

# OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN CONO DE SEGMENTACIÓN

PABLO CAMPAÑA ALONSO







---

Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE  
FABRICACIÓN DE UN CONO DE  
SEGMENTACIÓN**

Autor:

Campaña Alonso, Pablo

Tutor: Del Val, Lara

Valladolid, Septiembre 2021



## RESUMEN:

El presente trabajo aborda la propuesta de la optimización de un proceso de fabricación, en este caso de un cono de segmentación. Esta optimización se enfoca en torno a la actuación de la pieza como un elemento dentro de la máquina encargada de introducir los segmentos en los pistones de los motores.

Basándonos en la fabricación de un cono como se venía haciendo hasta el momento, se pretende mejorar tanto el coste como la funcionalidad de la pieza, ya sea como aguante a fallos críticos como puede ser la rotura de la misma, como de la vida útil que tendrá dentro de la máquina.

## PALABRAS CLAVE:

Proceso, cono, optimización, acero, fabricación.

## ABSTRACT:

The present work approaches the proposal of optimizing a manufacturing process, in this case our manufacturing will be a segmentation cone.

This optimization focuses on the performance of the part as an element within the machine in charge of introducing the rings in the pistons of the engines.

Based on the manufacture of a cone as has been done up to now, the aim is to improve both the cost and the functionality of the part, either as resistance to critical failures or breakage of the same, as well as the useful life that will have inside the machine.

## KEYWORDS:

Process, cone, optimization, steel, manufacturing.



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN: .....	1
2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....	1
3. DESCRIPCIÓN Y UTILIDAD DE LA PIEZA: .....	2
4. ANÁLISIS PREVIO DEL ESTADO DE LA TÉCNICA: .....	3
5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN: .....	5
6. MATERIAL UTILIZADO Y PROPIEDADES .....	6
6.1. ACERO F-125 + QT .....	6
6.2. ACERO F-521.....	8
7. DESCRIPCIÓN MAQUINAS HERRAMIENTAS .....	9
7.1. TORNO CNC: .....	11
7.2. CENTRO DE MECANIZADO:.....	14
7.3. ROSCADORA: .....	17
7.4. RECTIFICADORAS: .....	19
7.4.1. RECTIFICADORA PLANA: .....	19
7.4.2. RECTIFICADORA CILÍNDRICA:.....	21
8. TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y RECUBRIMIENTOS.....	23
8.1. TEMPLE DEL ACERO .....	23
8.1.1 Tipos de temple: .....	25
8.2. NITRURADO .....	26
8.3. CROMADO .....	28
8.4. RECUBRIMIENTO DE BASE TiAlN o AlTiN.....	30
9. PROCESO DE FABRICACION PRIMARIO .....	311
9.1. PROCESO DE TORNEADO.....	311
9.1.1. AGARRE 1:.....	322
9.1.2. AGARRE 2:.....	322
9.2. PROCESO DE FRESADO .....	333
9.3. REBARBADO Y ROSCADO.....	344
9.4. TEMPLE Y REVENIDO .....	355
9.5. RECTIFICADO .....	355
9.6. CROMADO .....	377
9.7. SEGUNDO RECTIFICADO .....	377
9.8. RESUMEN PROCESO DE FABRICACIÓN.....	377
10. IMPLEMENTACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN .....	399
10.1. CAMBIO DE MATERIAL .....	399

10.2. CAMBIO PROCESOS DE MECANIZADO .....	4040
10.3. CAMBIO TRATAMIENTO TERMICO Y SUPERFICIAL.....	411
11. ESTUDIO ECONÓMICO .....	422
11.1. TIEMPOS Y COSTES FABRICACIÓN PRIMARIA.....	422
11.2. TIEMPOS Y COSTES OPTIMIZACIÓN.....	444
12. COMPROBACIÓN DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS INICIALES .....	466
13. CONCLUSIONES FINALES .....	488
14. LÍNEAS FUTURAS .....	499
15. BIBLIOGRAFÍA .....	50
16. ANEXOS .....	51



## 1. INTRODUCCIÓN:

El objetivo primordial de la ingeniería moderna está enfocado hacia la reducción de costos en los procesos industriales. Se observan dos tendencias principales encaminadas hacia este fin: La tendencia hacia la automatización, que tiene por objeto la reducción de los costos de mano de obra directa en la producción.

Y la tendencia hacia el diseño perfecto, que busca el aumento de la vida útil tanto de la pieza a fabricar como del equipo que empleamos, con la consiguiente reducción en costos de mantenimiento y reposición, entre otras formas mediante el empleo de materiales con mayor resistencia al desgaste.

La optimización de procesos de producción es clave si queremos cumplir con los plazos, pero sobre todo con el presupuesto de un proyecto. Existen infinitas técnicas de optimización de procesos según la finalidad requerida por cada empresa, sus herramientas y según los procedimientos que le permiten ajustarse a sus recursos.

El autor James Harrington publica en su libro Business Process Improvement [1] (Perfeccionando los Procesos Empresariales) que un proceso es toda actividad que recibe una entrada, agregando valor a la misma, y genera una salida para un cliente interno o externo. Para ello, durante este proceso se necesitan unos recursos, con el propósito de generar unos determinados resultados. Para ello, es importante añadir ese valor a la actividad. Aquí es donde entra la optimización de procesos, la manera en la que los recursos que invertimos son los más eficientes posibles.

En el mundo de la automoción, los componentes y piezas de fabricación deben estar sujetos a estudios constantes con sus correspondientes modificaciones, con el fin de conseguir una mejora en rendimiento y eficiencia general.

## 2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El siguiente trabajo tiene como fin la optimización del proceso de fabricación de un cono de segmentación (ilustración 1) de los pistones de motores de automoción cambiando parámetros en el proceso de fabricación, como el material utilizado o el tratamiento y recubrimiento utilizados.

Para lograr este objetivo se observó el comportamiento del cono con una fabricación primaria escogiendo procesos, materiales y tratamientos acordados con el cliente.

Una vez conocido el comportamiento de nuestra pieza con estos parámetros se estudia el cambio de los mismos para mejorar la calidad de funcionamiento de la pieza, su vida útil y todo esto consiguiendo una reducción de los costes de la fabricación.

### 3. DESCRIPCIÓN Y UTILIDAD DE LA PIEZA:

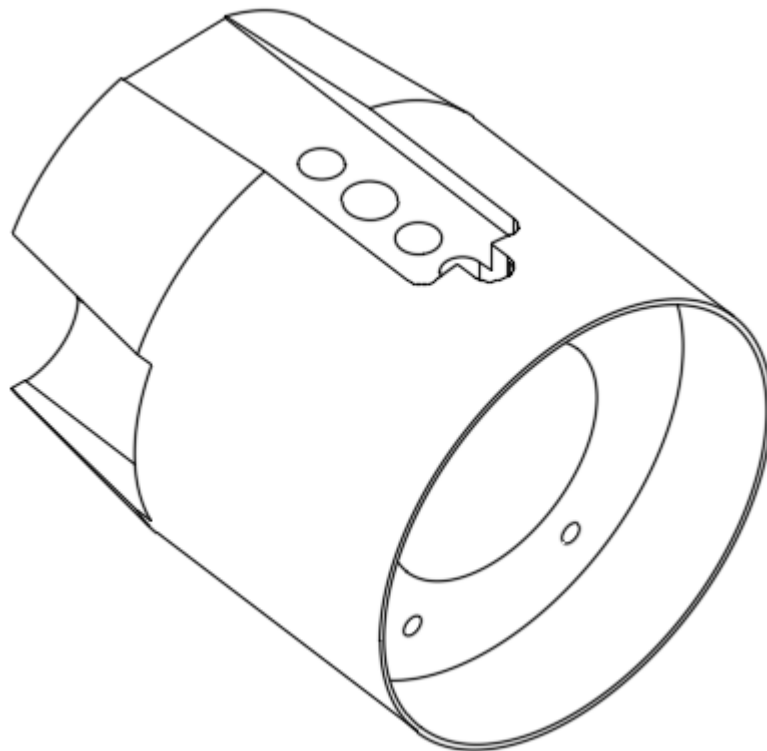
Los modelos de piezas que se van a utilizar en este trabajo forman parte de máquinas de segmentación de pistones. Estas máquinas pueden ser manuales o automáticas con respecto a la forma de accionamiento.

Se va a estudiar un tipo de cono de segmentación, cuyas piezas llevan una parte cónica y otra cilíndrica. La parte cónica es utilizada para expandir los segmentos gracias a unas piezas externas laterales que van apoyadas en sus respectivos huecos. La parte cilíndrica sirve para posicionar la pieza.

En el interior de la parte cilíndrica hay un alojamiento donde irá introducido el pistón a segmentar, esta parte variará su altura dependiendo del tipo de cono, ya que cada uno sirve para introducir los diferentes segmentos de cada pistón.

Las geometrías de los conos se pueden apreciar en los planos adjuntos en el anexo.

El proceso es sencillo, los conos están introducidos en un tubo hueco donde se depositan los segmentos que se quieren agarrar a los pistones. Una vez introducido el pistón en la parte cilíndrica (dependiendo del segmento se utilizarán unos conos u otros) el segmento caerá en su respectivo alojamiento. Una vez introducidos los diferentes segmentos en sus alojamientos, el pistón podrá proseguir al siguiente proceso dentro de la fabricación del conjunto global, en este caso, el motor.



**ILUSTRACIÓN 1. REPRESENTACIÓN DEL CONO A ESTUDIAR**

## 4. ANÁLISIS PREVIO DEL ESTADO DE LA TÉCNICA:

Vamos a empezar explicando por qué surge la necesidad de realizar modificaciones en nuestras piezas para conseguir una mejora.

Los conos de segmentación, al igual que muchos otros tipos de piezas utilizadas en maquinaria industrial, y en este caso, en automoción, son continuamente estudiados en su fabricación para poder evolucionar con el objetivo de mejorar la productividad, la durabilidad y el coste en la fabricación.

Gracias a las prácticas de empresa de la Universidad surgió la oportunidad de desarrollar el estudio que estamos tratando. La empresa donde se ha desarrollado esta idea se dedica a la fabricación de todo tipo de piezas bajo plano, desde pieza única a grandes series y en una amplia variedad de materiales (todo tipo de aceros, aleaciones de aluminio, cobre, plásticos, termoplásticos, así como materiales especiales. Desarrollo y fabricación de proyectos, desde la ingeniería inversa de cualquier pieza o conjunto, hasta el desarrollo completo llave en mano y mantenimiento industrial con reparación de maquinaria en general.

En esta empresa [2] se nos permite aportar valor añadido a los clientes, orientándoles en la composición, la forma y la finalidad de la pieza con el único fin de mejorar el rendimiento y durabilidad de la misma. Se realiza un control exhaustivo de cada proceso, cumpliendo todas las especificaciones del cliente para llegar al cumplimiento de plazo y los estándares de fabricación solicitados.

La experiencia de ingeniería permite asesorar a los clientes en la mejora de los repuestos y utillajes con el fin de mejorar la optimización de tiempos, tanto en reparaciones como en procesos de línea, consiguiendo la reducción de costes y maximizando sus beneficios.

El cliente, una empresa referente de nuestra comunidad autónoma en el ámbito del motor y de la automoción, se percató de que este tipo de piezas sufrían desgastes, roturas y su vida útil estaba muy por debajo de las especificaciones esperadas. Estas piezas que como bien hemos dicho, se emplean para posicionar los segmentos correctamente en los pistones del motor, deberían tener un correcto funcionamiento a lo largo de un tiempo prolongado sin sufrir roturas o desgastes que se resumen en un mal funcionamiento dentro de la máquina de segmentación.

Es en este punto donde entramos nosotros, para asesorar al cliente y mejorar los problemas planteados.

En nuestro caso la geometría de la pieza es un tema difícil de estudiar ya que los pistones de los motores en cuestión, son de geometrías fijas, siempre y cuando no se desarrollen nuevos modelos, por lo tanto es difícil actuar en este campo, o requeriría un estudio mucho más extenso y complicado.

Asumiendo esto, hemos de buscar la manera de mejorar y resolver nuestro estudio desde otras perspectivas.

Mediante la evolución industrial en el campo de materiales, tratamientos térmicos, máquinas, procesos, herramientas...etc, continuamente se consiguen mejoras de todo tipo que hace que esta industria, la de automoción, asuma cambios positivos constantemente.

Por ello se consideró que este tipo de piezas en concreto podrían evolucionar hacia una mayor durabilidad y mejor funcionamiento, y por ello, nos adentramos en el estudio de cómo llegar a estas mejoras consiguiendo un ahorro y un mayor tiempo en el que poder utilizar las piezas a pleno rendimiento evitando modificar los aspectos más relevantes de la mismas como su geometría comentada antes.

La durabilidad de este tipo de piezas no es un parámetro fijo ya que depende de muchos factores siendo el más relevante, el desgaste. Este desgaste es debido al gran número de ciclos que soportan con un rozamiento constante.

El objetivo por tanto, es llegar a reducir el desgaste o conseguir resistencia al mismo para alargar la vida útil, ya que como bien hemos dicho antes, se consideró que este factor se podía mejorar.

A continuación exponemos una serie de propuestas que posteriormente demostraremos que gracias a ellas, los objetivos expuestos se consiguen con un alto grado de satisfacción.

## 5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN:

Una vez determinado el problema que se nos plantea, necesitamos llevar a cabo los métodos necesarios para conseguir la solución del mismo. Para ello primeramente nos informamos de qué cambios podemos realizar con los medios de los que disponemos.

El primer cambio que nos viene a la cabeza, obviamente, es variar el tipo de material con el que se realizan las piezas.

En la actualidad, existe una enorme cantidad de tipos de aceros, cada uno con unas características concretas. Como describiremos en el proceso de fabricación, modificaremos el acero F-521 por un acero F-125 y expondremos los motivos del porqué de este cambio y su finalidad para llegar a nuestros objetivos.

Proseguiremos con un cambio en el modo de fabricar la pieza, modificando el proceso de producción, conseguiremos realizar el cono de una forma que supondrá un ahorro en el coste total lo cual nos dará la posibilidad de tener la misma pieza final con un funcionamiento eficiente pero pudiendo obtener más beneficio.

Sin duda el cambio más significativo, a nuestro entender, es la variación de los tratamientos térmicos y superficiales aplicados, ya que hará que la pieza, con el mismo funcionamiento o mejor, aguante mucho más. Con esto conseguimos reducir el número de piezas que se han de fabricar al año como recambios, por rotura o desgaste en el funcionamiento de la máquina.

