

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



TRABAJO FIN DE GRADO

**DISEÑO Y DESARROLLO DEL
PLAN DE PROCESOS DE UNA
PIEZA DEL SECTOR
METALMECÁNICO**

Grado de Ingeniería Mecánica

Alumno: Cedrés Álvarez, Elena

Tutor: Ordeig Fernández, Isabel

JULIO 2019

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dedicar este trabajo a mis padres por haberme brindado la oportunidad de tener una buena y completa educación, por siempre haber apoyado mis decisiones y siempre haberme animado a continuar, aunque me encontrara con obstáculos por el camino. También a mi hermano, que siempre ha sido un referente para mí, y gracias a él estoy escribiendo este trabajo y a punto de graduarme en esta ingeniería.

En segundo lugar, mencionar a los amigos que he tenido la suerte de encontrar en el camino, en especial María, Manu y Rodrigo que han estado conmigo para apoyarme tanto a nivel académico como personal.

Por último, mencionar a mi tutora, que a pesar de los imprevistos de última hora me ha ayudado todo lo que ha podido y me ha dedicado todo el tiempo que he necesitado.

Este trabajo va por todos vosotros. Muchísimas gracias a todos.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA DEL SECTOR METALMECÁNICO

Resumen

El presente trabajo de fin de grado consiste en el diseño de una pieza del sector metalmeccánico. Se conocen las medidas, cotas y tolerancias de esta pieza mediante un plano del que se parte para toda la realización del trabajo. En concreto es una pieza de acero que deberá mecanizarse con máquinas de control numérico.

Dentro del trabajo se encuentran tres documentos, una memoria descriptiva de todo el plan de procesos, así como de los anejos necesarios para la comprensión total del trabajo, los planos pertinentes para poder entender la pieza y un resumen del presupuesto que conllevará la realización del lote.

Dentro de la memoria aparece todo el proceso a seguir. Se encuentra el plan de procesos, teniendo en cuenta unos medios productivos disponibles y especificando con detalle la secuencia de los procesos, la selección de máquinas y herramientas, las operaciones a realizar, los amarres con sus utillajes y sus costes para conseguir el precio más económico posibles, siempre garantizando la calidad exigida. La pieza es un adaptador para las propias máquinas de torno, que cuenta con unas tolerancias muy exigentes para conseguir una calidad muy alta. Por último, se simulará el mecanizado de la pieza mediante un software específico utilizando un tipo de control numérico, el CNC (control numérico por computador).

Palabras clave: Mecanizado; CNC; Control numérico; Amarres; Plan de Procesos; Herramientas de mecanizado.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA DEL SECTOR METALMECÁNICO

Resum

El present treball de fi de grau consisteix en el disseny d'una peça del sector metal-mecànic. Es coneixen les mesures, cotes i toleràncies d'aquesta peça mitjançant un pla del qual es parteix per a tota la realització del treball. En concret és una peça d'acer que haurà de mecanitzar-se amb màquines de control numèric.

Dins del treball es troben tres documents, una memòria descriptiva de tot el pla de processos, així com dels annexos necessaris per a la comprensió total del treball, els plans pertinents per a poder entendre la peça i un resum del pressupost que comportarà la realització del lot.

Dins de la memòria apareix tot el procés a seguir. Es troba el pla de processos, tenint en compte uns mitjans productius disponibles i especificant amb detall la seqüència dels processos, la selecció de màquines i eines, les operacions que cal realitzar, els amarres amb els seus utillatges i els seus costos per a aconseguir el preu més econòmic possible, sempre garantint la qualitat exigida. La peça és un adaptador per a les pròpies màquines de torn, que compta amb unes toleràncies molt exigents per a aconseguir una qualitat molt alta. Finalment, es simularà el mecanitzat de la peça mitjançant un programari específic utilitzant un tipus de control numèric, el CNC (control numèric per-computador).

Paraules clau: Mecanitzat; CNC; Control numèric; Amarres; Pla de Processos; Eines de mecanitzat.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA DEL SECTOR METALMECÁNICO

Abstract

This end-of-year project consists of the design of a piece in the metalworking sector. The measurements, dimensions, and tolerances of the piece are known through a plan which allows for the realization of the entire work. This is a steel piece which will be mechanized with numerical control machines.

In this work are three documents: a descriptive memo of the whole process plan (as well as appendices necessary for complete comprehension of the plan), plans necessary to understand the piece itself, and a budget for the project as it will be carried out.

Inside the memo the entire process to follow is laid out. Here, one can find the process plan, which takes into account several available production methods and outlines in detail the sequence of events in the process, selection of materials and tools, the moorings with their tools and costs so that the lowest price possible can be found, always while guaranteeing the desired level of quality. The piece is an adaptor for lathe machines, which count on high tolerances in order to maintain high quality. Finally, the functioning of the piece will be simulated through a software specifically using a type of numerical control, CNC (computer numerical control).

