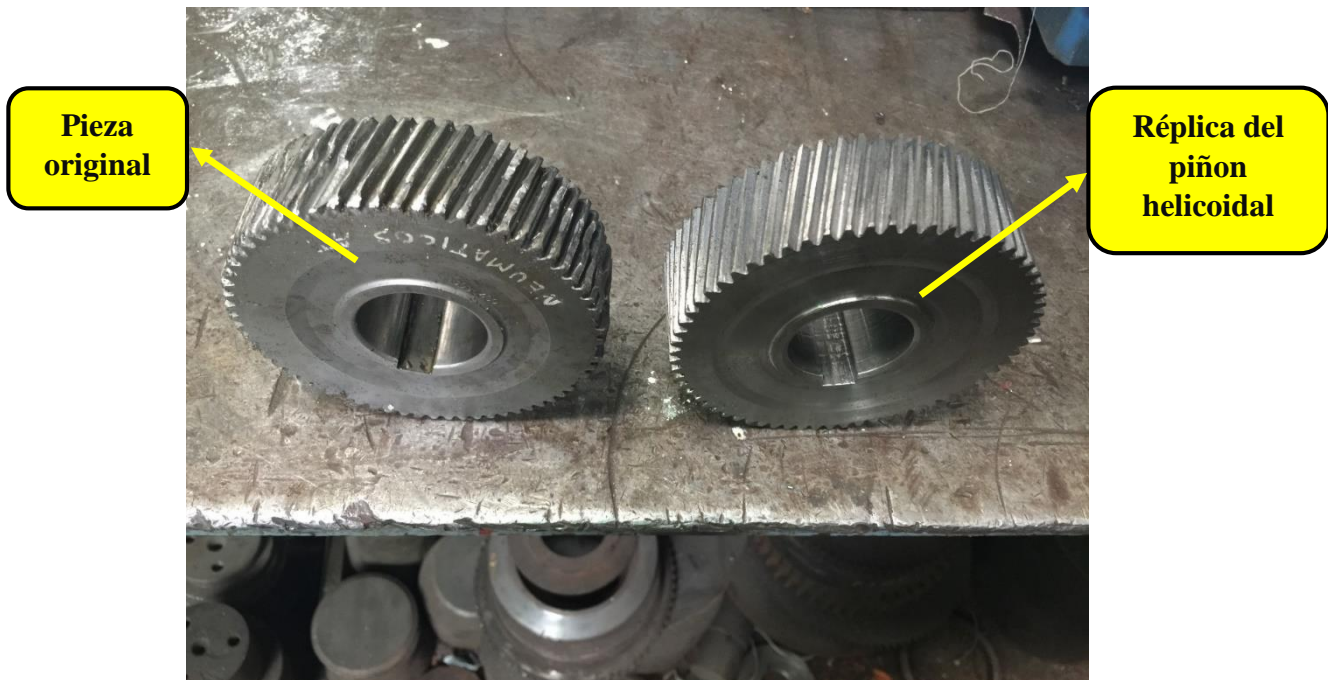


Ilustración n° 38. Rueda dentada Helicoidal

Fuente: Trabajo de campo

Para la construcción de este piñón helicoidal la pieza ha recibido distintos trabajos en el taller partiendo de un tocho de material y pasando por el torno para dimensionar la pieza, fresadora para el cálculo de número de dientes y por la mortajara para hacer el chavetero central.

5.6 PROCESO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL Y TRATAMIENTO TÉRMICO (TEMPLE)

5.6.1 ETAPA PREVIA

El primer paso para este tipo de operación es comprobar los niveles de fuel de los tanques que se encuentran en la parte alta de la instalación aislado del horno principal y verificar que se encuentran en un nivel óptimo para llevar a cabo el proceso.

Comprobar que el hornillo esté libre de materiales inflamables y los niveles de sales de cianuro de otras cementaciones son los aceptables y si está por debajo añadir hasta la cantidad necesaria.

Seguidamente comprobamos que en la instalación no hay ninguna fuga de fuel y encendemos los calentadores, interruptores y la turbina de aire. Estos interruptores se encuentran uno a la salida del tanque de fuel y otro en el cuadro. El precalentamiento de la instalación puede durar entre los 60 y 90 min.

La entrada del horno lo componen dos resistencias que al finalizar el precalentamiento se le aplica calor con un soplete autógeno para terminar de encender cada una y el transito del fuel sea más favorable.



Ilustración n° 39. Precalentamiento del horno

Fuente: Trabajo de campo

El calentamiento del horno previamente es un paso importante para el proceso, una vez las sales dentro del horno necesitan un tiempo mínimo de una hora para la degradación. Las sales ya disueltas van cayendo al fondo del hogar.