A lo largo de este trabajo, expondremos todas estas variaciones para llegar a demostrar que, ciertamente se consiguen nuestros objetivos propuestos.

A continuación realizaremos un análisis descriptivo de los factores influyentes en nuestra optimización. Esto es necesario e importante ya que para demostrar nuestra optimización debemos asentar las bases de nuestro problema y saber en qué ámbitos tanto de materiales como de procesos podemos trabajar según nuestros recursos.

Por tanto, comenzaremos explicando qué tipos de materiales emplearemos con sus propiedades, qué tipos de tratamientos térmicos y superficiales se aplicarán a nuestras piezas y qué variaciones realizaremos en el proceso de producción.

Todo ello para conseguir nuestros objetivos finales.

## 6. MATERIAL UTILIZADO Y PROPIEDADES

Los aceros son metales formados por aleaciones de hierro-carbono (Fe-C) que además pueden contener ciertos elementos de aleación para mejorar algunas propiedades físicas, químicas o mecánicas.

La norma española UNE-36010, actualmente sustituida por la norma UNE-EN 10020:2001, fue una normalización o clasificación de los aceros para que fuera posible conocer las propiedades de los mismos. Esta norma indica la cantidad mínima o máxima de cada componente y las propiedades mecánicas que debe tener el acero resultante.

En España la norma UNE 36001 clasifica las aleaciones férricas según las denominadas series F. A los aceros les corresponden las series F100 a F700, a las fundiciones la F800 y a otras aleaciones férricas la F900 [3].

Los materiales utilizados en las piezas de este trabajo serán dos tipos de aceros, uno será el acero F-125 y otro el F-521.

### 6.1. ACERO F-125 + QT

El acero F-125 [4] es un acero al cromo-molibdeno dentro del grupo de los aceros F-120 y F-130, aceros aleados de gran resistencia. El acero F-125 pertenece, en función del porcentaje de carbono en masa, a los aceros medios en contenido en carbono, pues su contenido es del 0,38 al 0,45% de carbono. Los aceros medios en contenido en carbono pueden ser tratados térmicamente mediante austenización, temple y revenido para mejorar sus propiedades mecánicas. La microestructura es, habitualmente, martensita revenida. Estos aceros son más resistentes que los aceros bajos en carbono, pero menos dúctiles y maleables.

Este acero es de aplicación general en aquellas piezas que requieran una resistencia de lo que representa un 60-70 % más que el acero F-114. Si se requiere una resistencia superior puede ser templado en aceite para conseguir durezas entre 45 y 58 HRc.

Puede ser templado superficialmente por inducción, a la llama, láser u otras tecnologías hasta alcanzar durezas de 54-60 HRc.

La nitruración es un proceso viable para este material pudiéndose obtener profundidades de capa entre 0,1 y 0,8 mm con durezas superficiales de 600 a 750 HV (equivalente a 55-62 HRc).

Se emplea para la fabricación de elementos de máquinas y motores que precisen buena resistencia y tenacidad. Sus aplicaciones habituales son bastidores en general de máquinas, matrices y moldes, automoción, engranajes, bielas en obras públicas y en general construcciones mecánicas muy solicitadas.

La soldadura es posible con electrodo básico o hilo/CO<sub>2</sub>, es recomendable efectuar un precalentamiento de la pieza.

A continuación veremos la tablas referidas al acero que nos ocupa, la primera (Tabla 1) muestra las diferentes designaciones y equivalencias que posee nuestro acero que, dependiendo del país, tendrá una norma y nombre distinto.

La segunda tabla (Tabla 2), como bien indica su nombre, contendrá la composición química en peso del acero.

**Tabla de equivalencias del acero F-125:**

Designación	Otras designaciones									
	EN 10083-3:2008		Alemania DIN 17200		Reino Unido BS 970	España UNE 36012		Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	AISI SAE ASTM
UNE-EN ISO 683-2	Simbólica	Numérica	Simbólica	Numérica		Simbólica	Numérica			
42CrMo4	42Cr Mo4	1.7225	42CrMo4	1.7225	(708M40)	40CrMo4	F-1252	42 CD 4	42Cr Mo4	4140

**TABLA 1. EQUIVALENCIAS ACERO F-125**

**Composición química:**

Contenido (medio en % en peso)							
C	Si	Mn	P (máx.)	S (máx.)	Cr	Mo	Cu (máx.)
0,38 - 0,45	0,10 - 0,40	0,60 - 0,90	0,025	0,035	0,90 - 1,20	0,15 - 0,30	0,40

**TABLA 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA ACERO F-125**

Como podemos ver en el nombre de este acero se nos añaden las letras QT, esto significa que cuando se nos suministre este acero lo recibiremos con un tratamiento de bonificado, que básicamente consiste en un temple y revenido del bruto.

Esto nos ayudará a subir la dureza en el núcleo del bruto para conseguir una dureza suficiente para soportar los esfuerzos que después soportará la pieza.

## 6.2. ACERO F-521

Acero UNE F-521 ledeburítico para trabajar en frío [4]. Acepta temple secundario, con diversas aplicaciones. De poca distorsión, muy resistente al desgaste y buena tenacidad. De alta resistencia al revenido, incluso templado a altas temperaturas, por lo tanto, también se puede nitrurar adicionalmente como acero para trabajo en frío sin disminuir su temple.

Este tipo de acero pertenece al grupo de aceros aleados para herramientas. Es un acero muy duro, de mínima variación dimensional, que más concretamente forma parte del subconjunto de los aceros indeformables al 12% de Cromo, el cuál templado llega hasta los 62 HRC.

Este tipo de acero se emplea generalmente para trabajo en frío por su buena templabilidad, tenacidad y resistencia al desgaste.

Alguna de las diversas aplicaciones en las que se utiliza este tipo de acero es para estampación, embutición y matricería, así como para laminación en frío de perfiles, roscas o cilindros.

También admite procesos de recubrimiento de PVD (Deposición física en la Fase de Vapor o Physical Vapor Deposition por sus siglas en inglés) de forma óptima como otro tipo de tratamientos superficiales como nitruración gaseosa o de plasma.

A continuación mostraremos al igual, que el acero explicado anteriormente, las tablas de equivalencias según norma (Tabla 3) y de composición química (Tabla 4).

### Tabla de equivalencias del acero F-521:

Designación						
UNE	DIN	WNR	AFNOR	UNI	AISI	INTA
F-5211	X155CrVMo12 1	1.2379	Z160CDV12	UX155CrVMo121KU	D-2	U-12 MEJORADO

TABLA 3. EQUIVALENCIAS ACERO F-521

### Composición química:

Contenido (medio en % en peso)							
C	Si	Mn	P (máx.)	S (máx.)	Cr	Mo	Cu (máx.)
0,38 - 0,45	0,10 - 0,40	0,60 - 0,90	0,025	0,035	0,90 - 1,20	0,15 - 0,30	0,40

TABLA 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA ACERO F-521



## 7. DESCRIPCIÓN MAQUINAS HERRAMIENTAS

En este siguiente apartado vamos a desarrollar el tipo de máquinas-herramientas que se van a utilizar en el proceso de fabricación de nuestros conos de segmentación. Se utilizarán diversos tipos de máquinas tales como: torno de control numérico, centro de mecanizado, rectificadora plana, rectificadora tangencial, y roscadora.

Primero hemos de hablar del nacimiento de las herramientas [5] las cuales han acompañado al hombre en toda su evolución desde los inicios. Las herramientas han servido al hombre para desempeñar las funciones que no era capaz de realizar con sus propias manos y por tanto era necesario el uso de objetos o dispositivos para ayudarse.

Tecnológicamente, se diría que las primeras máquinas herramientas fueron tornos y taladros muy sencillos cuando el hombre dejó libre sus manos. Para poder llegar al desarrollo tecnológico como el de hoy en día, y seguir evolucionando, la máquina herramienta es un factor muy relevante en este proceso, hasta el punto que para poder continuar con este desarrollo, es necesario seguir innovando y evolucionando en materia de máquinas-herramientas.

Desde los inicios del desarrollo industrial ha habido la necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y calidad suficientes sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación, la necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o muy difíciles de fabricar, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano o la necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos.

Inicialmente, el factor predominante que condicionó todo automatismo fue el aumento de la productividad. Posteriormente, debido a las nuevas necesidades de la industria aparecieron otros factores no menos importantes como la precisión, la rapidez y la flexibilidad.

El objetivo de las máquinas-herramientas es transformar físicamente un cuerpo tanto geométricamente (forma) como dimensionalmente (medidas) para llegar al final deseado. Debemos hablar entonces del CNC (control numérico por computadora) ya que en la actualidad y en nuestro proceso de fabricación, muchas máquinas utilizan este sistema.

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, un ordenador controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

El CNC tuvo su origen a principios de los años cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora. En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina.

Hoy día las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, con lo que el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria: tornos, rectificadoras, electroerosionadoras, etc.

El control numérico por computadora (CNC) y el desarrollo de los ordenadores son los causantes de los enormes cambios ocasionados en la industria e ingeniería. Gracias a la combinación de la introducción del CNC en las máquinas y la evolución y creación de nuevas máquinas herramientas se ha conseguido fabricar y producir componentes de todo tipo y piezas que sostienen una precisión que antes eran inimaginables.

Si el programa CNC ha sido apropiadamente preparado, y la máquina ha sido puesta a punto correctamente, utilizando bien la herramienta de corte adecuada se puede producir la pieza con una gran cantidad de veces manteniendo la precisión.

Otra de las ventajas del CNC es que gracias a la correcta programación de las máquinas, éstas pueden, sin necesidad de haber un operario controlando en todo momento, realizar las operaciones marcadas en su programa y por tanto el operario puede aprovechar el tiempo de esos programas para otras funciones y así ser más productivos.

## 7.1. TORNO CNC:

El torno, máquina más antigua, versátil y de mayor uso a nivel mundial, es una máquina herramienta que hace girar la pieza y, por medio de una herramienta, busca dar a la pieza una forma cilíndrica.

Los tornos CNC o de control numérico son máquinas herramientas que se utilizan para mecanizar piezas de revolución mediante un software gracias a un ordenador que va incorporado en él. Este ordenador utiliza datos alfa-numéricos siguiendo los ejes cartesianos X, Y. Se utiliza para la producción en cantidades y de precisión ya que el ordenador que lleva incorporado es el encargado de la ejecución de la pieza. Su rentabilidad, obviamente, depende del tipo de pieza a mecanizar y del número de piezas que se realicen en la serie [5].

En nuestros días, el torno sigue siendo la máquina herramienta más usada y más vendida, se aplica a un sin fin de sectores e industrias. Su modernización incorpora variantes en sus controles para una mayor precisión en su funcionamiento, y dispositivos para una mayor automatización. Su actualización permite que esta máquina herramienta siga respondiendo a los requisitos y necesidades de la industria moderna.

A continuación se muestra la ficha técnica real del torno que se ha empleado para realizar el mecanizado de nuestra pieza de estudio.

<b>FICHA DE MÁQUINA [6]</b>	
<b>DESIGNACIÓN:</b> Torno C.N.C	<b>IDENTIFICACIÓN:</b> T-5
<b>MARCA:</b> CMZ	<b>MODELO:</b> TBI-480
<b>Nº serie:</b> 98343	
<p><b>DATOS GENERALES</b></p> <p>El diámetro de volteo es de 480 mm.  El diámetro máximo torneable es de 302 mm.  La distancia entre puntos es de 580 mm.  El recorrido del eje X es de 221 mm.  El recorrido del eje Z es de 590 mm.  Avances rápidos X tiene una velocidad de 18m/min.  Avances rápidos Z tiene una velocidad 24 m/min.  Tiene un control FANUC 16-TF.</p> <p><b>Cabezal</b></p> <p>La velocidad máxima (FANUC) es de 3000 r.p.m.  La velocidad máxima (SIEMENS) es de 3500 r.p.m.  El diámetro exterior de los rodamientos es de 180 mm.  El diámetro interior de los rodamientos es de 120 mm.  La nariz es "ASA 6" "A2"  El diámetro interior del cabezal es de 77 mm.  El paso de barra es de 67 mm.  El plato tiene un diámetro de 250 mm.  El paso de barra de plato es de 66 mm  La potencia del cabezal (FANUC 30 min) es de 18.5Kw/383-3000.  El par de giro (FANUC 30 min) es de 458 Nm.  La potencia del cabezal (SIEMENS S6-40%) es de 25Kw/437-3500.  El par de giro (SIEMENS S6-40%) es de 546 Nm.</p> <p><b>Contrapunto</b></p> <p>El diámetro de la caña es 90 mm.  Cono Morse CM5.  El recorrido de la caña es 130 mm.  El recorrido del cuerpo es 500 mm.  La fuerza a 30 kg/cm<sup>2</sup> es de 560 kg.</p> <p><b>Torreta</b></p> <p>Nº posiciones: 12  Sección de herramientas: 25x25/ Diam 50</p> <p><b>Herramientas motorizadas</b></p> <p>Número de posiciones motorizadas: 12  La velocidad de giro es de 4000 r.p.m.  La potencia (FANUC 30 min) es de 3.7Kw/1500-4000.  El par de giro (FANUC 30 min) es de 23.5 Nm.  La potencia del cabezal (SIEMENS S6-40%) es de 6kw..  El par de giro (SIEMENS S6-40%) es de 13 Nm.</p>	

**Otras características**

Dispone de un depósito de taladrina de 85l.

El depósito de aceite hidráulico 50 l.

El depósito de aceite de lubricación tiene una capacidad de 2.7 l.

La potencia instalada es de 40 KVA.

La tensión de funcionamiento es de 220/380/415 V  $\pm$ 5%.

La máquina pesa 5000 kg.

Las dimensiones son 2675x1595x1781 mm.

**AVERÍAS**

## 7.2. CENTRO DE MECANIZADO:

Se trata de máquinas que pueden ejecutar muy eficientemente las operaciones de taladrado, fresado, mandrilado, aplanado y perfilado de precisión en un mismo equipo con increíble calidad y una repetitividad acorde a las necesidades.

El centro de mecanizado [5] es el resultado de la evolución de la “máquina herramienta de fresar” o fresadora debido a la necesidad de aumentar la productividad, la flexibilidad y la precisión del trabajo y simultáneamente se han mejorado las condiciones de seguridad de los trabajadores.

Un centro de mecanizado es ante todo una máquina herramienta de conformado de piezas por arranque de material (esto es, una máquina fija, alimentada por una fuente de energía exterior, capaz de modificar la forma del material o pieza a mecanizar mediante el arranque de pequeñas porciones del mismo -virutas-, de forma continua o discontinua).