Keywords: Mechanization; CNC; Numerical control; Moorings; Process plan; Mechanization tools

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA DEL SECTOR METALMECÁNICO

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

- Documento nº1: Memoria
 - ANEJO 1: Características de las máquinas-herramientas.
 - ANEJO 2: Cálculo de las potencias de corte.
 - ANEJO 3: Programa máquina (CNC)
- Documento nº2: Planos
- Documento nº3: Presupuesto

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA DEL SECTOR METALMECÁNICO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA

Alumno: Cedrés Álvarez, Elena

Tutor: Ordeig Fernández, Isabel

JULIO 2019

TABLA DE CONTENIDOS

1. OBJETIVO	8
2. INTRODUCCIÓN	8
3. ANTECEDENTES.....	10
4. NORMATIVA	10
4.2. Normativa para aluminios.....	11
4.3. Normativa máquina-herramienta	11
4.3.1. Seguridad	11
4.3.2. General máquina-herramienta	11
4.3.3. Normativa aplicable a fresado	12
4.3.4. Normativa aplicable a torneado	12
5. FACTORES A CONSIDERAR	13
5.1. Conformado de metales	13
5.2. Definición de términos, elementos y recursos básicos.....	13
5.3. Procesos más comunes en el conformado por arranque de viruta	14
5.4. Principios básicos del mecanizado.....	15
5.5. Partes y geometría de las herramientas.....	24
5.6. Material de las herramientas	27
6. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y POSIBLES SOLUCIONES	27
6.1. Dibujo de la pieza y análisis geométrico	28
6.2. Selección del material y material en bruto.....	29
6.3. Asociación de superficies.....	29
6.4. Determinación de los procesos de fabricación.....	30
6.5. Secuencia de mecanizado	36
6.6. Selección y justificación de las máquinas-herramienta	38
6.7. Selección de amarres y utillajes	38
6.8. Selección herramientas y condiciones de corte	42
6.8.1. PRIMERA FASE: TORNEADO.....	42
6.8.2. SEGUNDA FASE: FRESADO	49
6.8.3. TERCERA FASE: RECTIFICADO	53
6.9. Confección del programa máquina.....	54
7. BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEJO 1	58
ANEJO 2	66
ANEJO 3	69
Programa máquina Subfase 1.1.	69
Programa máquina Subfase 1.2.	71

Programa máquina Subfase 2.1.	73
Programa máquina Subfase 2.2.	75

CONTENIDO DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Esquema del funcionamiento básico de una máquina de control numérico.....	10
Figura 2: Movimientos fundamentales de una máquina-herramienta.....	14
Figura 3: Fresado frontal	16
Figura 4: Fresado periférico	16
Figura 5: Fresadora vertical.....	16
Figura 6: Fresadora horizontal	16
Figura 7: Fresado frontal (planeado)	16
Figura 8: Fresado periférico (contorneado)	16
Figura 9: Fresado frontal periférico-(general).....	17
Figura 10: Fresado frontal periférico (ranurado).....	17
Figura 11: Fresado (taladrado).....	17
Figura 12: Fresado (lamado).....	17
Figura 13: Fresado (avellanado)	17
Figura 14: Fresado (escariado)	17
Figura 15: Fresado (roscado).....	17
Figura 16: Fresado periférico (planeado)	18
Figura 17: Fresado periférico (forma).....	18
Figura 18: Fresado frontal periférico (ranurado).....	18
Figura 19: Torno CNC	20
Figura 20: Torneado (cilindrado)	21
Figura 21: Torneado (refrentado).....	21
Figura 22: Torneado (cilindrado cónico).....	21
Figura 23: Torneado (copiado).....	21
Figura 24: Torneado (ranurado radial)	21
Figura 25: Torneado (roscado).....	21
Figura 26: Torneado (mandrinado).....	21
Figura 27: Torneado (taladrado).....	21
Figura 28: Torneado (ranurado axial).....	22
Figura 29: Torneado (escariado).....	22
Figura 30: Rectificadora plana frontal.....	23
Figura 31: Rectificadora plana tangencial	23
Figura 32: Rectificado frontal (planeado)	24
Figura 33: Rectificado tangencial (planeado)	24
Figura 34: Rectificadora cilíndrica	24
Figura 35: Partes de la herramienta	25
Figura 36: Geometría de la herramienta	26
Figura 37: Esquema ángulo de posición	26
Figura 38: Esquema ángulo de inclinación.....	27
Figura 39: Adaptador herramienta.....	28
Figura 40: Vistas de la pieza	28
Figura 41: Asignación de superficies.....	30
Figura 42: Subfase 1.1. Asignación de superficies.....	32
Figura 43: Subfase 1.1. Volúmenes de mecanizado	32