Ilustración n° 40. Pre calentamiento sales

Fuente: Trabajo de campo

5.6.2 ETAPA DE OPTIMIZACIÓN

Transcurrido el calentamiento previo el proceso de cementación necesita llegar a una temperatura óptima de aproximación, para ello deberá estar un tiempo mínimo de 90 minutos calentando. La temperatura media óptima oscila entre los 900 y 950 °C de modo que el carbono difunde en la red cristalina del hierro

La clave de este proceso es mantener esa temperatura estable, para esto tendremos que ayudarnos de un medidor de temperatura (pirómetro) cada 10 min se comprueba para que no disminuya ni exceda.



Durante el proceso de precalentamiento del horno es aconsejable poner la tapa del crisol en la parte superior

La tapa del hogar debe estar abierta para no exceder la temperatura y expulse los gases

Ilustración n° 41. Optimización de la temperatura

Fuente: Trabajo de campo

Para el proceso de optimización de la temperatura es importante seguir los procedimientos durante el precalentamiento y controlar las cargas de combustible.

En un principio funcionan las dos entradas de inyección de la mezcla y luego se apaga una de las dos para controlar y no exceda de la temperatura de referencia para ello se utiliza la llave reguladora de fuel.

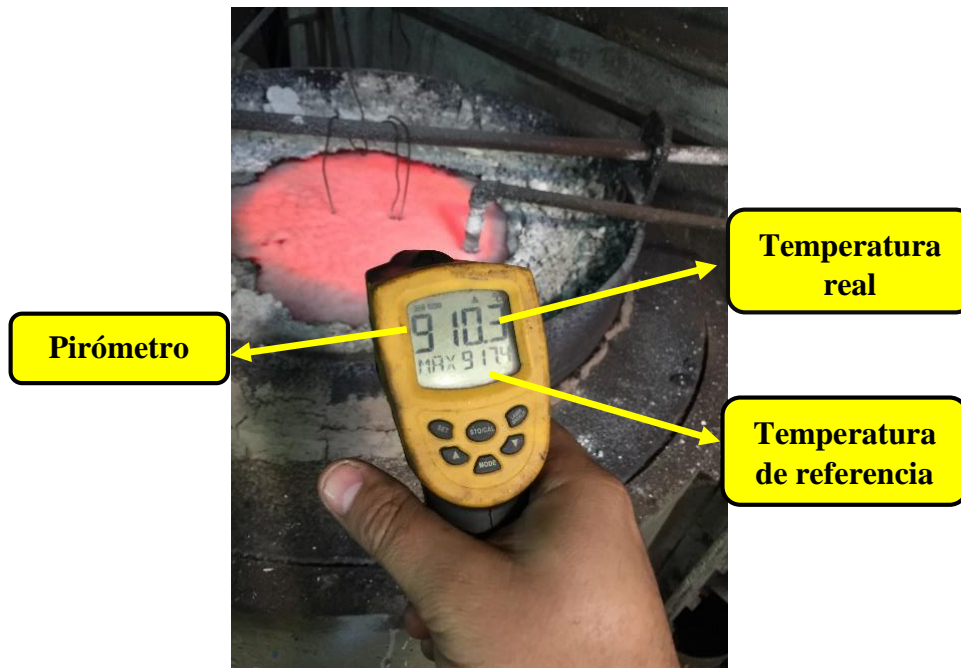


Ilustración n° 42. Medidor de temperatura

Fuente: Trabajo de campo

5.6.3 ETAPA DE INTRODUCCIÓN AL BAÑO

Una vez este el horno a punto, se sujetan las piezas a introducir con alambre para colgar a la entrada. En su interior las piezas deben estar separadas unas de otras evitando el contacto entre ellas. La temperatura del horno tiene que ser constante durante los 90 min.

Las piezas deben estar bien sujetan y a media altura del horno de manera que no estén en contacto con ninguna superficie, en suspensión.

Todo este proceso se debe encargar una persona especializada y con los equipos de protección adecuados para la operación (guantes para alta temperatura, mandil, casco con pantalla de protección).

El personal de taller coge las piezas y las va introduciendo cuidadosamente y de manera ordenada el material para evitar posibles derrames y salpicaduras.

Este paso es principal para la cementación, una vez introducidas las piezas en el baño y bien separadas unas de otras cada pieza necesita un tiempo acorde a su tamaño. Las piezas de mayor volumen necesitan más tiempo dentro del horno.