Las características esenciales de un centro de mecanizado, que nos sirven para diferenciarlo de otro tipo de máquinas, son las siguientes:

Cuenta con un control numérico (CNC). Puede realizar otras operaciones de mecanizado, además del fresado. Dispone de un cambiador de herramientas automático.

La fresadora clásica se ha transformado en un centro de mecanizado como consecuencia de hacer posible que desarrolle operaciones tradicionalmente realizadas por otro tipo de máquinas, fundamentalmente el taladrado y el roscado. Este tipo de operaciones se ejecutan mediante un movimiento de corte circular, por lo que en un momento fueron integradas en una misma máquina, que ahora conocemos con el nombre de centro de mecanizado.

Muchos centros de mecanizado utilizados en las industrias están equipados para el cambio automático controlado numéricamente de las herramientas de corte, lo que es más rápido y seguro que el cambio manual de las mismas.

Los sistemas de cambio automáticos de herramienta responden a necesidades y soluciones diferentes, asegurando la posibilidad de realizar un cambio de herramienta en el transcurso del trabajo sobre la pieza, sin intervención alguna por parte de un operario.

Seguidamente mostramos la ficha técnica del centro de mecanizado empleado en este trabajo.

<b>FICHA DE MÁQUINA [7]</b>	
<b>DESIGNACIÓN:</b> C. M. MAZAK	<b>IDENTIFICACIÓN:</b> CM-3
<b>MARCA:</b> MAZAK	<b>MODELO:</b> VCS 530 C
<b>Nº serie:</b> 002678	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<p><b>DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA [3]:</b></p> <p>El VERTICAL CENTER SMART 530C es un centro de mecanizado vertical de clase mundial que proporciona valor inigualable para una variedad de aplicaciones. La línea de productos VCS combina tecnología avanzada, productividad y valor para una amplia variedad de aplicaciones de mecanizado. Los cojinetes de husillo cerámico sellados con grasa incrementan la rigidez, reducen el calor y ayudan a reducir el mantenimiento.</p> <p>Esta serie ofrece control SMART de nivel de entrada de Mazak, con interfaz amigable con el usuario que brinda la tecnología más actualizada necesaria para producir piezas de trabajo de manera rápida y precisa para producir piezas de trabajo en formatos conversacional MAZATROL o EIA.</p> <p><b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Huella compacta para maximizar el valioso espacio del piso</li> <li>-Husillos cónicos 40 robustos, sellados con grasa con cojinetes cerámicos</li> <li>-Control CNC SMART simplifica el montaje de la máquina</li> <li>-Funciones de máquina inteligente mejoran el desempeño</li> <li>-Tecnología de guía de rodillos Mx en todos los ejes</li> <li>-El control ergonómico oscila para fácil observación por el operador</li> <li>-Interruptor muy práctico para sujetar con abrazadera y liberar la herramienta del husillo</li> <li>-Alta precisión y productividad para una variedad de aplicaciones de la industria</li> <li>-Fácil integración con robots articulados para automatización del proceso</li> </ul>	



**ESPECIFICACIÓN**

Capacidad	Tabla lateral derecho / izquierdo Tabla longitudinal
Eje	Cono del husillo Velocidad máxima Salida de motor (6 Calificación minutos)
Revista	Número de Herramientas
Alimente Hachas	Viajes (eje X) Viajes (eje Y) Viajes (eje Z)

<b>AVERÍAS</b>



### 7.3. ROSCADORA:

La operación de roscado consiste en el tallado de un perfil helicoidal, en general de sección triangular, sobre una superficie, en este caso, cilíndrica, cuya función es permitir la sujeción de dos elementos complementarios, en el que uno tiene el perfil exterior como en los tornillos y el otro el complementario interior como las tuercas.

El roscado es una operación que tiene la particularidad de que se suele realizar al final del proceso de fabricación de las piezas, cuando están casi acabadas. Los problemas más destacados suelen ser la falta de calidad de las roscas, su inconsistencia, e incluso el riesgo de que se rompa la herramienta y que la pieza se invalide, o que se inmovilice un tiempo para retirar el resto del macho de la pieza

A pesar del tremendo desarrollo en la industria de mecanización, de las máquinas herramientas para mejorar la productividad, en gran parte de la producción de roscas se emplean métodos convencionales que requieren la intervención manual de los operarios.

La máquina roscadora es una máquina eléctrica activada por un motor, que cumple la función de centrar y sujetar en la mordaza una pieza, para realizar el proceso de roscado de taladros. Pero en nuestra máquina roscadora se sigue necesitando la actuación del operario para realizar el proceso de roscado.

El roscado con macho es un proceso de fabricación muy sencillo, conocido y eficiente. Este método permite roscar de forma productiva y económica, especialmente roscas pequeñas, con menos tiempo de inactividad de la máquina, mayor velocidad de corte y una vida útil de la herramienta mayor.

Como antes, a continuación se muestra la ficha técnica de la roscadora empleada en el proceso de fabricación de nuestro trabajo.

**FICHA DE MÁQUINA [8]****DESIGNACIÓN:** Roscadora hidráulica**IDENTIFICACIÓN:** ROS-2**MARCA:** SYGS**MODELO:** SYGS servo electric tapping machine**Nº serie:** 3664

El motor eléctrico tiene una potencia de 4 hp.  
La presión máxima es de 120 bares.  
La capacidad mínima de roscado es M3.  
La capacidad máxima de roscado es M 24.  
Las velocidades varían desde 0 a 375 r.p.m.  
Las medidas de la mesa son 800x600 mm.  
La capacidad del depósito hidráulico es de 35 litros.  
El voltaje en los pulsadores es de 24V.  
Tiene un radio de acción de 360 grados.  
La zona de trabajo es 300-1300 mm.  
El voltaje requerido es de 380 v, 3 fases.



## 7.4. RECTIFICADORAS:

Es una máquina-herramienta donde el movimiento de corte, que es circular, corresponde a la herramienta (muela abrasiva). La pieza, que también está animada de un movimiento de rotación, posee el movimiento de avance y se desplaza siguiendo una trayectoria que le permite acabar piezas de revolución. Es una máquina-herramienta indicada para eliminar, por abrasión, pequeños espesores de material en nuestra pieza, que ha sido previamente mecanizadas en otras máquinas-herramientas y que tiene unas características de dureza, dimensiones o estado superficial, que no es posible terminar por arranque de viruta con herramientas de corte.

Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico. Para el rectificado se utilizan discos abrasivos robustos, llamados muelas. El rectificado se aplica después de que la pieza se ha sometido a otras máquinas herramientas que le han quitado las impurezas mayores, dejando solamente un pequeño excedente de material para ser eliminado por la rectificadora con precisión.

### 7.4.1. RECTIFICADORA PLANA:

En la rectificadora tangencial o plana, la superficie a rectificar es una cara plana. De esta forma se consiguen grandes calidades y muy buenas planitudes, además de precisión en las medidas. La mesa de la máquina está dotada de una base magnética para la sujeción de la pieza.

A continuación se muestra la ficha técnica de la rectificadora plana empleada en este trabajo.

<b>FICHA DE MÁQUINA [9]</b>	
<b>DESIGNACIÓN:</b> Rectificadora plana	<b>IDENTIFICACIÓN:</b> R-2
<b>MARCA:</b> HIDRO-PRECIS	<b>MODELO:</b> RSPB 1200
<b>Nº serie:</b> 375-76	
<p>El peso neto de la máquina es de 5300 kg.  La carrera de la mesa es de 1350 mm.  La superficie rectificable es de 1200x600 mm.  La altura máxima rectificable es de 575 mm.  Tiene una carrera transversal de 560 mm.  El plano útil de apoyo de la mesa es de 1200x400 mm.  Tiene 3 ranuras de fijación.  La superficie útil del plato magnético es de 110 mm.  La potencia del motor de la muela es de 10 HP 1500 r.p.m.  La potencia del motor de la bomba hidráulica es de 7.5 HP a 1500 r.p.m.  La potencia del motor del sistema de refrigeración es de 1/6 HP.  La muela tiene un diámetro de 400 mm.  La muela tiene unas dimensiones de 127x50/100 mm.  El diámetro mínimo recomendable de la muela es de 225 mm.</p>	
	
<b>AVERÍAS</b>	<b>ACCESORIOS</b>
	<p>Convertidor estático de frecuencia VLT 15.  - La potencia máxima de salida es de 14.5 kw.  - V alimentación 3 x 380/415 v  50 – 60 hz  - V alimentación 3 x 380 - 380 v  1– 50 hz ó 1 – 37  I máxima de salida es de 3 x 31 A  Carga máxima mot. Corto 15c.</p>

## 7.4.2. RECTIFICADORA CILÍNDRICA:

En la rectificadora cilíndrica, la superficie a rectificar es una superficie de revolución (como en el torno). Una rectificadora cilíndrica puede ser de exteriores, de interiores, o estar equipada para hacer ambos tipos de rectificados.

A continuación se muestra la ficha técnica de la rectificadora cilíndrica empleada en este trabajo.

<b>FICHA DE MÁQUINA [10]</b>	
<b>DESIGNACIÓN:</b> Rectificadora cilíndrica	<b>IDENTIFICACIÓN:</b> R-1
<b>MARCA:</b> JARBE	<b>MODELO:</b> RUA 2000
<b>Nº serie:</b> AR-27	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<p>La longitud máxima a rectificar es de 2000 mm. El diámetro máximo a rectificar es de 425 mm. El peso máximo entre puntos es de 1000 kg.</p> <p><b>Mesa</b> El desplazamiento angular es de 6 grados. La velocidad de traslación progresiva va de 0 a 5 mm. Parada de la mesa en los costados.</p> <p><b>Muela</b> El diámetro máximo es de 600 mm. El diámetro mínimo es de 380 mm. El espesor máximo es de 100 mm.</p> <p><b>Cabezal portañueles</b> El giro angular es de más de 90 grados. El curso rápido de acercamiento es de 40 mm. El avance intermitente por pulsador es de 0.005 mm. El avance automático regulable va de 0.0025 a -0.025 mm. El curso de avance en "Plongée" es de 1.5 mm. Penetración regulable de la muela, en cualquiera de las inversiones de la mesa. Accionamiento del cabezal por electroválvula. Trabajo en "Plongée" con parada, trabajo y aceleración.</p> <p><b>Cabezal portapiezas</b> Número de velocidades es de 6. Tiene un rango de velocidades que va desde 23 r.p.m. a 240 r.p.m. Tiene un giro agular superior a 90 grados. EL cono el Morse número 5.</p> <p><b>Contrapunto</b> Hidráulico con mando a pedal Cono Morse número 5.</p>	

### **Motores**

La potencia del motor del cabezal portamuelas es de 15 C.V.  
La potencia del motor del cabezal porta piezas es de 2 C.V.  
La potencia del motor de la bomba hidráulica es de 2 C.V.  
La potencia del motor del dispositivo de rectificar interiores es de 1 C.V.  
La potencia de la moto-bomba de refrigeración es de 0.12 C.V.  
La potencia total instalada es de 20.12 C.V.

### **Dispositivo de rectificar interiores**

El diámetro máximo del mandrino es de 80 mm.  
Los diámetros rectificables van desde 10 hasta 375mm.  
La velocidad de rotación del mandrino es de 16.000 r.p.m.

### **Refrigeración**

El sistema es por moto-bomba.  
Tiene un depósito decantador de impurezas.  
Parada automática al retroceso de las muela.  
Puesta en marcha automática al acercamiento de la muela.



### **AVERÍAS**



## 8. TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y RECUBRIMIENTOS

### 8.1. TEMPLE DEL ACERO

Definiendo un diagrama de equilibrio de una mezcla como un gráfico que representa las diferentes fases y estados de agregación en que van a presentarse los componentes de un sistema, en función de la temperatura y de la concentración de cada uno de los componentes de la mezcla, podemos particularizar esta definición al caso del diagrama de aleación hierro-carbono (ilustración 2) donde se representa el comportamiento de la aleación de hierro y carbono en función del porcentaje de carbono contenido en la mezcla y de la temperatura [11].

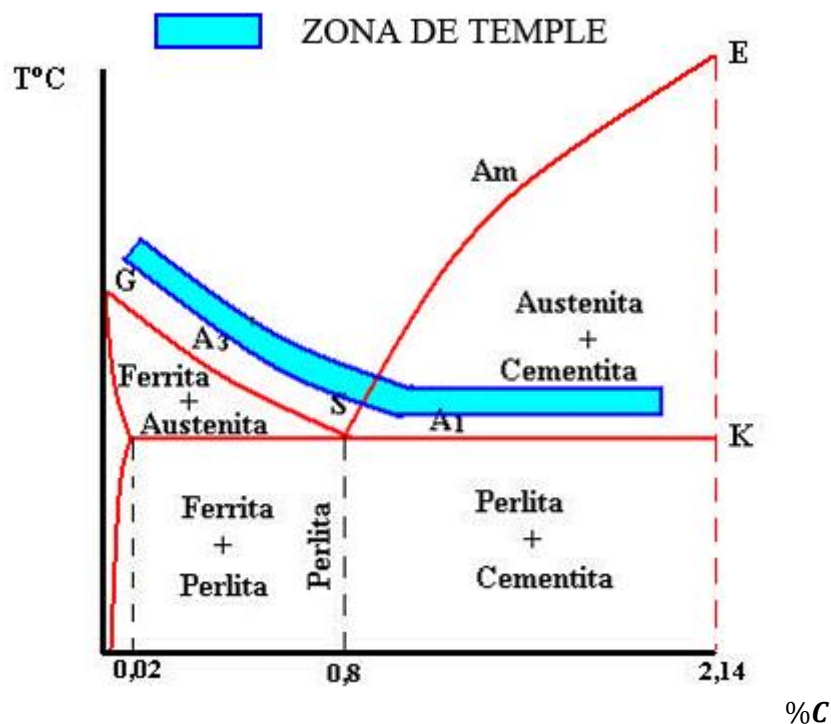


ILUSTRACIÓN 2. DIAGRAMA FE-C PARA TEMPLE

Este tratamiento térmico se caracteriza por enfriamientos rápidos en un medio adecuado (dependiendo del material): agua, aceite o aire, para transformar la austenita en martensita.

Mediante este tratamiento conseguimos distintas propiedades, destacando la disminución de la tenacidad y el aumento de la dureza y de la resistencia mecánica, modificándose también algunas otras propiedades como las eléctricas, magnéticas o químicas.