Figura 44: Subfase 1.2. Asignación de superficies.....	33
Figura 45: Subfase 1.2. Volúmenes de mecanizado	33
Figura 46: Subfase 2.1. Asignación de superficies.....	34
Figura 47: Subfase 2.1. Volúmenes de mecanizado	34
Figura 48: Subfase 2.2. Asignación de superficies.....	35
Figura 49: Subfase 2.2. Volúmenes de mecanizado	35
Figura 50: Superficies de referencia y fuerza para el plato de cuatro garras ...	39
Figura 51: Superficies de referencia y fuerza para el plato de tres garras	40
Figura 52: Superficies de referencia y fuerzas para una mordaza	40
Figura 53: Accesos para la pieza	42
Figura 54: Herramienta para torneado CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11	43
Figura 55: Geometría de la herramienta CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11..	43
Figura 56: Plaquita para torneado CoroTurn Prime CP-A11O4-L5-4325	44
Figura 57: Geometría de la plaquita CoroTurn Prime CP-A11O4-L5-4325	44
Figura 58: Herramienta para ranurado CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B	45
Figura 59: Geometría de la herramienta CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B	46
Figura 60: Plaquita CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-RO 1115.....	46
Figura 61: Geometría de la plaquita CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-RO 1115.	47
Figura 62: Herramienta para mandrinado CoroBore BR20 de dos filos BR20D- 71SP12Y-C6M	48
Figura 63: Geometría de la herramienta CoroBore BR20 de dos filos BR20D- 71SP12Y-C6M	48
Figura 64: Broca CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC34	49
Figura 65: Geometría de la broca CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC34	49
Figura 66: Broca CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34	50
Figura 67: Geometría de la broca CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34	50
Figura 68: Macho CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150	51
Figura 69: Geometría del macho CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150.....	51
Figura 70: Herramienta para fresado CoroMill Plura 1P360-2540-XA-1620	52
Figura 71: Geometría de la herramienta CoroMill Plura 1P360-2540-XA-1620	52
Figura 72: Centro de mecanizado fresadora Kondia B500.....	58
Figura 73: Centro de mecanizado de un torno CNC	62
Figura 74: Rectificadora cilíndrica	62
Figura 75: Simulación de la subfase 1.1. con WinUnisoft	70
Figura 76: Simulación de la subfase 2.2. con WinUnisoft	72
Figura 77: Simulación de la subfase 2.1. con WinUnisoft	74
Figura 78: Simulación de la subfase 2.2.con WinUnisoft	76
Tabla 1: Fórmulas para operaciones de fresado	20
Tabla 2: Fórmulas para operaciones de torneado.....	23
Tabla 3: Análisis de tolerancias.....	29
Tabla 4: Posibles procesos de desbaste.....	30
Tabla 5: Capacidades y costes	31
Tabla 6: Subfase 1.1. Proceso de mecanizado	32
Tabla 7: Subfase 1.2. Proceso de mecanizado	33
Tabla 8: Subfase 2.1. Proceso de mecanizado	34
Tabla 9: Subfase 2.2. Proceso de mecanizado	35

Tabla 10: Resumen del plan de procesos	38
Tabla 11: Costes de preparación de máquina y utillaje	39
Tabla 12: Amarres y superficies de referencia y fuerzas.....	41
Tabla 13: Resumen de herramientas y condiciones de corte.....	54

1. OBJETIVO

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo la realización mediante mecanizado de una pieza del sector metalmecánico cuyo uso es como adaptador en un torno de control numérico por computador, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en algunas materias del grado sobre sistemas de planificación y procesos industriales.

Para ello, hay que pasar por las diferentes fases que esto conlleva, desde un primer análisis de forma hasta el propio programa.

Se conocen las medidas, cotas y tolerancias de esta pieza mediante un plano del que se parte para toda la realización del trabajo. En concreto es una pieza de acero que deberá mecanizarse con máquinas de control numérico.

Lo primero a realizar es una definición de recursos, se explicarán todos los términos necesarios para poder entender al completo este proyecto, desde la parte técnica de herramientas y máquinas, hasta los propios términos del programa en CNC. Tras esto habrá que realizar una selección de herramientas, máquinas y utillajes, para ello se cuenta con una aplicación diseñada específicamente para esto. Una vez seleccionado todo lo necesario, serán analizados los distintos planes de procesos a realizar y finalmente se seleccionará el más adecuado. Por último, se realizará el programa de control numérico por computador.

El objetivo es fabricar la pieza al precio más económico posible, siempre garantizando la calidad exigida de ésta.

2. INTRODUCCIÓN

A través de este trabajo de fin de grado se realizará el plan de proceso de un adaptador de herramienta de un torno para CNC (control numérico por computador).

La actividad fundamental de las empresas de la industria manufacturera consiste en la producción de productos y bienes de equipo, a partir de unos materiales brutos. Para ello, se han de aplicar unos procesos de transformación sobre ellos que conllevan una secuencia de operaciones y procesos de fabricación, donde se incluyen operaciones y procesos de conformado, montaje, transporte, inspección, etc. Todas ellas requieren de la asistencia de una máquina o trabajador o una combinación de ambos. Es así como aparece el sistema de fabricación que se conoce como ciclo productivo que se tiene en cuenta en este proyecto.

Este ciclo productivo se puede explicar de la siguiente manera:

Diseño del producto → Documentación del producto → Planificación del Proceso de Fabricación → Planificación de la Producción → Fabricación → Control de Calidad → Expedición

El principio y final de este ciclo productivo es el mercado. El mercado lleva a las empresas a la necesidad de configurar sistemas productivos que sean capaces de:

- Mejorar la calidad integral de los productos.
- Reducir los costes de fabricación y ofertar productos más competitivos.
- Racionalizar el diseño de los productos, para incidir en la reducción de su coste de fabricación.
- Acortar los ciclos de desarrollo de nuevos productos, para dar una mayor respuesta a los cambios y necesidades del mercado.
- Mejorar los sistemas productivos para reducir los tiempos y aumentar la calidad de producción.
- Disminuir el trabajo en proceso.
- En general, aumentar la flexibilidad del sistema productivo para incidir en cada uno de los aspectos mencionados anteriormente.