El tiempo estimado para las piezas varían entre 45 min y 90 min dependiendo de la profundidad de cementación deseada.

Una vez las piezas dentro, cada 10 min hay que verificar la temperatura del horno para que se mantenga una temperatura estable, en caso de que la temperatura disminuya habrá que abrir más la válvula de salida de fuel-oil y aire.

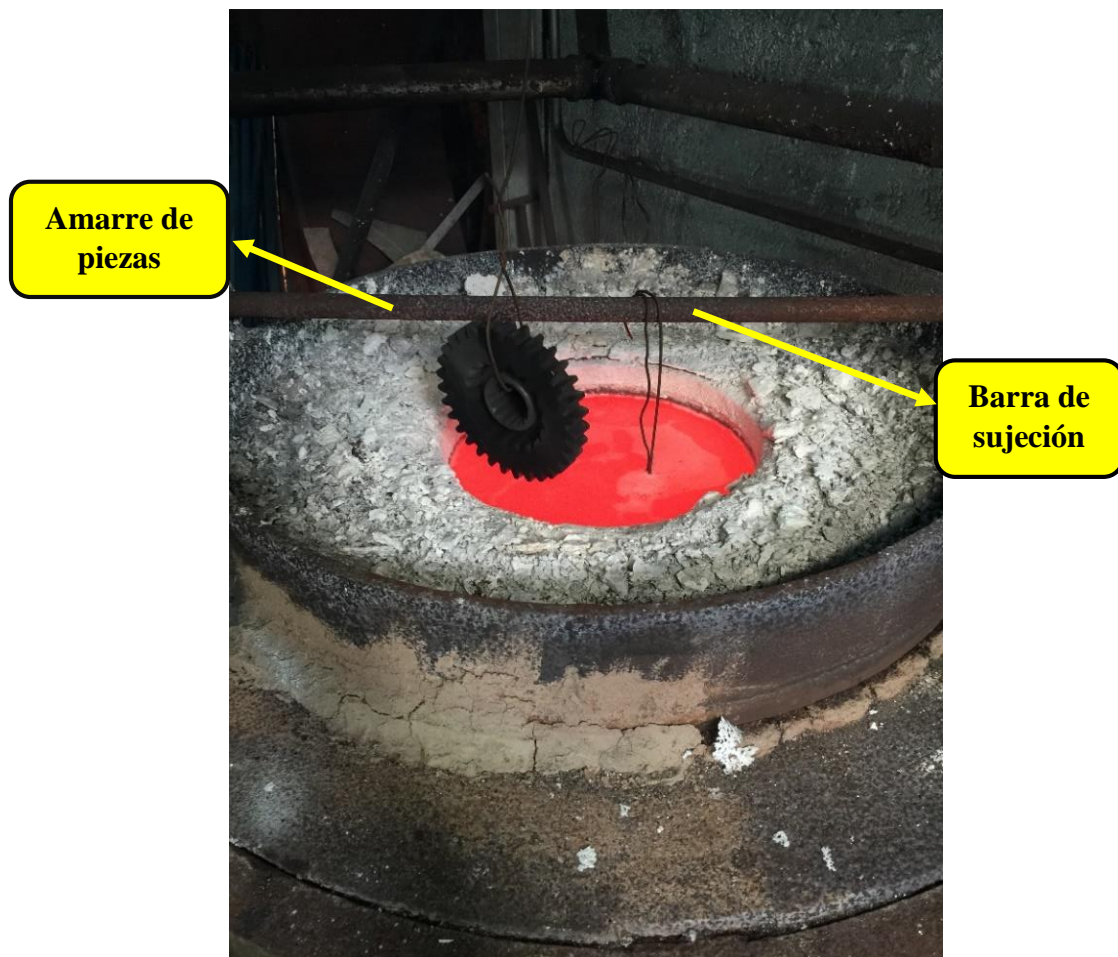


Ilustración n° 43. Introducción al baño

Fuente: Trabajo de campo



Ilustración n° 44. Tratamiento termoquímico

Fuente: Trabajo de campo

5.6.4 ETAPA DE TEMPLE

Se trata de un aceite con una viscosidad mínima permitiendo conseguir una mayor homogeneidad. Una vez sacamos las piezas del horno, introducimos las piezas en un recipiente con aceite templado con el componente fundamental de este aceite en un mineral refinado.

La pieza debe estar a alta temperatura para lograr el shock térmico con esto se consigue un enfriamiento regulado del acero durante su transformación aumentando la dureza, resistencia a la tracción y elasticidad. El aceite circula alrededor de la pieza a máxima velocidad evitando el deterioro o la oxidación prematura.