El proceso para realizar el temple se desarrolla de la siguiente manera:

En primer lugar realizaremos el calentamiento del metal que se realiza en horno, siendo lento hasta los 500 °C y rápido hasta la temperatura de temple, apreciada en la ilustración 2. Seguidamente mantendremos en esa temperatura de temple un tiempo determinado para que la temperatura de la pieza sea homogénea en todo su volumen. Este tiempo no es un parámetro fijo sino que se estima experimentalmente para cada pieza.

La última fase del proceso es el enfriamiento el cual se realizará de forma rápida. Este enfriamiento se realizará sacando la pieza del horno e introduciéndola en el medio adecuado denominado medio de temple y realizándose a una velocidad mayor a la llamada crítica de temple con el objetivo de conseguir una estructura martensítica que servirá para mejorar la resistencia y la dureza del acero.

Existen normalmente tres medios de temple:

- Agua: es el medio más económico y antiguo. Se consiguen buenos temples con aceros al carbono. Las piezas se agitan dentro del agua para eliminar las burbujas de gas.
- Aceite: enfría más lentamente que el agua, dependiendo la necesidad del material a templar.
- Aire: se enfrían las piezas con corrientes de aire. Se utiliza para los denominadas aceros rápidos.

Existen diversos factores cuando se va a realizar un temple que hay que considerar. El tamaño de la pieza es uno de ellos ya que cuanto mayor sea la pieza refiriéndonos al espesor, más tiempo tardaremos en realizar el calentamiento de toda la pieza y por consiguiente, su enfriamiento. También hemos de tener en cuenta el tamaño de grano que influirá en la velocidad crítica del temple teniendo los de grano grueso mayor templabilidad (capacidad de un acero para endurecerse por formación de martensita como consecuencia de tratamiento térmico).

El medio de enfriamiento es otro factor importante a tener en cuenta ya que como hemos comentado previamente necesitamos una velocidad de enfriamiento superior a la crítica. Por último, pero no menos importante, tenemos la composición química del acero donde sabemos que los aceros aleados tienen mayor facilidad para el temple.



### 8.1.1 Tipos de temple:

1. **Temple continuo de austenización completa.** - se aplica a los aceros hipoeutectoides. Se calienta el material a 50 °C por encima de la temperatura crítica superior A3 (mostrada en la ilustración 2), enfriándose en el medio adecuado para obtener martensita.

2. **Temple continuo de austenización incompleta.** - se aplica a los aceros hipereutectoides. Se calienta el material hasta  $AC1 + 50\text{ °C}$ , transformándose la perlita en austenita y dejando la cementita intacta. Se enfría a temperatura superior a la crítica, con lo que la estructura resultante es de martensita y cementita.

3. **Temple superficial.** - el núcleo de la pieza permanece inalterable, blando y con buena tenacidad, y la superficie se transforma en dura y resistente al rozamiento. Con el temple superficial se consigue que solamente la zona más exterior se transforme en martensita, y para ello el tiempo durante el que se mantiene el calentamiento debe ser el adecuado para que solamente un reducido espesor de acero se transforme en austenita.

4. **Temple Escalonado (Martempering).** - consiste en calentar el acero a temperatura de austenización y mantenerlo el tiempo necesario para que se transforme completamente en austenita. Posteriormente se enfría en un baño de sales bruscamente hasta una temperatura próxima pero superior a S, con el fin de homogeneizar la temperatura en toda la masa y se acaba reduciendo la temperatura para que toda la pieza se transforme en martensita.

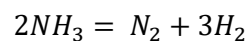
5. **Temple isotérmico (Austempering).** - consiste en calentar el acero a temperatura de austenización y mantenerlo el tiempo necesario para obtener austenita. Posteriormente se enfría bruscamente en un baño de sales hasta una temperatura determinada, para igualar la temperatura en toda la masa y luego se vuelve a disminuir la temperatura para que toda la pieza se transforme en bainita.

## 8.2. NITRURADO

La nitruración es un tratamiento térmico con objeto de conseguir un endurecimiento superficial del acero proporcionando mayor durabilidad en aquellas piezas sometidas a desgaste y fricción. En comparación con el temple explicado anteriormente, la nitruración se consigue mediante temperaturas más bajas y por tanto corregiremos las variaciones en las geometrías.

Todos los aceros pueden mejorar sus características con nitruración, antidesgaste y anticorrosión sin deformación, el resultado dependerá de la aleación y el estado previo de suministro del material [12]. En función de estas características se pueden obtener durezas entre 53 HRc y 72 HRc, en aceros de suministro común. En la nitruración se obtienen capas de espesores variables desde 0,10 a 1,00 mm.

Se introduce dentro del horno la pieza que se vaya a nitrurar, en el cual se mantienen a una temperatura entre 500 °C y 600 °C. Al calentarse el amoniaco a esas temperaturas, se disocia, según la siguiente reacción:



Se forma nitrógeno atómico, que se combina con el aluminio, cromo, molibdeno, y hierro de los aceros, formando la capa periférica endurecida compuesta por nitruros responsables de la importante mejora del rendimiento de las piezas.

A continuación explicaremos las propiedades más importantes que se consiguen mediante la nitruración. Empezaremos por la más clara, la gran dureza que se consigue con este tratamiento. Como hemos explicado en párrafos anteriores, se consiguen durezas de entre 53 HRc y 72 HRc, con una dureza común de unos 60-62 HRc (dureza obtenida en la mayoría de aceros nitrurados-siempre dependiendo del tipo de aleación). Estas durezas no se consiguen con otros tipos de procedimientos por endurecimiento superficial.

Se consigue también una gran resistencia a la corrosión, siendo importante si nuestras piezas van a estar en contacto con medios agresivos, ya sea agua dulce, salada, vapor o ambientes húmedos. También se consigue una resistencia elevada al ataque de metales o aleaciones fundidas de cobre y aluminio siendo mayor que la de los aceros más comunes. Un punto a tener en cuenta es que si se necesita la máxima resistencia a la corrosión no se deben rectificar las piezas después de nitrurarlas (caso muy común).

Otra propiedad importante es la casi por completo ausencia de deformaciones ya que no es necesario el enfriar las piezas a una velocidad elevada que es lo que principalmente origina deformaciones en los tratamientos térmicos. Por último destacaremos la conservación de la dureza que presentan las piezas nitruradas, llegando a mantenerse hasta los 500 °C, especialmente cuando la duración de sometimiento a estas temperaturas no es muy prolongada.

A continuación desarrollaremos el estado previo que han de tener las piezas antes de someterse a este tratamiento. En primer lugar, estando la pieza en bruto debe Bonificarse (Templar y Revenir) a una resistencia entre 90 y 100 Kg/mm<sup>2</sup>. Cuanto mayor sea su resistencia, lógicamente mayor será la dureza obtenida en su capa nitrurada en determinados aceros. Esto favorecerá el tratamiento favoreciendo la formación de nitruros que por tanto crearan una capa con una resistencia en la superficie suficiente para evitar fisuras, sobre todo en piezas sometidas a esfuerzos de desgaste.

En segundo lugar, después del mecanizado de la pieza, realizar un distensionado de la pieza con el fin de eliminar las tensiones originadas en el mecanizado, realizando este con la pieza semi-acabada. En este punto dependerá mucho la tolerancia de acabado que exija la pieza, pero como norma general se aconseja realizarlo. Finalmente se ha de mecanizar la pieza en su totalidad para proceder a su nitruración.

### 8.3. CROMADO

El cromado es un tratamiento superficial que consiste en la aplicación de una fina capa de cromo sobre un objeto, en nuestro caso, sobre un metal. Esta capa se aplica mediante electrólisis, este proceso se conoce como galvanoplastia, es decir, la aplicación de nuestra capa de cromo mediante la electricidad [13].

Este recubrimiento electrolítico es empleado principalmente como una protección frente a la corrosión y para mejorar el aspecto de las piezas finalizadas. También hay que valorar las superficies duraderas conseguidas así como el bajo coeficiente de rozamiento.

En el cromado se crean capas tan finas como una micra, por ello, una característica importante a tener en cuenta al realizar este tratamiento es el buen acabado que deben presentar las piezas antes del tratamiento. Normalmente las piezas están pulidas, brillantes y desengrasadas, al menos es la recomendación, siempre dejando el mejor acabado posible ya que el cromo no cubre imperfecciones, todas las rugosidades y grietas se mantendrán después del tratamiento.

Vamos ahora a explicar el proceso electrolítico que sufre el cromo para llegar a realizar con éxito este tratamiento y los elementos necesarios para ello. Tendremos un generador de corriente eléctrica, los electrodos negativos y positivos que serán, respectivamente, el cátodo y el ánodo. El cátodo serán las piezas a cromar y el ánodo será un elemento de plomo o grafito. Por último necesitaremos una solución líquida a altas temperaturas compuesta por ácido crómico y una pequeña cantidad de ácido sulfúrico.

Como paso previo a este proceso se realiza un baño de níquel o cobre consiguiendo mayor protección frente a agentes externos. Seguidamente se disuelve ácido crómico en agua añadiendo una pequeña parte de ácido sulfúrico. Cuando se genera la corriente comienza la oxidación en el ánodo generando la capa de óxido necesaria para conducir la corriente eléctrica que se desplaza hasta las piezas a cromar donde se desplaza el cromo que contiene la solución líquida y que se depositará en la superficie de los objetos. Por último realizaremos un lavado de las piezas para eliminar los restos de solución líquida que hayan podido quedar. Todo este proceso queda resumido en la ilustración 3.

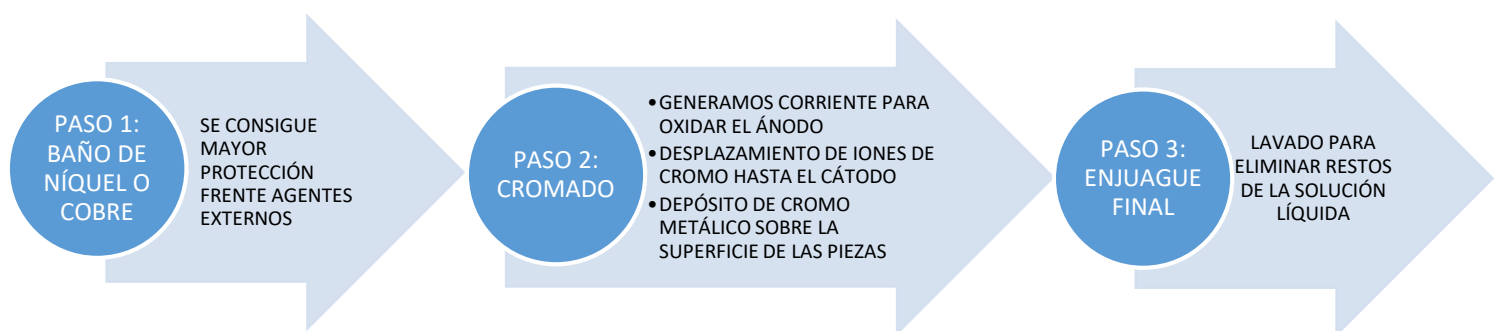


ILUSTRACIÓN 3. RESUMEN CROMADO

Es recomendable que el ánodo tenga por lo menos una superficie diez veces mayor que la de la pieza a recubrir. Para saber si este ánodo trabaja correctamente ha de tener un color grisáceo de óxido de plomo.

Los tipos de cromados se pueden clasificar de la siguiente manera:

**Cromado decorativo:**

Este tipo de cromado, como su propio nombre indica, se emplea para mejorar el aspecto de las piezas (accesorios de baño, piezas de automoción, herramientas manuales...etc) depositando finas capas de cromo. Este cromado reduce la oxidación de la pieza y se generan capas con acabado blanco azulado.

**Cromado de conversión y cromado duro:**

Este es el tipo de cromado que realizamos en nuestra pieza y que hemos explicado su proceso anteriormente. El llamado cromado duro es similar al cromado normal que emplearemos con la diferencia que se deposita una capa de cromo más gruesa ya que se emplean depósitos electro-líticos de espesores relativamente grandes. Esto genera un aumento de la resistencia al desgaste y a la corrosión. Como hemos comentado antes, por lo general, las capas de cromo de este tratamiento no son totalmente uniformes ya que copian la superficie donde se aplican y por ello se suele dar un espesor mayor del necesario para rectificar las piezas, como en nuestro caso, y así conseguir las dimensiones y acabados que se nos requieran.

## 8.4. RECUBRIMIENTO DE BASE TiAlN o AlTiN

El nitruro de titanio aluminio (TiAlN) o nitruro de aluminio titanio (AlTiN) son recubrimientos de aluminio puro y titanio puro y se cataloga como recubrimiento duro metaestable, que son los que surgen de los elementos aluminio, nitrógeno y titanio cuando presentan normalmente contenidos de aluminio superiores al 50 % [14].

Este recubrimiento se realiza mediante deposición con arco catódico y gracias a ello es posible obtener una cierta flexibilidad con referencia a la composición y estructura del recubrimiento. Esto genera un aumento de la resistencia a la oxidación a altas temperatura gracias al óxido de aluminio que forma una capa protectora en la superficie. Otra de las características destacable es el aumento de dureza mediante el endurecimiento por solución sólida de las finas capas depositadas.

La característica más destacable de este recubrimiento es la gran dureza y tenacidad generando alta protección frente a la abrasión y a la erosión y esto hace que este recubrimiento sea perfecto para piezas de precisión que trabajen bajo elevadas tensiones o condiciones térmicas adversas.

Para mejorar las propiedades del recubrimiento en aplicaciones específicas se introducen al menos un elemento de entre carbono, silicio, boro, oxígeno o itrio.

A continuación describiremos especificaciones y propiedades importantes de estos recubrimientos. En primer lugar destacaremos la óptima relación que se genera entre dureza y tensión residual ya explicado antes. Posee además una gran adherencia que facilitará enormemente la aplicación en la pieza. También serán importantes las mejoras en deslizamiento por la calidad de la superficie resultante del recubrimiento y por tanto la mejora de desmoldado.

Este recubrimiento es empleado en herramientas de corte y de punzonado mejorando la evacuación de la viruta, mayor estabilidad térmica y química, permite los mecanizados en seco o con poca lubricación y permite el aumento de las velocidades de corte en las máquinas, disminuyendo así los tiempos de mecanizado y su consecuente disminución del coste.

Como especificaciones destacaremos el color gris violeta que posee este recubrimiento. Su temperatura máxima de trabajo son 900 °C y la temperatura del recubrimiento son 500 °C.