Un sistema productivo moderno ha de tener dos características básicas, una alta productividad y flexibilidad, para así poder competir en el mercado. La flexibilidad se entiende por la capacidad de fabricar un amplio abanico de piezas.

Existen varios tipos de sistemas de fabricación. Entre ellos, los sistemas de fabricación flexible, los sistemas transfer flexible y, por último, las máquinas de control numérico. Estos últimos son los que se tendrán en cuenta en este proyecto.

Las máquinas de control numérico son las que mayor flexibilidad tienen, debido a su funcionamiento basado en una programación y sus características como máquinas universales.

Ejemplos de estas máquinas son los tornos, las fresadoras o las rectificadoras.

Una máquina de control numérico necesita de unos elementos básicos para su correcto funcionamiento, estos son la máquina herramienta, el control numérico, el programa y el programador. Así como necesita unos motores y sensores para diferenciar este tipo de máquinas de las de funcionamiento manual.

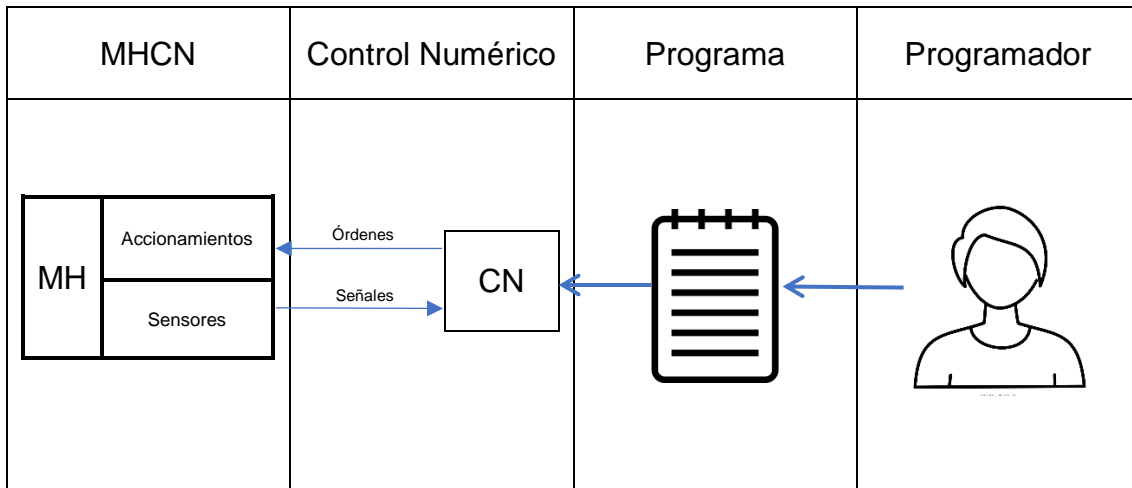


Figura 1: Esquema del funcionamiento básico de una máquina de control numérico

A continuación, se puede ver como se lleva a cabo este ciclo productivo, se explicarán todas las fases desde un plano en papel hasta la fabricación de una pieza.

3. ANTECEDENTES

Tanto en la asignatura de Sistemas de Procesos y Fabricación como Sistemas de Producción Industrial del grado se han dado e introducido conceptos muy interesantes, el querer seguir ampliando estos conocimientos son la motivación principal para haber escogido este tema para el trabajo de fin de grado.

Se ha propuesto un plano de una pieza con unas cotas y tolerancias específicas y exigentes para la realización de un lote de piezas de un adaptador de un torno. Partiendo de ese plano se va a realizar todo el plan de procesos.

Para realizar el plan de procesos se tendrá en cuenta unos medios productivos disponibles y se especificará con detalle la secuencia de los procesos, la selección de máquinas y herramientas, las operaciones a realizar, los amarres con sus utillajes y sus costes para conseguir el precio más económico posibles. El método utilizado de planificación de procesos es el que se describe en la asignatura del Grado de Ingeniería Mecánica, Sistemas de Producción Industrial.

4. NORMATIVA

4.1. Normativa para aceros

- UNE-EN 10083-1:2008
“Aceros para temple y revenido. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.”
- UNE-EN 10083-2:2008

“Aceros para temple y revenido. Parte 3: Condiciones técnicas de suministro de aceros de calidad aleados.”

- UNE-EN 10083-3:2008

“Aceros para temple y revenido. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro de aceros de calidad no aleados.”

- UNE-EN 10087:1999

“Aceros de fácil mecanización. Condiciones técnicas de suministro para semiproductos, barras y alambrón laminados en caliente.”

- UNE-EN 10283:2010

“Aceros moldeados resistentes a la corrosión.”

4.2. Normativa para aluminios

- UNE-EN 12258-1:2012

“Aluminio y aleaciones de aluminio. Términos y definiciones. Parte 1: Términos generales.”

- UNE-EN 12258-2:2006

“Aluminio y aleaciones de aluminio. Términos y definiciones. Parte 2: Análisis químico.”

4.3. Normativa máquina-herramienta

4.3.1. Seguridad

- UNE-EN 12417:2002+A2:2009

“Máquinas-herramienta. Seguridad. Centros de mecanizado.”

- UNE-EN 13128:2002+A2:2009

“Máquinas herramienta. Seguridad. Fresadoras (incluidas mandrinadoras).”