Un punto que debemos tener en cuenta en la práctica del temple es cuanto más espesor de la pieza más hay que aumentar el ciclo de duración del proceso de enfriamiento.

El temple dura 24 horas, la pieza debe estar completamente sumergida y dejar el tiempo recomendado.



Se utiliza para comprobar el estado del aceite de temple y para sumergir alguna pieza de menor tamaño que se encuentra a alta temperatura

Ilustración n° 45. Temple

Fuente: Trabajo de campo

5.6.5 ETAPA DE PULIDO

La pieza una vez acabado el proceso de cementación sale con un hollín y con leves arañazos superficiales debido a las costras y a las altas temperaturas.

El pulido de la pieza una vez que es sacada del aceite se lava y seca, luego se sujeta y se prepara para un pulido con taladro con una piedra especial para acabados en las partes más accesibles y luego a mano con una lija de grano fina en las partes más reducidas.

Para el pulimiento se recomienda mojar la piedra abrasiva para evitar el recalentamiento y realizar movimientos circulares a favor del grano de la pieza.

Los mejores acabados se producen cuando el paso de abrasión y pulido se arreglan en secuencia.



Ilustración n° 46. Cepillo

Fuente: [46]

Este proceso de pulido puede durar varios minutos hasta llegar al grano más fino, el resultado final de la pieza es muy importante para la imagen de la empresa.



Ilustración n° 47. Pulido

Fuente: Trabajo de campo

5.7 SUSTITUCIÓN HORNO CEMENTADO – HORNO EMISON

En este apartado vamos a describir las características del nuevo horno Emison (marca comercial) que la empresa Sergonza ha sustituido en el taller para obtener mejor beneficios económicos.

5.7.1 DESCRIPCIÓN DEL HORNO

El horno es de construcción metálica con acabados en soldadura, a partir y perfiles de acero laminado en frío, de gran robustez y con una tapa compacta de acero. Con avanzado diseño y protección con imprimación fosfocromatante y epoxídica en tonos grisáceos para mejorar el acabado y mantener una larga vida estéticamente.

En el interior el aislamiento se realiza mediante fibras minerales y cerámicas de baja masa térmica y de gran poder calorífico dispuestas en capas a fin de reducir las pérdidas de calor.

Un buen aislamiento permite un gran ahorro con energético con consumos reducidos.



El control de la temperatura es del todo imprescindible para una correcta cementación.

Operando a 880 °C el tiempo necesario para lograr una misma capa se duplica con relación al trabajo realizado a 900°C.

Ilustración n° 48. Horno Emison

Fuente: Trabajo de campo

5.7.2 CALENTAMIENTO

En el proceso de calentamiento existen varias alternativas para aumentar la temperatura de los crisoles en los hornos que contienen sales.

Este tipo de hornos por sus características y tipo de trabajos que realiza en taller favorece que tenga un calentamiento eléctrico por resistencias. También se podrá construir con calefacción a gas o gasóleos.

Estos calefactores interiores están sobredimensionados para una larga vida. El horno Emison posee unas dimensiones inferiores a las del horno antiguo aprovechando espacio en el taller.