## 9. PROCESO DE FABRICACION PRIMARIO

Iniciaremos explicando el proceso de fabricación inicial de la pieza, proceso que prevalecía y que tomamos como objeto del trabajo y que posteriormente optimizamos al observarse las posibles carencias del mismo. El material escogido para la realización de las piezas objeto de este trabajo ha sido un acero F-521.

### 9.1. PROCESO DE TORNEADO

Partiremos de un tocho cortado de material F-521 de medidas 90 mm de largo por 78 mm de diámetro (ilustración 3), es decir, 3 mm de más tanto en el largo (1,5 mm por cada lado) como en el diámetro con referencia de la medida acabada.

Para poder realizar todas las operaciones necesarias de torno para esta pieza se precisan dos posiciones, es decir, dos agarres [10].

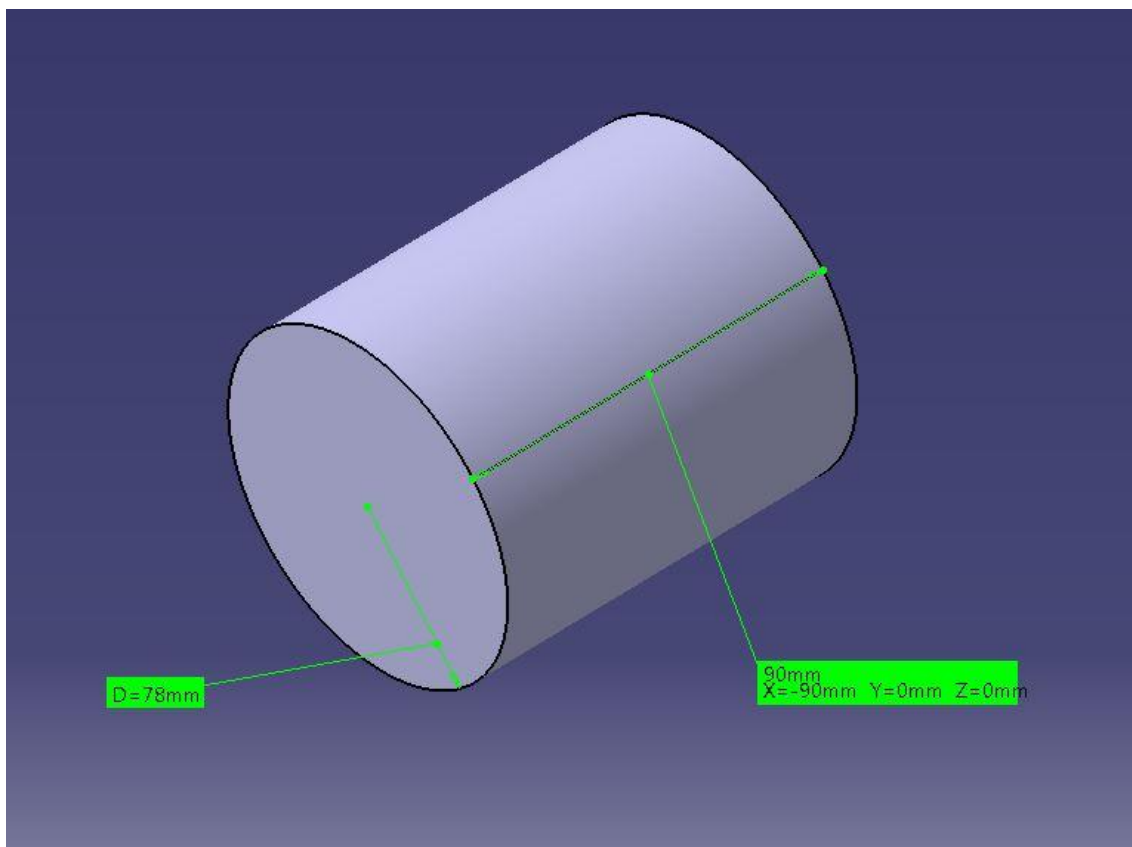


ILUSTRACIÓN 4. REPRESENTACIÓN DEL TOCHO DE PARTIDA

### 9.1.1. AGARRE 1:

En la primera posición se realizará un desbaste exterior del largo de la pieza desde la medida de 18 mm hasta lo máximo permitido por el agarre en el total de la medida de 86,8 mm.

Una vez realizado el desbaste exterior, se procederá a realizar los taladros interiores: Sin cambiar el agarre de la pieza se realizará el taladro interior de diámetro 72,7 mm, dejándolo con una sobre medida para el posterior rectificado, es decir, su medida final de torno será 72,4 mm. Una vez realizado ese taladro, se procederá a realizar el taladro de diámetro 40 mm, éste, al no llevar tolerancia, se mecanizará a su medida final utilizando el mismo agarre.

### 9.1.2. AGARRE 2:

Para poder continuar en el proceso de torneado de la pieza cambiaremos el agarre de la misma, esta vez se agarrará por el extremo contrario, es decir, volteada 180 grados.

El agarre se realizará por la parte del taladro anterior de 72,4 mm donde nos queda una pared de 2 mm de espesor. Para que esta zona no se deforme al fijar la pieza en la mordaza, crearemos un útil. Este útil consistirá en un cilindro de diámetro igual al taladro, ajustándolo para que pueda entrar dentro, y de espesor 15 mm, así nos aseguramos que al apretar la mordaza la zona de pared delgada apoya en este útil y no se modifica la forma cilíndrica.

La primera operación que realizaremos con este segundo agarre será el torneado de la parte cónica con cota 30,92 mm, donde dejaremos una sobremedida para su posterior rectificado y pulido.

Y para finalizar con las operaciones (ilustración A.1-4) en el torno CNC realizaremos el taladro interior de diámetro 30 mm con una tolerancia H7 ( $\frac{+0,025}{0}$  mm) y, al igual que antes, se dejará una sobre medida para acabarlo rectificando.



## 9.2. PROCESO DE FRESADO

Este proceso se dividirá en 3 operaciones.

La posición de la primera operación será apoyar la pieza en vertical por la parte de abajo, zona de pared delgada, y este apoyo lo realizaremos igual que en el proceso de torneado, introduciendo un redondo a medida para que, al aplicar la fuerza necesaria con la mordaza, esta pared no sufra variaciones de medida.

Con esta posición (ilustración A.5-9) se mecanizarán las dos ranuras de 30 mm de medida, realizándolas a medida acabada. Seguidamente y sin variar la posición se realizarán los taladros de la cara superior. Como se puede apreciar son seis taladros en total recalcando que los cuatro taladros que posteriormente irán roscados a métrica 6 se utilizarán una broca de metal duro de diámetro 5 mm.

Una vez finalizada la primera operación se modificará la postura de la pieza. En la segunda operación se utilizarán los taladros de diámetro 5 mm comentados antes para poder posicionarla. Esto se realizará de la siguiente forma: Se introducirán dos fijas de dicho diámetro que al estar alineadas permitirá colocar la pieza de forma lateral apoyando estas fijas en la mordaza para que no exista inclinación al realizar el apriete de sujeción.

Una vez posicionada y orientada se mecanizará la ranura lateral de medida 20 mm con una tolerancia H7 ( $\frac{+0,025}{0}$  mm) acabada y una vez finalizada se procederá a realizar los taladros y el chavetero que van por dentro de dicha ranura.

Para la tercera operación volveremos a modificar el apoyo de la pieza en máquina, esta vez se apoyará por la cara restante, la cara de arriba. A su vez se introducirá un cuadradillo de acero en la ranura de 20 mm con una tolerancia H7 ( $\frac{+0,025}{0}$  mm), este cuadradillo servirá a modo de orientación de la pieza al agarrarlo en la mordaza, que en este caso se utilizará una mordaza en V y de este modo tendremos 3 apoyos, los dos de la V de la mordaza más el apoyo en el cuadradillo y así poder tener la pieza bien fijada y posicionada.

Una vez realizado el apoyo correctamente realizaremos los taladros que van en el interior del alojamiento de pared delgada, siendo estos las cuatro roscas de métrica 4, que, como todos los taladros roscados, se taladrarán a un diámetro más pequeño para ser roscados posteriormente en la roscadora.

### 9.3. REBARBADO Y ROSCADO

Empezaremos explicando el término rebarbar, que como bien define la RAE “rebarbar es la acción de eliminar las rebarbas o rebabas de un objeto o pieza, definiendo a su vez rebaba como: Porción de materia sobrante que sobresale irregularmente en los bordes o en la superficie de un objeto cualquiera; como la argamasa que forma resalto en los ladrillos al sentarlos en obra.”[15]

Una vez definido este concepto podemos entender la siguiente fase de la fabricación de nuestro cono, que será el rebarbado de la pieza. Con esto conseguiremos evitar salientes que puedan producirnos cortes en el manejo de la pieza y matar las aristas vivas que se nos exija el plano, es decir, redondear las aristas de la pieza.

Por norma general, se suelen matar todas las aristas de las piezas en su fabricación a excepción de aquellas en las que el plano, por razones de funcionamiento de estas piezas, nos lo especifique.

En nuestro plano (anexo A) podemos observar un claro ejemplo donde se nos exige que se dejen aristas vivas. Una vez tenemos la pieza rebarbada se procederá al avellanado.

Este término se refiere a modificar el comienzo del hueco donde va insertado un tornillo. El objetivo es que quede completamente enrasado con la superficie. Para ello, se realiza un rebaje con forma cónica, lo que facilita que la cabeza del tornillo entre del todo sin sobresalir.

Esta acción se lleva a cabo con un avellanador. Puede hacerse de manera manual, con un modelo con empuñadura, o mecánica, si está preparado para taladro.

Una vez tengamos todos los taladros necesarios avellanados, procederemos al roscado de aquellos taladros que nos requiera el plano. El proceso de roscado puede llevarse a cabo de manera manual, empleando machos de roscar de la métrica que se requiera o de manera automática, que será nuestro caso, utilizando una roscadora.

El funcionamiento de esta máquina es sencillo, similar a roscar manualmente, únicamente tenemos que introducir el macho de la métrica que necesitamos en el cabezal de dicha máquina, apuntaremos con el macho en el taladro que necesitamos roscar y, activando la máquina, esta se encargará de roscar el taladro automáticamente.

Finalizado este último proceso ya tendremos la pieza lista para realizar los tratamientos térmicos y tratamientos superficiales pertinentes que explicaremos a continuación.

## 9.4. TEMPLE Y REVENIDO

Una vez realizado el proceso de rebarbado y roscado pasaremos al siguiente paso en el proceso de fabricación de nuestra pieza. Pasaremos a realizar el tratamiento térmico necesario para conseguir las características estructurales que se nos exigen. Para nuestro caso necesitaremos conseguir en la pieza una dureza y un acabado concretos y por tanto elegiremos el tratamiento térmico de temple y revenido el cual hemos definido anteriormente.

El proceso que utilizaremos es el temple superficial que como bien hemos apuntado antes y como su propio nombre indica endurecerá una capa superficial que será resistente al rozamiento (problema que se nos presenta en el modo de uso de esta pieza) pero manteniendo el núcleo menos duro consiguiendo que no disminuya su tenacidad, de este modo evitaremos la fragilidad interior de la pieza.

## 9.5. RECTIFICADO

En nuestro caso, utilizaremos una rectificadora cilíndrica y una rectificadora plana tangencial atendiendo a las necesidades de nuestra pieza. Empezaremos explicando la finalidad del uso de las rectificadoras.

En un principio, con las tolerancias dimensionales que nos exige la fabricación de nuestro cono de segmentación, no sería necesario realizar el proceso de rectificado. Vemos tolerancias de  $\pm 0,02$  mm o  $\pm 0,05$  mm, estas tolerancias pueden ser conseguidas en los procesos de torneado o fresado, un ejemplo de ello son los taladros posicionadores o fijas, que en la gran mayoría de planos requieren de este tipo de tolerancias.

Ahora bien, explicaremos los motivos por los cuales hemos empleado estos procesos de rectificado para nuestra pieza empezando por la especificación de pulido que nos marca el plano (Anexo A) en el exterior de la pieza. Este proceso de pulido o lapeado nosotros no podemos realizarlo por la ausencia de una máquina preparada para este proceso.

Al no disponer de los medios, y una vez acordado con el cliente, se decide realizar el rectificado, no para poder lograr la medida correcta dentro de tolerancia, sino para conseguir un acabado superficial mucho más fino que en un torneado, siendo el acabado conseguido óptimo para el correcto funcionamiento de nuestra pieza en su correspondiente máquina sin necesidad de llegar a un pulido.

Como se observa en el plano, ninguna otra medida requiere de un pulido, pero experimentalmente se observó que, tanto la longitud total del cono como el taladro interior requerían de que la medida fuera acercándose a la exactitud y el interior del cilindro que tuviera un acabado similar al exterior ya que es donde se introducen las cabezas de los pistones.

Por estas razones se acordó realizar estos procesos, y siendo evaluados mediante pruebas en máquina, se llegó a la conclusión que el resultado es más que óptimo para el funcionamiento correcto de la pieza.

Al iniciar este proceso, primero realizaremos el rectificado de las partes planas, es decir, de las dos bases, con una rectificadora tangencial.

La medida que se nos exige es  $86,8 \pm 0,02$  mm. Como podemos observar, es una medida con una tolerancia muy fina, y por ello, como se ha explicado con anterioridad, en el proceso de cilindrado se dejó una sobremedida en dicha cota, así como en todas las que van rectificadas.

Seguidamente emplearemos una rectificadora cilíndrica. Para realizar este proceso de la manera más eficiente posible lo realizaremos utilizando dos amarres. Para que así sea, primero tomaremos un amarre exterior, en la zona cilíndrica, lo más próximo al cono posible.

De esta manera podremos realizar el rectificado interior, en el cual hay que ser sumamente cuidadoso ya que la pared resultante que tendremos será de 1,8 mm y podría sufrir deformaciones o incluso roturas y grietas.

Seguidamente modificaremos el amarre a una posición interior, situándolo en la única cota que tenemos sin tolerancia, es decir, amarraremos en el interior del taladro de diámetro de 40 mm, ya que el acabado de este taladro no supone problema en el caso de que el amarre modificase la rugosidad del mismo.

De esta forma podremos realizar el rectificado exterior de la parte cilíndrica con medida final de diámetro, que como vemos no es una tolerancia excesivamente exigente, pero ha de ser rectificada ya que el plano nos marca la necesidad de pulido y por tanto tendremos que dejarlo a una rugosidad lo más fina posible, y rectificaremos también el cono que como podemos observar también nos pide un pulido del mismo, como bien explicamos con anterioridad.

También en esta posición podremos rectificar el taladro interior más pequeño con diámetro 30 H7 (H7 es una tolerancia para agujeros que en nuestro diámetro sería de 0 a +25 siempre hablando en micras).