- UNE-EN 12717:2002+A1:2009

“Seguridad de las máquinas-herramienta. Taladros.”

4.3.2. General máquina-herramienta

- UNE 15450-2:2004

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 2: Ensayos geométricos de centros de mecanizado con eje principal del cabezal vertical o con cabezales universales con eje principal de rotación vertical (eje Z vertical).”

- UNE 15450-3:2000

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 3: Ensayos geométricos de centros de mecanizado con cabezales universales integrados con eje principal de rotación horizontal (eje Z vertical).”

- UNE 15450-4:2000

“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 4: Precisión y repetibilidad de posicionamiento de ejes lineales y giratorios.”

- UNE 15450-5:2000
“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 5: Precisión y repetibilidad de posicionamiento de paletas portapiezas.”
- UNE 15450-6:2000
“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 6: Precisión de avances, velocidades e interpolaciones.”
- UNE 15450-7:2000
“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 7: Precisión de una pieza de ensayo mecanizada.”
- UNE 15450-8:2001
“Máquinas-herramienta. Condiciones de ensayo de centros de mecanizado. Parte 8: Evaluación de la precisión del contorneado en los tres planos de coordenadas.”
- UNE 15701:1993
“Máquinas-herramienta. Presentación de las instrucciones para la lubricación.”
- UNE 15006:1975
“Velocidades y avances en las máquinas-herramienta.”
- ISO 6983
De esta norma derivan los lenguajes de programación empleados por las distintas máquinas de control numérico. Esta norma no fija todas las instrucciones necesarias, por ello existen diferencias entre la programación de los diferentes fabricantes y usuarios.
- ISO 841
Tiene como objetivo establecer recomendaciones referentes a los ejes y sistemas de referencia de las máquinas de control numérico, definiendo una nomenclatura de ejes y movimientos, de forma que se permita la intercambiabilidad de los programas entre los diferentes fabricantes de máquinas de control numérico.

4.3.3. Normativa aplicable a fresado

- UNE-EN ISO 15641:2002
“Fresas para mecanizado a alta velocidad. Requisitos de seguridad. (ISO 15641:2001).”

4.3.4. Normativa aplicable a torneado

- UNE-EN ISO 23125:2015
“Máquinas-herramienta. Seguridad. Tornos. (ISO 23125:2015, Versión corregida 2016-03-15).”

5. FACTORES A CONSIDERAR

5.1. Conformado de metales

En los procesos de conformado, las herramientas ejercen esfuerzos sobre la pieza de trabajo inicial obligándolas a tomar una forma y unas dimensiones establecidas de modo que se puedan obtener piezas que cumplan una función por sí mismas o acopladas a un conjunto.

Para formar exitosamente un metal éste debe poseer ciertas propiedades, baja resistencia a la fluencia y alta ductilidad.

Los procesos de conformado se pueden clasificar en operaciones de formado o preformado y operaciones de deformación volumétrica.

Los procesos básicos de conformado de metales son:

- Por moldeo: consiste en elevar la temperatura del metal hasta que se funde, para poder introducirlo en un molde con la forma que queremos obtener, donde finalmente se solidifica.
- Por soldadura: unión de piezas conformadas previamente.
- Por deformación y corte: se puede realizar tanto en frío como en caliente. Consiste en el choque o presión del material.
- Por arranque de material (viruta): consiste en arrancar parte del material en bruto mediante máquinas-herramientas, o bien mediante abrasión o erosión electrolítica.

Este último será el proceso que se llevará a cabo en ese proyecto. De este modo se podrá conseguir un acabado de alta calidad y las dimensiones tal y como se desean.

Al hacer un conformado por arranque de viruta se observan diferentes fenómenos:

- La viruta es más dura y frágil que la propia pieza.
- La cara en contacto con la herramienta queda brillante y pulida.
- El espesor de viruta es mayor de lo previsto.
- La viruta es más corta que la longitud cortada.
- Hay un aumento de temperatura tanto en la viruta como en la pieza y la herramienta.

La viruta podrá ser continua o discontinua. La viruta continua se dará en procesos de materiales dúctiles, mientras que la discontinua en materiales frágiles o dúctiles a baja velocidad de corte.

5.2. Definición de términos, elementos y recursos básicos

A continuación, se definen los términos básicos para poder entender este proyecto en su totalidad:

- Máquina-herramienta: según el Comité Europeo de Cooperación de las Industrias de Máquinas-Herramienta, se define como las máquinas no portables, que operadas por una fuente exterior de energía conforman los metales, por arranque de viruta, abrasión, choque, presión, procedimientos eléctricos o una combinación de los anteriores.

La forma final de la pieza se define mediante la forma de su herramienta, su incidencia en la pieza y dos movimientos principales:

- Movimiento de corte, M_c .
- Movimiento de avance, M_a .