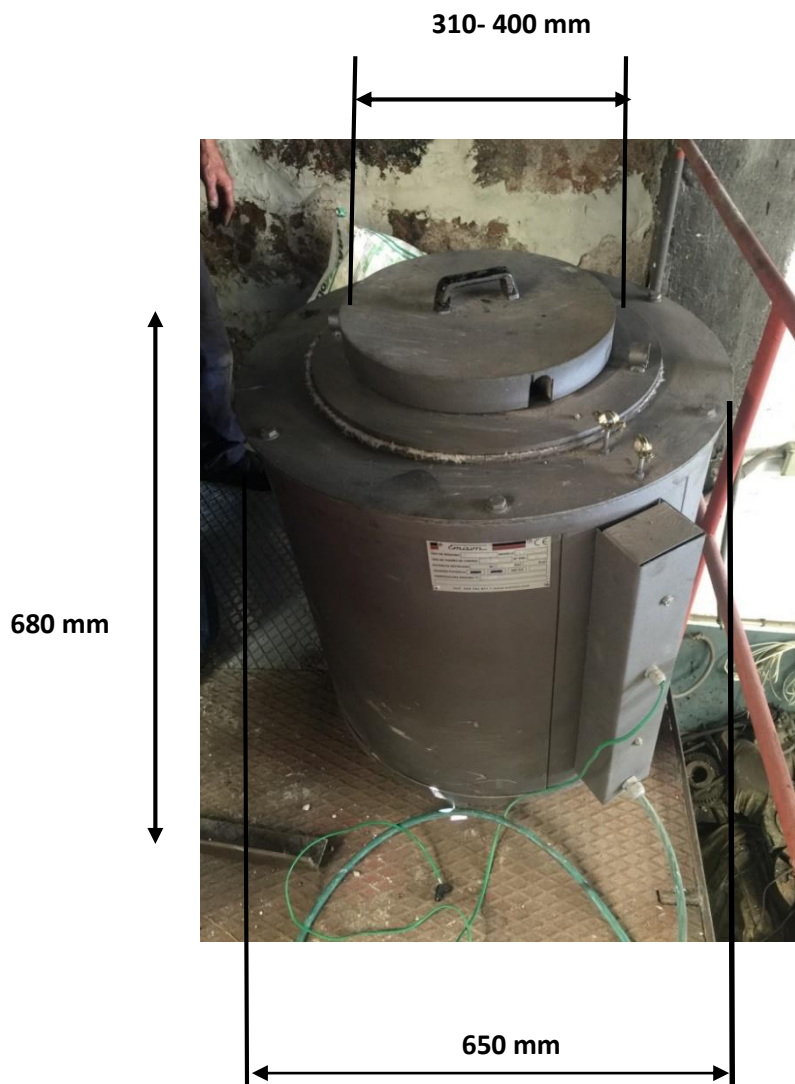


Ilustración n° 49. Medidas del horno

Fuente: Trabajo de campo

5.7.3 CONTROL DE PROCESOS

Estos nuevos sistemas de cementación incorporan métodos inteligentes de medición, registro, información, intervención al error y gestión simplificando al operario el manejo de los equipos. De esta manera automatizando los equipos evitamos errores de manejo y facilitamos el día a día.

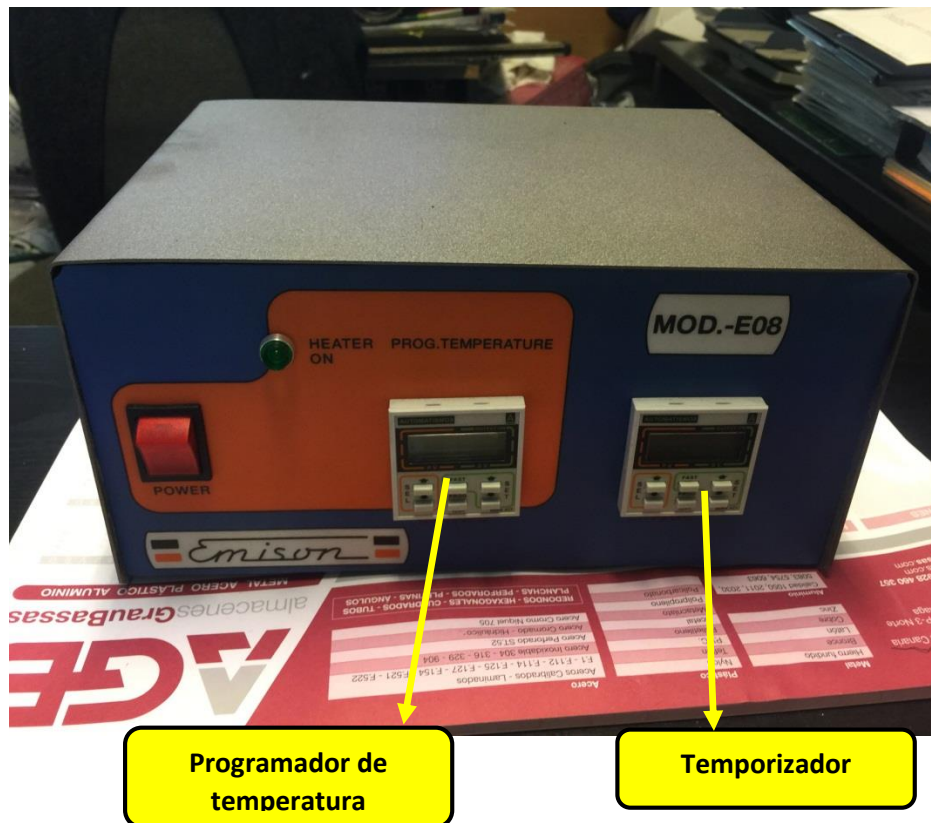


Ilustración n° 50. Sistema de control horno Emison

Fuente: Trabajo de campo

Estos sistemas tienen la capacidad de detectar y almacenar información una vez canalizada de actuar modificando los parámetros según los datos inicialmente establecidos.