Después de este proceso, nos quedaría nuestra pieza totalmente acabada geoméricamente hablando, con todas sus medidas y tolerancias correctas.

## 9.6. CROMADO

El siguiente paso en nuestro proceso de fabricación de un cono de segmentación será el cromado.

En nuestro caso se utilizará un cromado por conversión que como bien hemos explicado en nuestros puntos descriptivos consiste en un tratamiento superficial de nuestra pieza que proporciona resistencia a la corrosión y al desgaste. Esta protección se consigue por medio de una fina capa que interactúa con el metal base.

La realización del rectificado previo al cromado se debe a que en este proceso la capa que se proporciona es muy fina y por tanto se requiere que la superficie donde se va a realizar el cromado esté bien acabada y con una rugosidad fina ya que, de no ser así, el proceso de cromado se adherirá a toda imperfección viéndose éstas reflejadas una vez finalizado este proceso.

## 9.7. SEGUNDO RECTIFICADO

Este rectificado se realiza después del cromado por la sencilla razón de que el proceso de cromado es un proceso que no es totalmente homogéneo, es decir, en el proceso de adherencia de la fina capa de cromo puede que resulten zonas donde se presente mayor capa de cromo que en otras, por tanto, realizaremos este rectificado para poder asegurarnos de que las medidas presentes estén dentro de los intervalos de tolerancias que nos exige nuestro plano y sea lo más homogénea posible.

Este proceso se realizará de la misma manera que el explicado con anterioridad. Una vez tengamos este último proceso finalizado, podremos dar por finalizado el proceso de fabricación de nuestro cono de segmentación, teniendo nuestras tolerancias y tratamientos acorde a lo que se nos exige y así tener nuestra pieza totalmente óptima y funcional para su uso.

## 9.8. RESUMEN PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación de nuestro cono de segmentación está finalizado, pero cabe destacar algunos puntos.

Primero hemos de comentar que en nuestro caso no ha sucedido, pero en la fabricación de este tipo de piezas, así como en muchas otras, es posible que surjan complicaciones. Muchas de estas complicaciones se transforman en errores a la hora de realizar el proceso, ya sean errores directos causados por los operarios o indirectos que vienen originados por posibles fallos en las coladas del material en bruto o en los tratamientos de nuestra pieza.

Primero hablaremos de los fallos originados por los operarios. Son comunes fallos en los programas de mecanizado lo cual hará que nuestra pieza sea inservible y no halla solución por tanto

tendremos que repetirla asumiendo los costes que esto implica (nuevo suministro de material y pérdida de tiempo empleado en máquina hasta el momento del fallo).

También nos podemos encontrar que a la hora del proceso de rebabado y roscado, el operario cometa el fallo de roscar un taladro que no sea roscado. De ser así, intentaremos dar solución a este fallo rellenando el taladro con soldadura, limpiando y volviendo a taladrar en máquina. Esta solución será viable ya que, aunque no coincida el material con el de la pieza, estos taladros suelen ser empleados para tornillos y no afectará a la dureza necesaria que necesita la pieza para su correcto uso.

Como ya hemos dicho, pueden existir otros tipos de fallos los cuales no dependerán de nosotros. Esto puede ocurrir por fallos en material y tratamientos, ya sea porque la colada en bruto se reciba mal o porque los tratamientos térmicos o superficiales se realicen erróneamente. Esto ocasionará la necesidad de repetir la pieza ya que sino no cumplirá las especificaciones impuestas.

Para poder controlar todos estos fallos y poder poner las soluciones pertinentes con fines de aumentar beneficios y disminuir costes, se realizarán controles de calidad en el proceso de fabricación. Se procederá con estos controles de calidad para la verificación tanto de cotas, como dureza, como estética de nuestra pieza. Estos controles se realizarán tanto en el final del proceso de fabricación como en pasos intermedios.

En nuestro caso realizamos controles en los siguientes pasos:

- El primer control de calidad lo realizaremos después del proceso de fresado para verificar que tanto el torneado como el fresado se han realizado correctamente cumpliendo las medidas requeridas en el plano.
- Se comprobará la dureza del material mediante un durómetro una vez se ha templado, y se volverán a controlar las cotas y tolerancias después del rebabado y roscado, y después del rectificado.

Gracias a estos controles de calidad, como ya hemos comentado, se verifican correctamente todos los pasos en nuestra fabricación y se pueden controlar todos los aspectos para que nuestro proceso sea más eficiente. Una vez finalizado el último control de calidad, si este es correcto, habremos terminado nuestro cono de segmentación y se le podrá dar paso para ser utilizado.

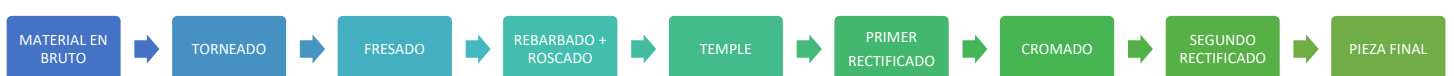


ILUSTRACIÓN 5. RESUMEN PROCESO DE FABRICACIÓN PRIMARIO

## 10. IMPLEMENTACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN

Todo el proceso de fabricación, expuesto hasta este punto, de nuestro cono de segmentación consiste en la fabricación que realizamos en una primera idea de lo que en su momento consideramos un proceso eficiente y apto para el funcionamiento de esta pieza.

A lo largo de su uso, realizada la pieza de esta forma, iremos viendo que este proceso de fabricación se puede matizar, encontrando alternativas, para que el coste de fabricación baje, así como para que su correcto funcionamiento sea más eficiente, consiguiendo así un aumento de su vida útil.

A partir de aquí explicaremos las alternativas encontradas para poder llegar a esas modificaciones, consiguiendo la fabricación óptima. En el siguiente diagrama vemos el resumen del nuevo proceso de fabricación optimizado.

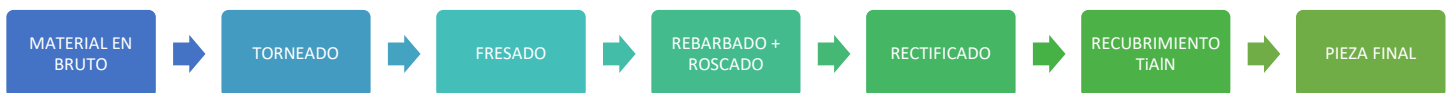


ILUSTRACIÓN 6. RESUMEN PROCESO DE FABRICACIÓN OPTIMIZADO

### 10.1. CAMBIO DE MATERIAL

El primer cambio que realizaremos para la fabricación del nuevo cono de segmentación será un cambio en el material del que partiremos.

Como bien hemos expuesto con anterioridad, en el proceso inicial partimos de un tocho de acero F-521. En nuestra optimización del proceso de fabricación emplearemos un tocho de partida de acero F-125.

Usaremos este tipo de acero ya que una vez mecanizado, es más favorable a la hora de llegar al tratamiento térmico, que explicaremos más adelante. Este acero será suministrado por nuestro proveedor con un bonificado previo que otorgará una dureza comprendida entre 30 y 45 HRc aproximadamente y dependiendo de la colada.

Aunque no sea un detalle de gran interés para el trabajo expuesto y que las diferencias no son demasiado significativas, hemos de comentar que el precio del acero que hemos modificado es inferior al aplicado en nuestro proceso de fabricación primario.

## 10.2. CAMBIO PROCESOS DE MECANIZADO

Una vez nos hayan suministrado nuestro nuevo material, comenzaremos con su proceso de fabricación.

El mecanizado de nuestra pieza con la optimización será similar hasta el punto de rebarbar y roscar, es decir, tanto en los procesos de torno y fresado como el rebarbado y el roscado se procederá de la misma forma expuesta con anterioridad.

En el transcurso de nuestro proceso de roscado, habiendo finalizado los mecanizados, se produjo un fallo crítico. Este fallo se produjo a hora de roscar uno de los taladros, el macho empleado se partió y al partirse el extremo desprendido se quedó dentro del taladro deformando el taladro con imposibilidad de poder volver a roscar este taladro.

Se consiguió sacar el extremo del macho roto a mano que, de no ser así, se habría tenido que utilizar la electroerosión por penetración para destruir dicho trozo desprendido. Una vez liberado el taladro, la solución que se decidió tomar, la cual es normal en este tipo de fallos, fue rellenar de soldadura el taladro e introducir la pieza en el centro de mecanizado para re taladrar y poder roscar normalmente este taladro.

Esto obviamente supondrá un coste mayor en la fabricación de la pieza que apreciaremos en la ficha de costes que se muestra en el apartado 11, pero hemos de asumirlo como posibles costes indirectos en la fabricación de cualquier tipo de piezas ya que estos y otros fallos pueden suceder en cualquier proceso de fabricación.

El siguiente paso sería el temple de nuestra pieza, pero en este caso no será necesario ya que hemos adquirido la dureza interna necesaria al solicitar que nuestro acero se haya bonificado a la hora de suministrarlo.

Nuestro siguiente paso será el rectificado de nuestra pieza, como bien hemos explicado en el proceso primario, se rectificarán todas las cotas que lleven una tolerancia exigente ya que es una pieza que ha de llevar unos acabados finos con rugosidades pequeñas.

Por lo general a la hora de la fabricación de piezas, nos guiamos por dos factores para saber si hay que rectificar una pieza, la primera es la rugosidad de la pieza, si se indica una rugosidad de 0.8 micras en adelante hasta llegar al pulido, entonces debemos rectificar la zona donde venga marcada dicha rugosidad.

El otro factor serán las tolerancias exigidas en alguna de las cotas. Para que exista la necesidad de realizar un rectificado normalmente nos aparecerán tolerancias más exigentes a las que nos exigen en nuestro caso.

Pero como hemos expuesto con anterioridad, existen más factores, y son por ellos por los que decidimos realizar los rectificados y poder llegar a que nuestra pieza funcione correctamente y de forma eficiente.



### 10.3. CAMBIO TRATAMIENTO TÉRMICO Y SUPERFICIAL

Llegados a este punto del proceso, realizaremos el cambio más importante de la optimización, el cambio del tratamiento térmico de nuestra pieza.

Nos olvidaremos de realizar un templado para luego cromar, y por tanto, como bien hemos explicado antes solo necesitaremos realizar un proceso de rectificado y el temple estará conseguido con el bonificado de la colada del material.

Por consiguiente, una vez tengamos la pieza finalizada geométricamente, procederemos a realizar el tratamiento térmico que consideramos que favorecerá a la vida útil del cono de segmentación.

Este tratamiento consiste en el recubrimiento de base TiAlN y AlTiN o recubrimiento de nitruro de titanio aluminio.

Expuesto en la parte descriptiva, estos recubrimientos son depositados mediante arco catódico (Técnica de deposición física de vapor en la cual se utiliza un arco eléctrico para vaporizar material de un cátodo. El material vaporizado luego se condensa en un sustrato, formando una película delgada).

La gran dureza y tenacidad de este recubrimiento proporciona una notable protección contra el desgaste por abrasión y la erosión, haciéndolo ideal para componentes, como es nuestro caso, de precisión sometidos a elevados niveles de tensión, incluso en condiciones térmicas complicadas.

La estructura de nitruro de titanio aluminio (TiAlN) resulta en una relación óptima de elevada dureza a tensión residual compresiva. Esto proporciona un excelente rendimiento especialmente para componentes sometidos a elevados niveles de tensión y útiles de conformado metálico.

Una ventaja destacable de esta capa es la alta resistencia a la oxidación gracias al aluminio como elemento aleado.

Una vez realizado este recubrimiento tendremos nuestro nuevo cono de segmentación finalizado (ilustración A.10-13) y preparado para poder trabajar una vez se verifiquen todos los aspectos de la misma mediante los controles de calidad. Resumiremos la optimización de procesos mediante el siguiente diagrama:

# 11. ESTUDIO ECONÓMICO

## 11.1. TIEMPOS Y COSTES FABRICACIÓN PRIMARIA

**Valorado sobre:** Pedido

**O. Fabricación:** 19020468

**Cliente:** C0001 – XXXXXX

**Designación:** CONO

**Número piezas:** 2,00

**Precio ofertado:** 875,50

**N. de plano:** XXXXXXX

### MANO DE OBRA

Fecha	Operario	Operación	T. Hora	Tiempo (min)	Precio/hora (€)	Importe(€)
05/03/19	O.24	PREP Y MECANIZADO TORNO	Normal	65,00	1,16	75,40
05/03/19	O.24	PREP Y MECANIZADO TORNO	Extra	28,00	1,16	32,48
12/03/19	O.37	PREPARAR FRESA	Normal	15,00	1,16	17,40
14/03/19	O.37	MECANIZAR FRESA	Normal	95,00	1,16	110,20
22/03/19	O.37	MECANIZAR FRESA	Normal	45,00	1,16	52,20
22/03/19	O.37	MECANIZAR FRESA	Normal	60,00	1,16	69,60
25/03/19	O.31	REBARBAR Y ROSCAR	Normal	100,00	1,16	116,00
26/03/19	O.44	RECTIFICAR PLANA	Normal	65,00	1,16	75,40
26/03/19	O.44	RECTIFICAR CILÍNDRICA	Normal	225,00	1,16	261,00
28/03/19	O.44	RECTIFICAR	Normal	120,00	1,16	139,20
					<b>Total:</b>	948,88

TABLA 5. FICHA TIEMPOS MECANIZADO PRIMARIA

En este apartado explicaremos los datos expuestos en las tablas 5 y 6. En la tabla 5 se presenta primero el día en que realizan las diferentes operaciones de la pieza, seguidamente, en la segunda columna, el operario que realiza estas operaciones. La siguiente columna ocupará la operación que se realiza, es decir, en qué ha empleado el operario el tiempo que marca. A partir de aquí se observará el tipo de hora (hora de jornada laboral normal u hora extra), el tiempo que se ha tardado en realizar la operación y seguidamente el precio que se establece por hora (precio establecido por la empresa) y el precio total resultado del tiempo tardado en cada operación.

### ENTRADAS ALMACÉN

Fecha	Albarán	Producto	Proveedor	Cantidad	Precio antes Descuento.	Des-cuento (%).	Precio (€)	Total (€)
09/08/2019	117.654	MP 1.2379 R R	P0323 ACEROS	1,00	350,59	-	350,59	350,59
23/08/2019	627195	TRV TEMPLE Y REVE-NIDO	P0437 TT	2,00	0,80	-	0,8	1,60
04/09/2019	617931	CROMADO	P0437 TT	2,00	45,00	-	45,00	90,00
							<b>Total(€):</b>	442,19

TABLA 6. FICHA ENTRADAS ALMACÉN PRIMARIO

En la segunda tabla se presentan los precios ajenos a las operaciones, es decir, el precio del material empleado y de los tratamientos realizados externamente. Se observará también si el proveedor realiza descuento al precio y el total del conjunto.