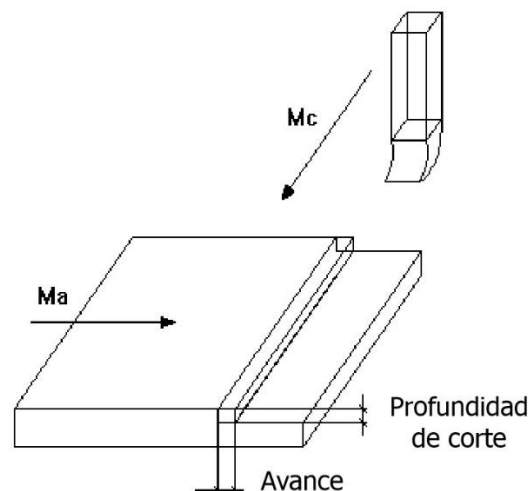


Figura 2: Movimientos fundamentales de una máquina-herramienta

- Control numérico: según la norma ISO/IEC 2382-1:1993, se define como el control automático de un proceso, ejecutado por un dispositivo que utiliza datos numéricos. La ejecución de las operaciones que realizan estas máquinas está controlada por unos movimientos concretos. El control numérico permite controlar estos movimientos en posición y velocidad.

- Control numérico por computador (CNC): consiste en emplear un ordenador como unidad de control. Por las características de los ordenadores se obtiene una serie de ventajas en comparación con los controles cableados. Actualmente solo se fabrican controles de este tipo.

5.3. Procesos más comunes en el conformado por arranque de viruta

Los procesos más comunes en el conformado por arranque de viruta y que se tendrán en cuenta en este trabajo son fresado, torneado, rectificado, y dentro de estos procesos, se tendrá en cuenta el taladrado, mandrinado, refrentado, ranurado, cilindrado, entre otros, como operaciones.

- Fresado: proceso que consiste en el corte del material con una herramienta con varios filos. Puede ejecutar movimientos en cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa, donde está la pieza que se mecaniza fijada. El movimiento de corte lo lleva la máquina, mientras que el de avance se ejecuta en los tres ejes, y puede llevarlo la máquina-herramienta o la mesa donde está amarrada la pieza.
- Torneado: proceso de generación de piezas de revolución. La herramienta, el torno, tiene un único filo de corte. La pieza que gira con la máquina es la que tiene el movimiento fundamental de corte, mientras que el de avance lo lleva la herramienta de forma radial y axial.
- Rectificado: proceso que proporciona calidad superficial y precisión a las superficies, lo que unido a su alto coste hace que sólo se aplique en operaciones de acabado. El proceso de rectificado de superficies planas se asemeja al fresado, ambos se aplican a superficies esencialmente planas. Siguiendo esto, el proceso de rectificado de superficies cilíndricas se asemeja al torneado. Suele utilizarse en la etapa final de fabricación, tras el torneado o fresado, para mejorar la tolerancia dimensional y el acabado superficial del producto.
- Taladrado: es una operación de mecanizado que se pueden realizar tanto en torno como en fresa. Consiste en la generación de agujeros, tanto el movimiento de avance como el de corte lo tiene la máquina-herramienta.
- Mandrinado: es una operación de mecanizado en torno que se realiza en agujeros de piezas ya realizadas para obtener mayor precisión dimensional, mayor precisión geométrica o una rugosidad superficial, pudiéndose utilizar para agujeros cilíndricos como cónicos, así como para realizar roscas interiores.
- Refrentado: es una operación de mecanizado en torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.
- Ranurado: es una operación de mecanizado que se puede realizar tanto en torno como en fresa. Consiste en mecanizar unas ranuras cilíndricas de anchura y profundidad variable en las piezas que se tornean, las cuales tienen muchas utilidades diferentes.
- Cilindrado: es una operación de mecanizado en torno mediante la cual se reduce el diámetro de la barra de material que se está trabajando.

5.4. Principios básicos del mecanizado

En este trabajo de fin de grado se tendrán en cuenta los procesos de fresado, torneado y rectificado. Los tres términos quedan definidos en el subapartado anterior.

El proceso de fresado se puede aplicar de dos formas fundamentales. Aunque una fresa siempre corta con la periferia, la resultante puede ser la superficie en contacto con la periferia o la superficie en contacto con la base de la fresa. Es así como aparecen los dos tipos de fresado, frontal o periférico. Cuando la

resultante es la superficie en contacto con la base es un fresado frontal, mientras que cuando la resultante es la superficie en contacto con la propia periferia es un fresado periférico.

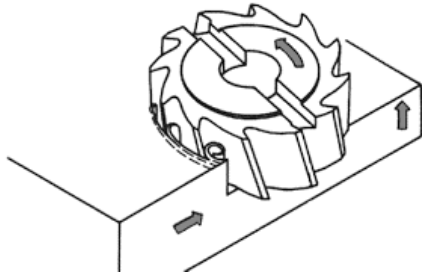


Figura 3: Fresado frontal

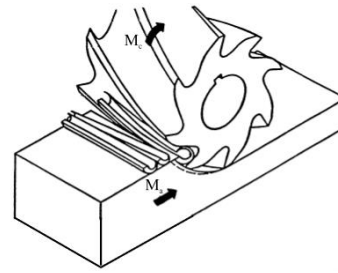


Figura 4: Fresado periférico

Hay dos tipos básicos de fresadoras, verticales y horizontales. Ambas se definen según el eje de la herramienta.

La fresadora vertical tiene el eje perpendicular a la mesa, mientras que la horizontal lo tiene paralelo. Con la fresadora vertical se puede realizar fresado frontal, periférico y la combinación frontal-periférico. En cambio, la fresadora horizontal se utiliza especialmente para fresado periférico.