El control de la temperatura lo compone un microprocesador electrónico con visualizador digital de la temperatura que está en el interior de la cámara.

En el cuadro eléctrico se instala un temporizador el cual una vez transcurrido el tiempo de tratamientos la temperatura deseada proporciona una señal eléctrica para el accionamiento de una alarma acústica o luminosa.

5.7.4 PUESTA EN MARCHA

El horno se pone en marcha al conectar el equipo, alcanzada la temperatura de consigna empieza a contar desde el tiempo programado, transcurrido el tiempo establecido se activa una señal de 230 V 10 A. El horno no se apaga y continúa con la temperatura programada.

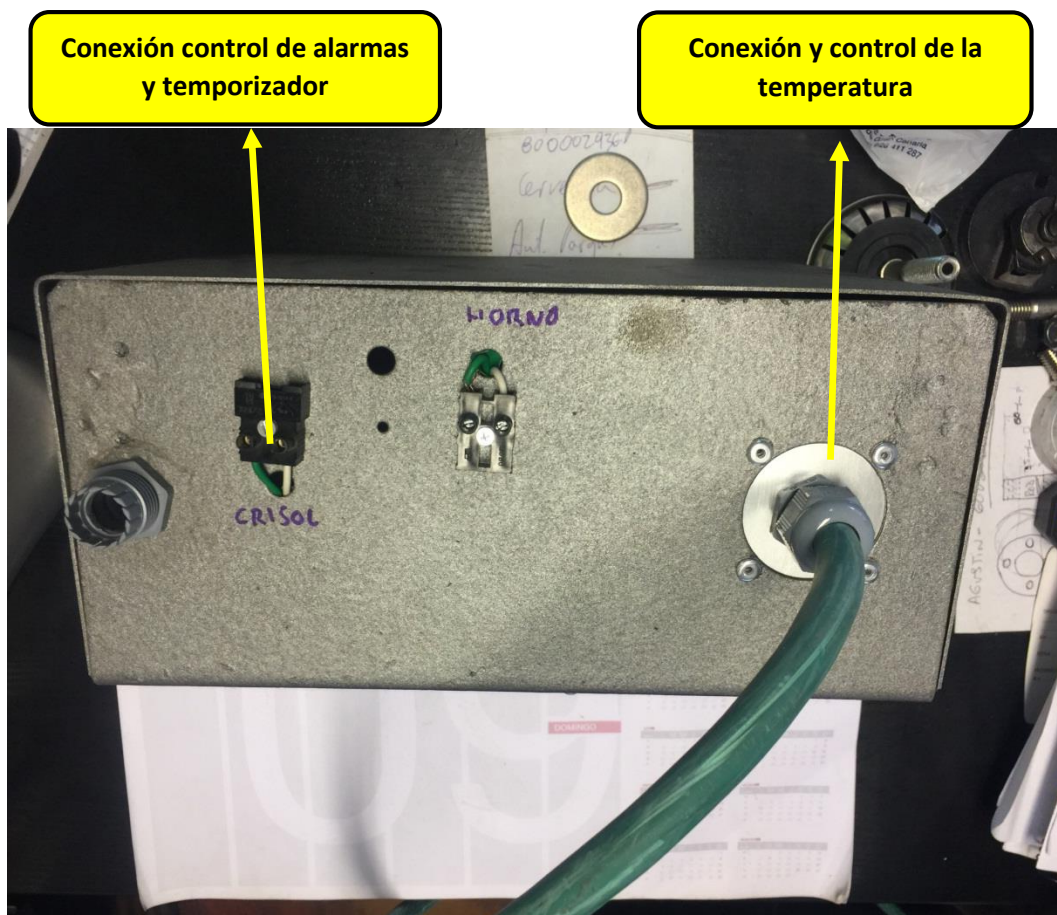


Ilustración n° 51. Control horno Emison

Fuente: Trabajo de campo

Esta temperatura se puede programar de los 0 a 1200 ° C, variando la subida entre el 10 y 100 % de la máxima. El cuadro muestra en todo momento la temperatura del horno.

También dispone de puestas en marcha y paro programables, puede mantener el horno en marcha a baja temperatura manteniendo las sales fundidas para así ahorra el costo energético.

Para el caso de rotura del crisol dispone de una alarma de aviso.

5.8 VENTAJAS DEL HORNO EMISON

¿Por qué la empresa ha decidido sustituir el horno Antigo por el Horno Emison?

La sustitución del horno Antigo sumaba muchos inconvenientes a la hora de beneficiar a la empresa en su economía, entre ellos podemos destacar el tiempo que necesitaba el horno antiguo en su precalentamiento y el gasto de fuel-oil en cada baño de cementación.