#### RESUMEN

<b>Total Mano de Obra:</b>	<b>948,88 €</b>
<b>Total Materiales:</b>	<b>442,19 €</b>
<b>Total Costo:</b>	<b>1.391,07 €</b>
<b>Beneficio:</b>	<b>359,93 €</b>

Los datos del resumen son sencillos, primero nos aparecerá el total mano de obra, esto quiere decir el resultado de multiplicar el tiempo que se ha tardado en realizar el completo de las operaciones de fabricación por el coste de las horas empleadas en el proceso. El total de materiales corresponde al coste total de las entradas de almacén de nuestra tabla 6, es decir, el coste del material en bruto más el coste de los tratamientos térmicos. El total costo por tanto será la suma de los anteriores, el coste total que nos supone la fabricación de nuestra pieza y, por tanto, el beneficio será la diferencia entre el precio al que está ofertado nuestra pieza y el gasto total que hemos tenido para fabricarla.

## 11.2. TIEMPOS Y COSTES OPTIMIZACIÓN

**Valorado sobre:** Pedido

**Número piezas:** 2,00

**O. Fabricación:** 19022648

**Precio ofertado:** 875,50

**Cliente:** C0001 – XXXXXX

**N. de plano:** XXXXXXX

**Designación:** CONO

### MANO DE OBRA

Fecha	Operario	Operación	T. Hora	Tiempo(min)	Precio(€)	Importe(€)
08/10/2019	O.24	PREP Y MECANIZADO TORNO	Normal	175,00	1,16	203,00
08/10/2019	O.24	PREP Y MECANIZADO TORNO	Normal	35,00	1,16	40,60
11/10/2019	O.33	PREPARAR + MECANIZAR FRESA	Normal	195,00	1,16	226,20
14/10/2019	O.31	REBARBAR Y ROSCAR	Normal	87,00	1,16	100,92
14/10/2019	O.25	MECANIZAR FRESA	Normal	22,00	1,00	22,00
15/10/2019	O.31	REBARBAR Y ROSCAR	Normal	10,00	1,16	11,60
17/10/2019	O.44	RECTIFICAR PLANA	Normal	60,00	1,16	69,60
18/10/2019	O.44	RECTIFICAR CILÍNDRICA	Normal	200,00	1,16	232,00
					Total:	905,92

TABLA 7. FICHA TIEMPO MECANIZADO OPTIMIZACIÓN

### ENTRADAS ALMACÉN

Fecha	Albarán	Producto	Proveedor	Cantidad	Precio antes Dto.	Dto.	Precio(€)	Total Línea(€)
09/08/19	73	MP F-1252 T R	P0323 ACEROS	2,00	114,39	-	114,39	228,78
04/09/19	A18.038420	RECUBRIMIENTO TiAIN	P0125	2,00	95,00	-	95,00	180,00
							Total:	408,78

TABLA 8. FICHA ENTRADAS ALMACÉN OPTIMIZACIÓN

## **RESUMEN**

<b>Total Mano de Obra:</b>	<b>905,92 €</b>
<b>Total Materiales:</b>	<b>348,78 €</b>
<b>Total Costo:</b>	<b>1.254,7 €</b>
<b>Beneficio:</b>	<b>496,3 €</b>

Para el estudio económico de la optimización de nuestro proceso podemos ver nuestras tablas 7 y 8. Los valores de estas tablas son los mismos que para el estudio económico del proceso primario. Se incluye la tabla de mano de obra y la de entradas de almacén (gastos de material y de tratamientos). E igualmente vemos en el resumen el total de costos para realizar la pieza en su totalidad y el beneficio que se obtiene al realizarlo de este modo.

A continuación mostraremos una tabla resumen comparando ambos estudios económicos para comprobar nuestra optimización.

<b>PROCESO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO MATERIAL (€)</b>	<b>TOTAL MANO OBRA (€)</b>	<b>TOTAL MATERIALES (€)</b>	<b>COSTE TOTAL (€)</b>	<b>BENEFICIO (€)</b>
Original	F-521	350,59	948,88	442,19	1.391,07	359,93
Optimización	F-125	228,78	905,92	348,78	1.254,70	496,30

**TABLA 9. COMPARACIÓN ESTUDIO ECONÓMICO**

En la tabla 9 se muestran los valores de ambos procesos para poder compararlos y verificar nuestra optimización desde el punto de vista económico. Se puede apreciar una disminución de los gastos tanto en el material como en los costes de mano de obra y gracias a ello podremos obtener un beneficio superior en la fabricación de nuestras piezas.

## 12. COMPROBACIÓN DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS INICIALES

Una vez finalizada la fabricación de nuestro nuevo cono de segmentación, hemos de compararlo con el inicial para comprobar si hemos sido capaces de cumplir los objetivos de este trabajo, es decir, si hemos conseguido realizar la fabricación de nuestra pieza mejorando su funcionalidad con un coste menor.

En primer lugar se puede observar que nuestra primera modificación, el cambio de material, es satisfactorio, no solo porque el nuevo tipo de material es más adecuado en cuanto a las características que buscamos para los nuevos tratamientos, sino que como podemos observar en la tabla 9, su precio es menor y por tanto conseguimos una reducción de costes fijos.

En cuanto al proceso de fabricación en sí, como bien se demuestra en las tablas anteriores, el tiempo de mecanizado y de trabajo sobre esta pieza se ve reducido. En nuestro proceso primario como vemos en nuestra tabla 5, si sumamos el tiempo en todos los procesos, obtenemos un tiempo total de procesos de 818 minutos que, comparando con nuestro proceso optimizado, obtendremos (visto en la tabla 7) 784 min de proceso. Esto se traduce, por tanto, en una disminución del coste en cuanto a fabricación como se muestra en la tabla 9 donde comparamos ambos procesos y sus costes.

En cuestión de los tratamientos, podemos ver que es una de las modificaciones más importantes, como hemos explicado, al sustituir el cromado por el nitruro de titanio aluminio, conseguimos mayor resistencia al desgaste que es el problema más acusado en estas piezas.

Como bien observamos en las tablas, el coste de este tratamiento es menos económico que el cromado, ahora bien realizando este cambio, en primer lugar nos ahorramos el hecho de tener que realizar dos rectificadas.

Como vemos en la tabla, sin la necesidad de realizar el segundo rectificada, evitamos 120 minutos de mecanizado, es decir, ya hemos compensado el costo del tratamiento comparado con el cromado del proceso de fabricación primario.

No solo vamos a economizar la fabricación como hemos demostrado sino que la vida útil aumentará. La forma de demostrar esto se basa en el número de recambios que se piden por parte del cliente, sabiendo que nuestra empresa es proveedora única para la máquina estudiada.

De esta manera podemos saber la frecuencia de pedidos de esta pieza realizada bajo el proceso primario y compararlo con la fluencia con el proceso de fabricación optimizado. Durante el año 2018 (periodo de observación y estudio sobre la pieza) se produjeron cuatro pedidos de nuestra pieza en pedidos de dos unidades excepto dos de los pedidos que fueron de una unidad, es decir, se suministraron 6 unidades de nuestro cono de segmentación al cliente.

Analizando los años 2019 y 2020, se realizó el suministro al cliente del mismo número de piezas. Aunque podamos asumir que el deshecho de alguna de las piezas sea por mal uso del operario o fallo de la máquina en otra pieza comprometiendo la nuestra, gracias a nuestra modificación hemos conseguido reducir el número de incidencias generadas por estas piezas, es decir, en el mismo periodo de tiempo, hemos necesitado reponer esta pieza la mitad de veces.

A mayores, el cliente final ha dado a conocer que en la mayoría de los casos en los que se ha necesitado reponer nuestro cono, ha sido por mal uso de la misma, no por rotura o desgaste como venía siendo habitual, esto significa que nuestro proceso optimizado es real y funcional.

## 13. CONCLUSIONES FINALES

Como ya se dijo al inicio de este trabajo, en la industria es innegable la necesidad de optimización de los procesos de producción. Gracias a estas optimizaciones se consiguen mejores plazos y mejores costos en el objetivo.

Por ello, el objetivo de este trabajo se estableció en base a esta reducción de costes para, obviamente, poder llegar a mejores beneficios.

Como hemos demostrado, para llegar a este objetivo no se necesitan, en algunas ocasiones, cambios excesivamente complejos, simplemente cambiando, como en nuestro caso, algún paso en el proceso como en materiales o tratamientos, se puede conseguir. Se considera haber resuelto dicho objetivo a partir del estudio y análisis del comportamiento de nuestra pieza.

Concluyendo que la clave para su consecución se ha basado, principalmente, en la elección de un material adecuado a los tratamientos deseados con los cuales se esperaba la mejora de resultados y, a partir de ahí, observar que, efectivamente, este cambio de material es el propicio para conseguir la eficiencia de los procesos y tratamientos buscada y por tanto la optimización de nuestro proceso de fabricación y de nuestra pieza.

Gracias a la evolución de la ingeniería, observamos que la gama de posibilidades en la elección de los materiales y los tratamientos es realmente extensa y lo seguirá siendo con la aparición de nuevos.

Por tanto podemos concluir que aun habiendo conseguido un resultado bastante, nunca podemos cerrar la posibilidad de evolucionar y seguir estudiando optimizaciones, porque será muy probable que con el desarrollo tecnológico se consigan mejores resultados.



## 14. LÍNEAS FUTURAS

De cara a la aplicación de la propuesta de optimización de un proceso de producción, en este trabajo, de nuestro cono de segmentación, se proponen líneas futuras para su desarrollo, en base a una utilización en un determinado cono de segmentación concreto según los pistones con los que vaya a trabajar, e incluso para muchos otros tipos de piezas.

Para ello será necesario el planteamiento y resolución de:

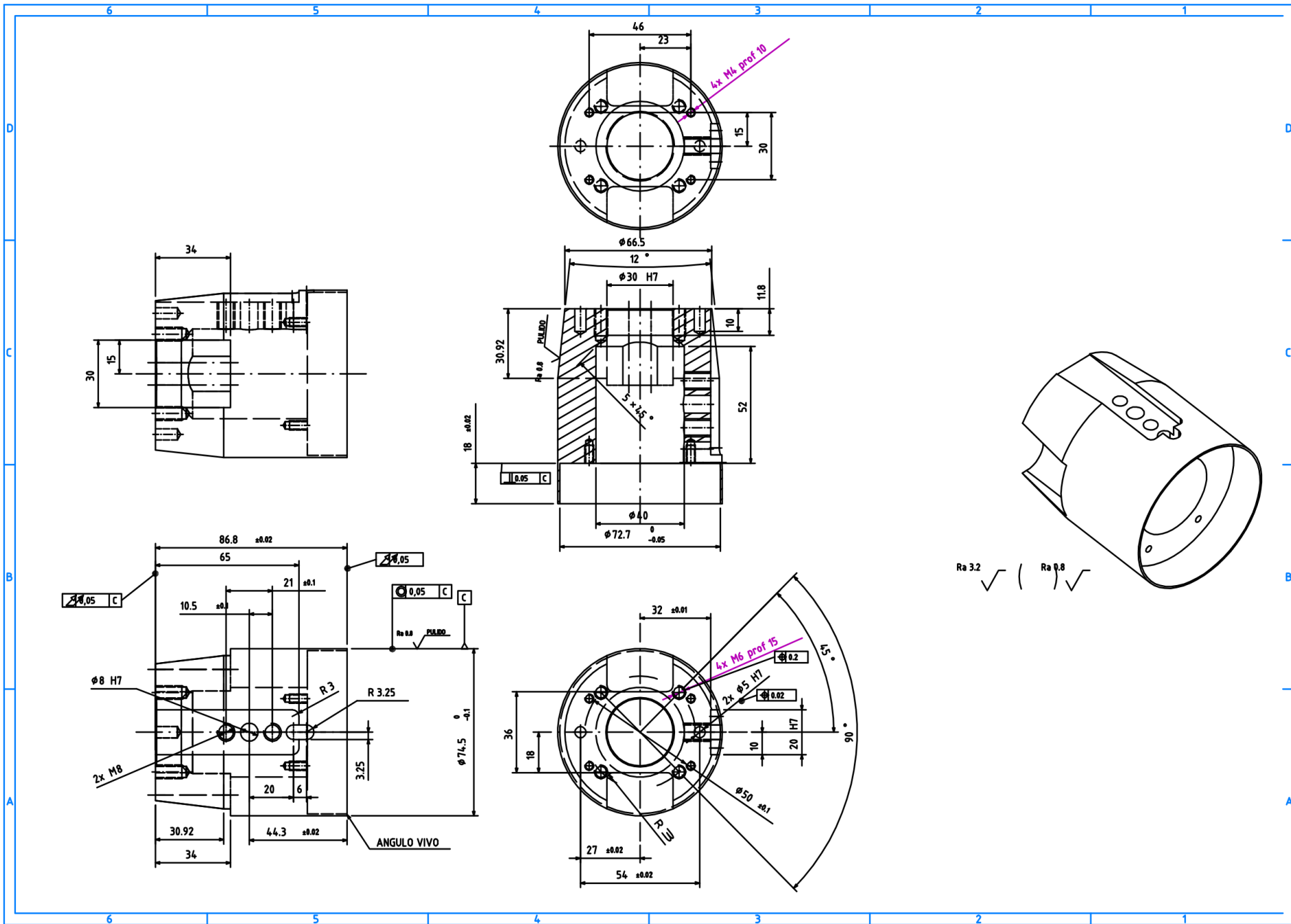
- Estudio y establecimiento de las maquinas-herramientas de las que se dispongan para la fabricación de la pieza.
- Estudio de tiempos y costes resultantes de la fabricación de la pieza que se quiera optimizar.
- Estudio de materiales y tratamientos empleados para obtener problemas que puedan aparecer y conocer la vida útil.
- Conocidos los resultados de la pieza que llamaremos base, realizar valoración de alternativas viables para la mejora de estos resultados.
- Fabricación de nuestra optimización para obtener los resultados de mejora tanto en funcionamiento como en la vida útil y los beneficios obtenidos gracias a la optimización.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. **James Harrington**. Business Process Improvement. MGMT & LEADERSHIP 1991.
- [2] **INDUSTRIAS RIOS**. [Citado el: 3 de Abril de 2020].
- [3] **Kohser, R**; Materiales y Procesos de Fabricación; REVERTÉ; España; 1994; [Citado el: 24 de Junio de 2020.]
- [4] **ACEROS CROMOVA**; Estado de suministro de material;
- [5] **SCHVAB, LUIS**. Máquinas y Herramientas Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Saavedra 789. C1229ACE. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina. 2011; [Citado el: 20 Agosto de 2019.]
- [6] **INDUSTRIAS RIOS**. Ficha técnica torno CMZ. [Citado el: 10 de Junio de 2021].
- [7] **INDUSTRIAS RIOS**. Ficha técnica centro de mecanizado MAZAK. [Citado el: 10 de Junio de 2021].
- [8] **INDUSTRIAS RIOS**. Ficha técnica centro de roscadora SYGS. [Citado el: 10 de Junio de 2021].
- [9] **INDUSTRIAS RIOS**. Ficha técnica rectificadora plana HIDRO-PRECIS. [Citado el: 11 de Junio de 2021].
- [10] **INDUSTRIAS RIOS**. Ficha técnica rectificadora cilíndrica JARBE. [Citado el: 10 de Junio de 2021].
- [11]. Plataforma educativa aragonesa. **E-ducative.catedu.es**. [Citado el: 15 de Junio de 2019]
- [12]. **BILBAINA DE TRRAMIENTOS (BILTRA)**. <https://www.biltra.com/>; [Citado el: 5 de Diciembre de 2019].
- [13]. **PEDRO MOLERA SOLA**. Tratamientos térmicos de los metales. S.A. MARCOMBO; 1991; [Citado el: 30 de Junio de 2020].
- [14]. **OERLIKON BALZERS**; Tratamientos térmicos; <https://www.oerlikon.com/balzers/es/es/>; [Citado el: 11 de Enero de 2021].
- [15]. **REAL ACADEMIA ESPAÑOLA**. <https://dle.rae.es/rebaba>; [Citado el: 19 de Diciembre de 2020]