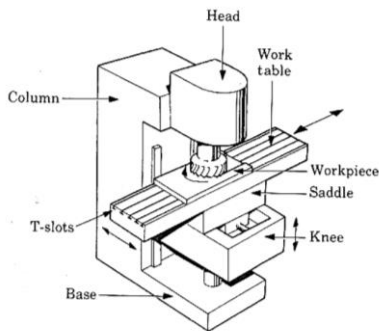


Figura 5: Fresadora vertical

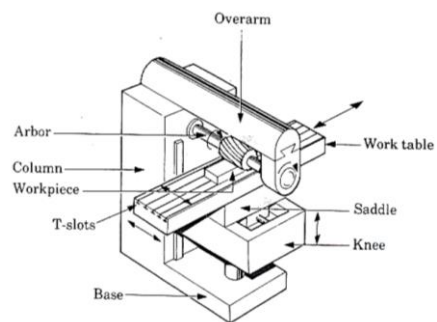


Figura 6: Fresadora horizontal

Para un proceso de fresado puede haber diferentes operaciones, entre las más comunes se encuentran el planeado, contorneado, forma, ranurado, escariado, taladrado, roscado, lamado o avellanado.

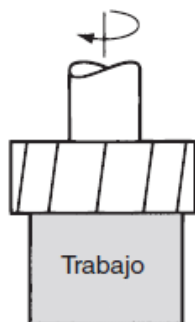


Figura 7: Fresado frontal (planeado)

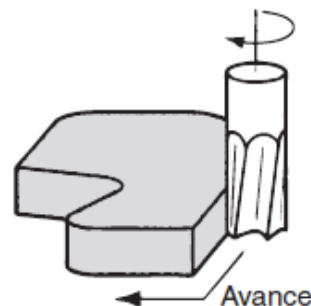


Figura 8: Fresado periférico (contorneado)

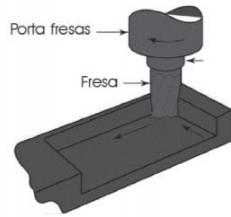


Figura 9: Fresado frontal periférico-(general)

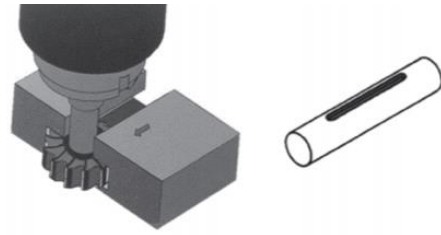


Figura 10: Fresado frontal periférico (ranurado)



Figura 11: Fresado (taladrado)

Estas cinco figuras muestran operaciones que se pueden realizar con fresadora vertical.

A continuación, operaciones semejantes al taladrado que se realizan con fresadora vertical:

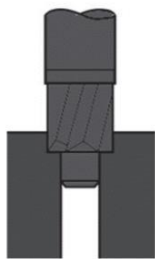


Figura 12: Fresado (lamado)

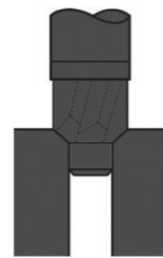


Figura 13: Fresado (avellanado)

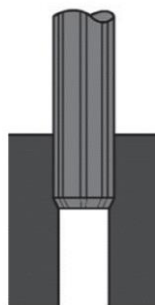


Figura 14: Fresado (escariado)

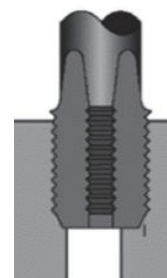


Figura 15: Fresado (roscado)

Por último, las operaciones con fresadora horizontal:

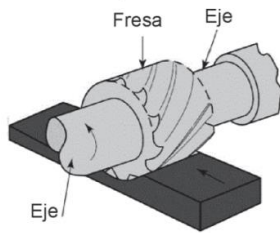


Figura 16: Fresado periférico (planeado)

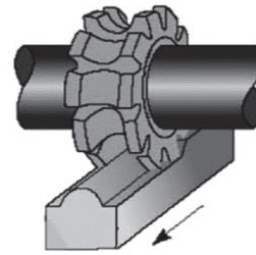


Figura 17: Fresado periférico (forma)

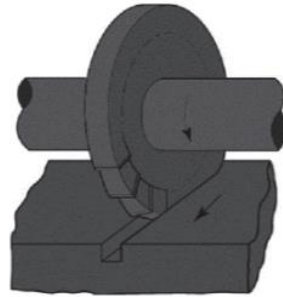


Figura 18: Fresado frontal periférico (ranurado)

Para definir una operación de fresado son necesarios unos parámetros, que dependiendo de la herramienta se tiene:

- Diámetro de la herramienta (mm)
- N.º de dientes (z)
- Paso entre dientes (u)

Los parámetros para las condiciones de corte son:

- Velocidad de corte, Vc (m/min)
- Velocidad de giro de la herramienta, n (rpm)
- Avance por diente, Sz (mm/diente)
- Avance por vuelta, Sn (mm/vuelta)
- Velocidad de avance, Va (mm/min)
- Profundidad pasada axial, aa (mm)
- Profundidad de pasada radial, ar (mm)

Las siguientes fórmulas muestran los diferentes cálculos necesarios para realizar un proceso de fresado.