Otro motivo principal es el tiempo necesario que tiene el personal de taller para acondicionar la instalación y supervisar el control de la temperatura, sin embargo, ahora con el nuevo horno Emison con los controladores de temperatura y temporizador el personal puede invertir su tiempo en otra tarea fuera de taller o en otra reparación.

También por último la empresa redujo su emisión de contaminantes al medio ambiente y en el propio taller, ya que el horno eléctrico no emite humos tóxicos.

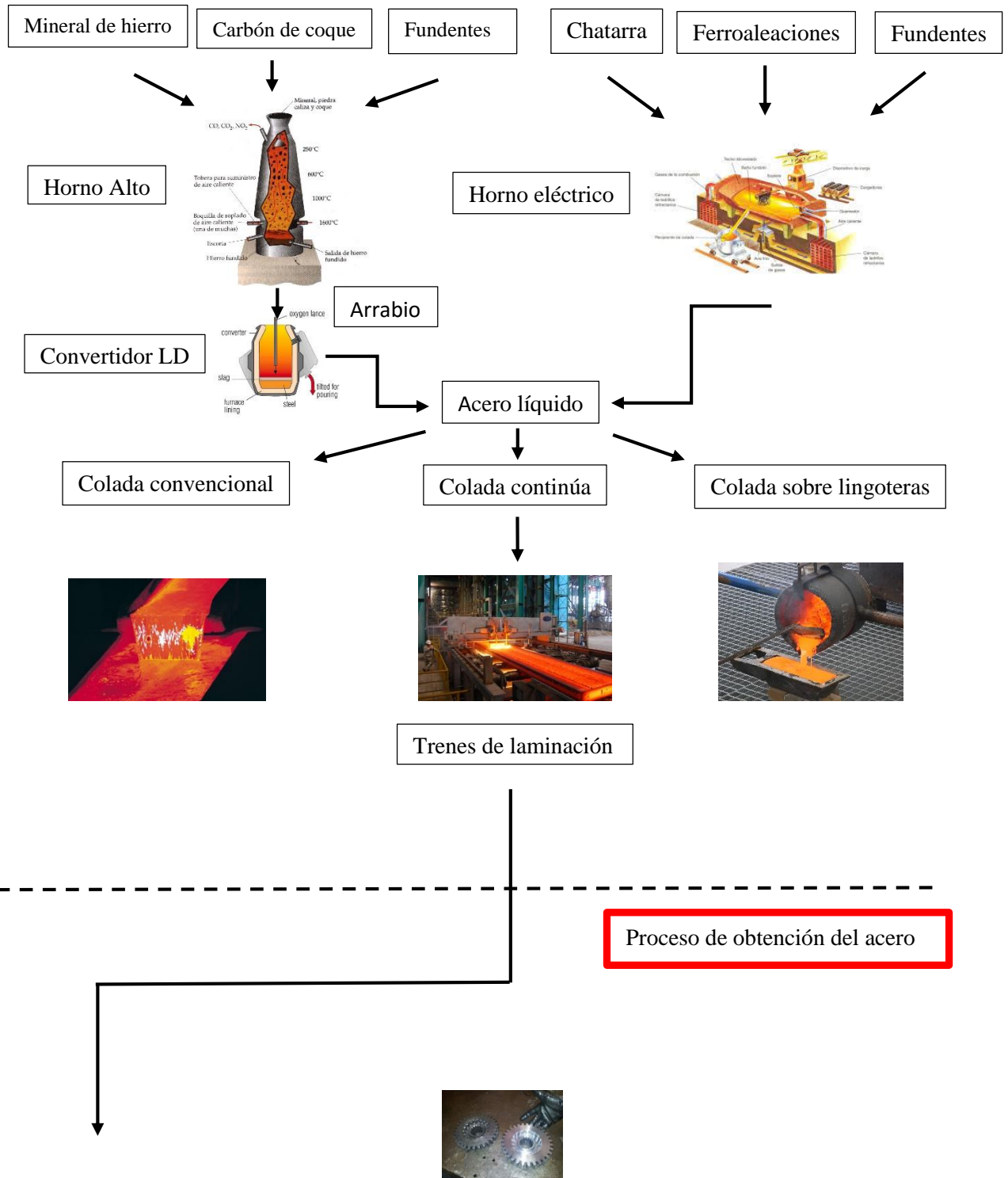
5.8.1 TABLA COMPARACIÓN EN RENDIMIENTO Y ECONOMÍA

HORNO ANTIGUO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	<p>1.- Cementar piezas de mayor tamaño</p>	<p>1.- Contaminación</p> <p>2- Larga duración del precalentamiento</p> <p>3.- gasto combustible fuel-oil</p> <p>4.- Control de temperatura manual cada 15 minutos</p>