## ANEXO A

### A.1 PLANO PIEZA DE ESTUDIO



## A.2 IMÁGENES PIEZA REAL

Las siguientes imágenes muestran la pieza tratada en este trabajo en diferentes fases del proceso de fabricación.

Empezaremos con la pieza realizada únicamente de torno (Ilustraciones A.1 – A.4)

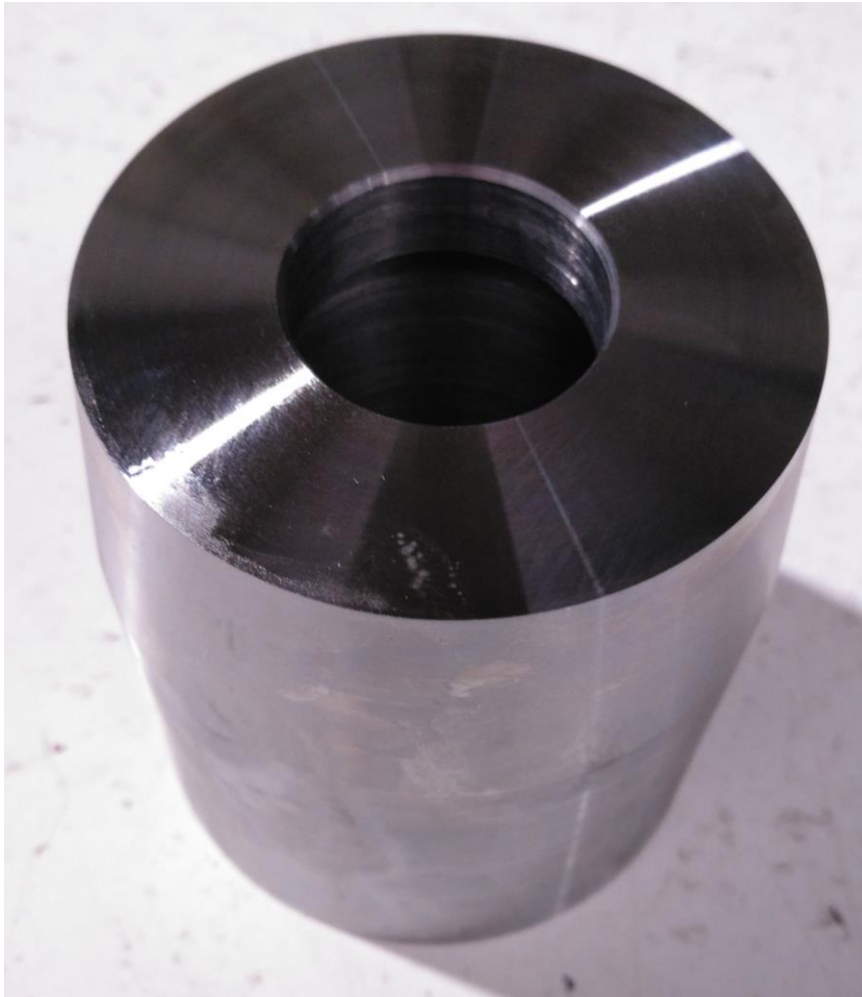
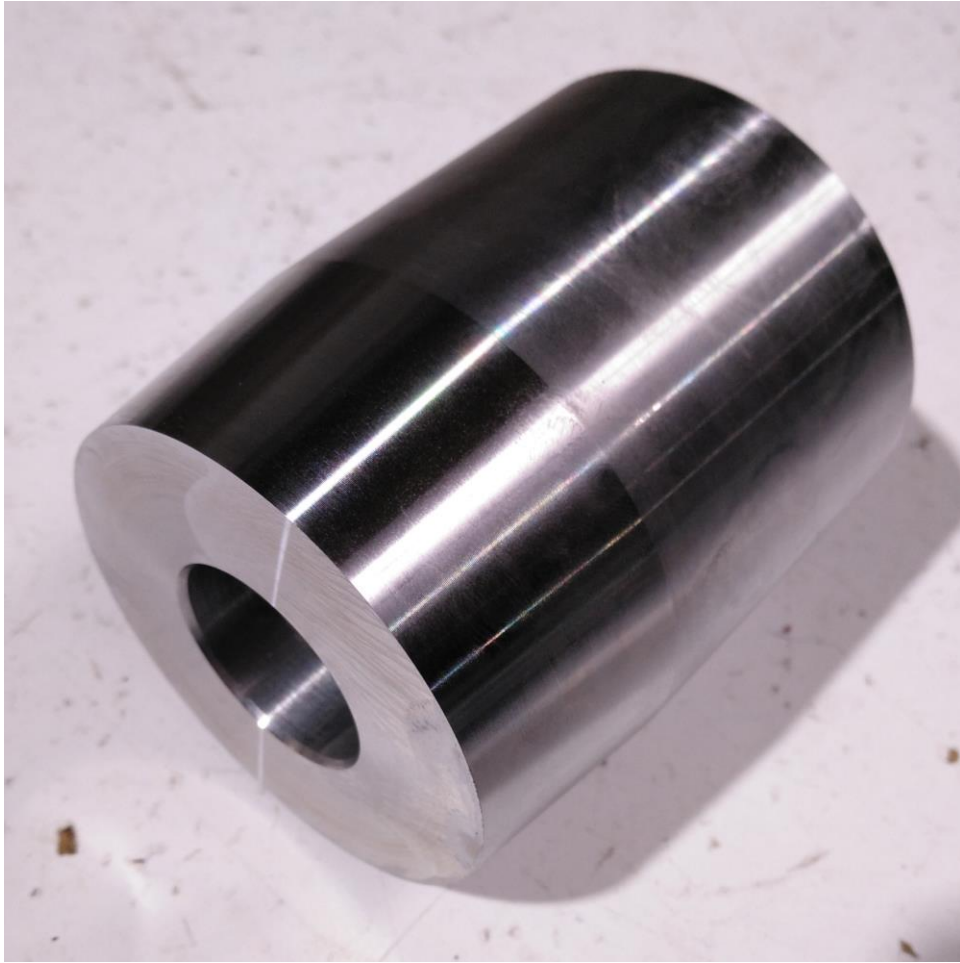
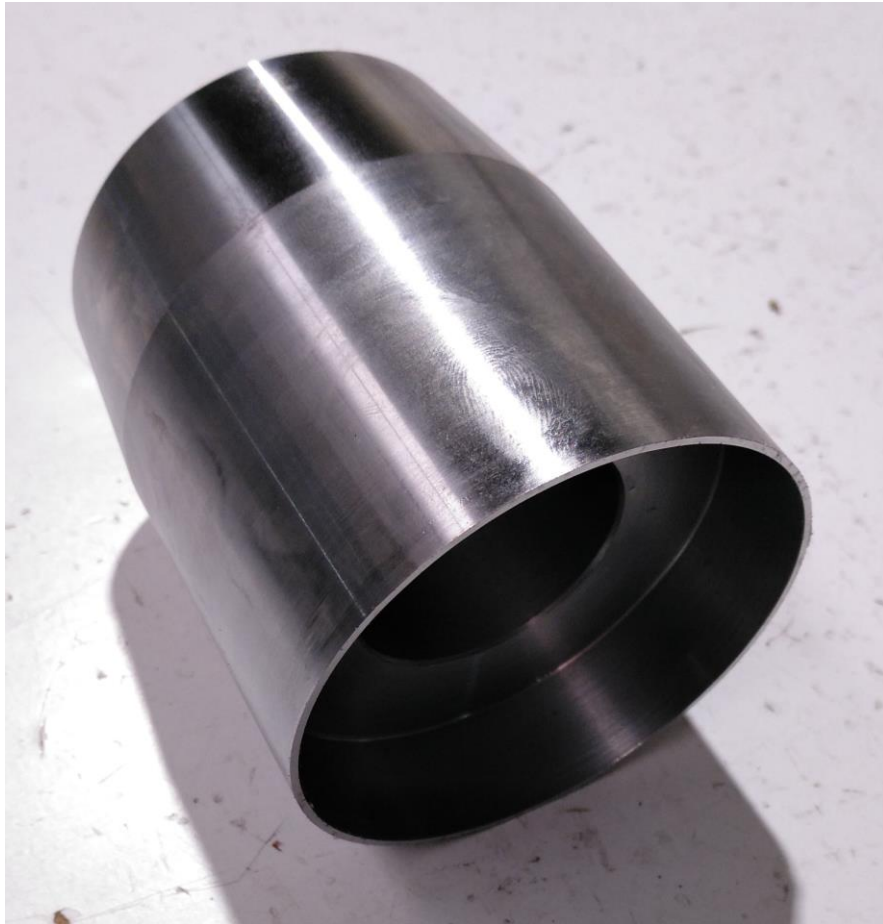


ILUSTRACIÓN A.1



**ILUSTRACIÓN A.2**



**ILUSTRACIÓN A.3**



ILUSTRACIÓN A.4



Continuaremos con la pieza después del proceso de mecanizado en el centro (ilustraciones A.5 – A.9).



ILUSTRACIÓN A.5



ILUSTRACIÓN A.6



ILUSTRACIÓN A.7



ILUSTRACIÓN A.8

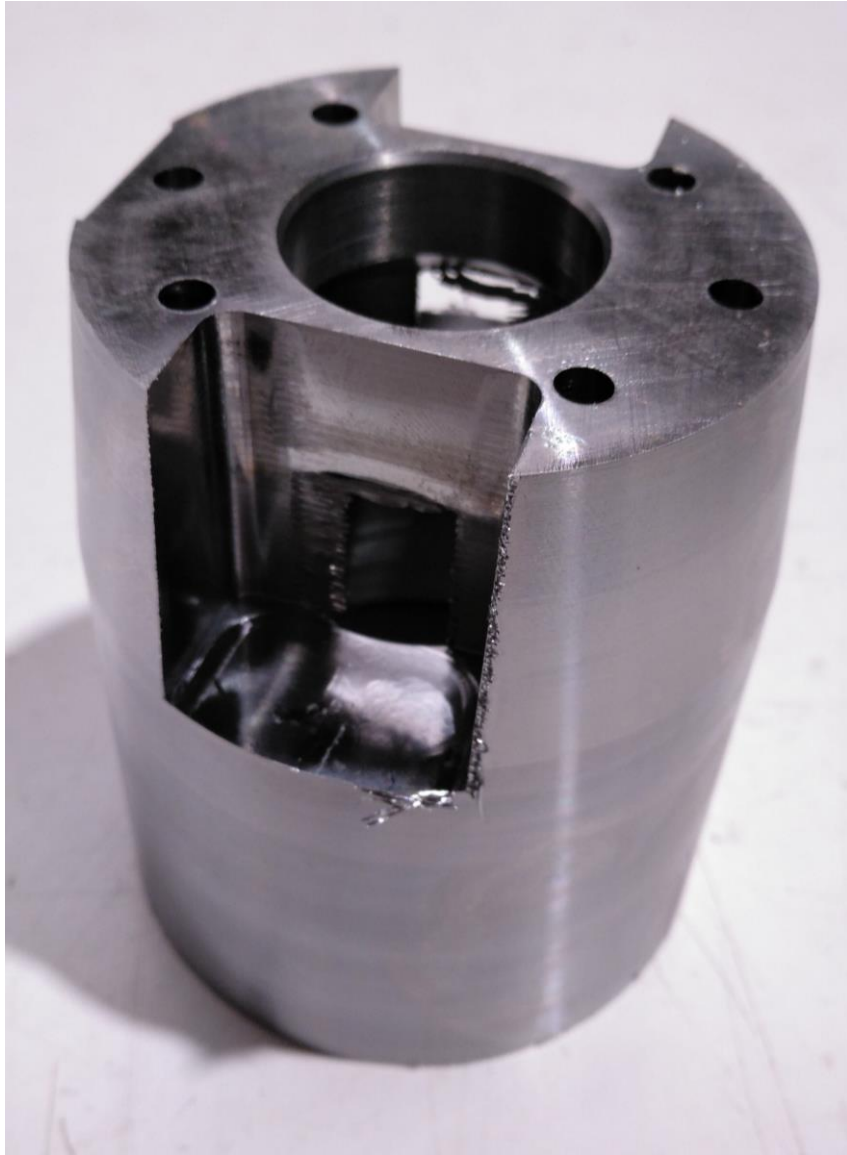


ILUSTRACIÓN A.9

Estas últimas imágenes serían de la pieza finalizada (Ilustraciones A.10 – A.13).



**ILUSTRACIÓN A.10**



**ILUSTRACIÓN A.11**





**ILUSTRACIÓN A.12**





**ILUSTRACIÓN A.13**