HORNO EMISON	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	<p>1.- Ahorro energético</p> <p>2.- Menor contaminación</p> <p>3.- Mayor rendimiento</p> <p>4.- Precalentamiento rápido</p> <p>5.- Funcionamiento eléctrico</p> <p>6.- Menor dimensiones</p> <p>7.- Control automático de las operaciones</p>	<p>1.- Cementar piezas de mayor tamaño</p>

5.9 DIAGRAMA DE BLOQUE EXPLICATIVO. RESUMEN

A continuación vamos a observar los 3 procesos para la obtención de una réplica mecánica tras un tratamiento termoquímico y térmico.



Pieza a fabricar y tratar térmicamente y superficialmente



Material acero



Corte con la sierra



Torneado de la pieza



Fresado

Proceso de mecanizado



Tratamiento termoquímico



Temple



Pulido



Réplica rueda dentada

Proceso de tratamiento térmico

VI.CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

En este capítulo de este trabajo fin de grado hemos finalizado el contenido del mismo, en el cual describiremos las conclusiones que hemos obtenido en la elaboración del mismo.

- ✓ Hemos descrito y aprendido los conceptos de tratamientos térmicos aplicados a materiales metálicos obtenidos en la fabricación mecánica, tal es el caso del cementado y el temple. De tal manera que se ha realizado una descriptiva de todas las partes y circuitos necesarios para el funcionamiento de un horno ubicado en un taller de reparación mecánica para un tratamiento térmico de las piezas mecánicas.
- ✓ Hemos conocido cuales son los elementos necesarios para realizar un cementado de una pieza metálica obtenida por mecanizado, por arranque de viruta, obteniendo réplicas en el caso particular de este TFG. Como son y lo ponemos a modo de ejemplo el uso de sales en el horno para favorecer el cementado de una pieza metálica. Además de realizar un temple a posteriori del cementado con aceite.
- ✓ Hemos podido describir el cambio de un horno antiguo con varios años de vida útil por un horno nuevo. De tal manera que se ha tenido que adaptar la instalación para ubicar el horno nuevo para tratamiento térmico. De tal manera que para la empresa ha sido rentable la sustitución del horno por mejores condiciones de seguridad laboral, desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales y por un tema económico ya que el horno nuevo dará mejores prestaciones que el horno antiguo debido a mejor disposición espacial del mismo

(menos espacio), mayor rapidez y fiabilidad de los tratamientos térmicos con el horno nuevo. Y sobre todo por una cuestión económica.

- ✓ Hemos identificado en el taller (marco referencial de este trabajo de fin de grado) los elementos necesarios y accesorios para el funcionamiento de un horno convencional por suministro de combustible como Fuel-oil. Línea de aire desde una turbina. Resistencias de tipo eléctrico. Y la comparativa con el horno nuevo, de tal manera que queremos destacar que el horno nuevo no tiene líneas de combustible sino suministro eléctrico. Ya nos podemos dar cuenta del ahorro económico para la empresa.

VII. BIBLIOGRAFÍA

VII. BIBLIOGRAFÍA

La realización de este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la información recopilada durante mi periodo de prácticas, además del material fotográfico obtenido a bordo.

Hay que destacar que una parte del trabajo ha sido cumplimentada mediante referencias bibliográficas, tanto de páginas web como documentos informativos, dichas referencias bibliográficas son:

[1] <http://www.insertec.biz/es/hornos-industriales/hornos-tratamiento-termico/tratamientos-convencionales/horno-de-camara-tmcg>

[2] http://infmk2013ajesusmiguelperalta156.blogspot.com.es/2015_08_01_archive.html

[3] <http://www.ecured.cu/Recocido>

[4-19] http://hornosindustriales.cl/info_site/Tratamientos%20Termicos%20-%20hornos%20industriales%20ltda.pdf

[20] <http://www.arqhys.com/contenidos/hierro-tratamiento.html>

[21-45] http://hornosindustriales.cl/info_site/Tratamientos%20Termicos%20-%20hornos%20industriales%20ltda.pdf

También hemos completado este trabajo con información sacada en diferentes libros como son:

- 1.- Tratamiento térmico. Editorial CEAC. Nino Zinna.
- 2.- Endurecimiento. Revenido y tratamiento térmico. Editorial GG/México. Tubal Cain.
- 3.- Técnica y práctica de soldadura. Giachino - Weekes. Editorial Reverte.