$Sz = \frac{Va}{z * n}$	<p>$Sz(mm/diente)$ = Avance por diente $Va(mm/min)$ = Velocidad de avance $z = n^{\circ}$ dientes $n (rpm)$ = Velocidad de giro de la herramienta</p>
-------------------------	--

$S_n = S_z * z$	<p> $S_n(mm/vuelta)$ = Avance por vuelta $S_z(mm/diente)$ = Avance por diente $z = n^o$ dientes </p>
$V_a = S_n * n$	<p> $V_a(mm/min)$ = Velocidad de avance $S_n(mm/vuelta)$ = Avance por vuelta $n (rpm)$ = Velocidad de giro de la herramienta </p>
$V_c = \pi * D * n$	<p> $V_c(m/min)$ = Velocidad de corte $D(mm)$ = Diámetro de la herramienta $n (rpm)$ = Velocidad de giro de la herramienta </p>
$u = \frac{\pi * D}{z}$	<p> u = paso entre dientes $D(mm)$ = Diámetro de la herramienta $z = n^o$ dientes </p>
$F_{tm} = K_{sm} * A_m$	<p> F_{tm} = Fuerza media de corte de un filo K_{sm} = Fuerza específica de corte A_m = Sección de corte media </p>
$M = F_{tm} * \frac{D}{2} * z_{cort}$	<p> M = Par de corte medio de la fresa F_{tm} = Fuerza media de corte de un filo z_{cort} = Número medio de dientes cortando </p>

$P_{media} = M * w$ $P_{media} = F_{tm} * v_{cort} * z_{cort}$	P_{media} = Potencia de corte media de la fresa $w(rad(s)) = \text{velocidad angular } \left(\frac{2 * \pi}{60} * n\right)$
$P_c = \frac{a_p * a_e * Va * K_c}{60 * 10^6 * \eta}$	$P_c(kW)$ = Potencia de corte $a_p(mm)$ = Profundidad de corte $a_e(mm)$ = Ancho de corte $Va(mm/min)$ = Velocidad de avance $K_c\left(\frac{N}{mm^2}\right)$ = Fuerza de corte específica η = Coeficiente de rendimiento de la máquina

Tabla 1: Fórmulas para operaciones de fresado

El caso del torno es mucho más sencillo, solo existe un proceso, torneado, con varias operaciones disponibles.



Figura 19: Torno CNC

Esta máquina-herramienta crea piezas de revolución, como ya se ha indicado en el subapartado anterior.

Las posibles operaciones para un torneado son entre otras el cilindrado, refrentado, cilindrado cónico, copiado, ranurado, mandrinado, escariado, taladrado, lamado, avellanado o roscado.

El acceso en torneado puede ser radial o axial.

Las operaciones que requieren de acceso radial son las siguientes:

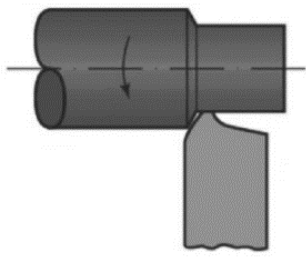


Figura 20: Torneado (cilindrado)

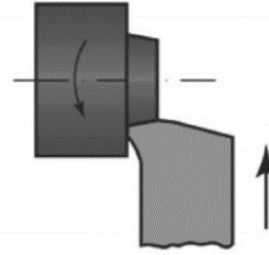


Figura 21: Torneado (refrentado)

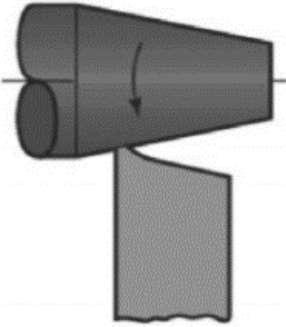


Figura 22: Torneado (cilindrado cónico)

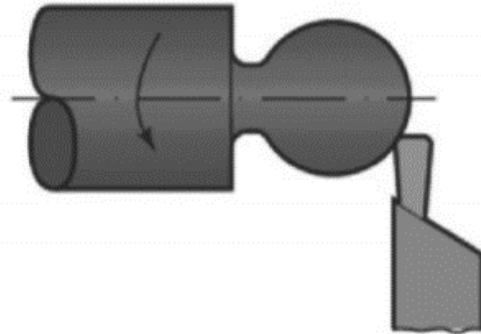


Figura 23: Torneado (copiado)

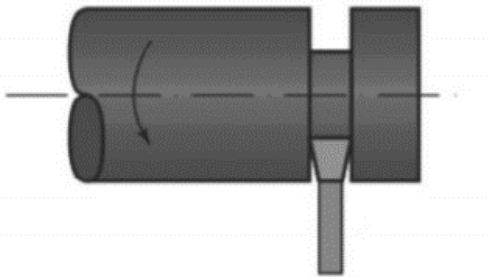


Figura 24: Torneado (ranurado radial)

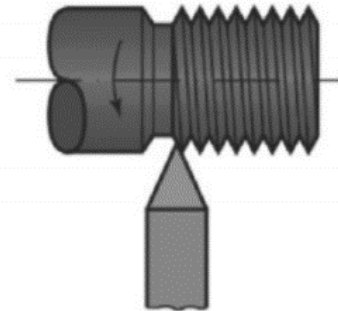


Figura 25: Torneado (roscado)

Y las que tiene acceso axial (desde el perfil derecho o izquierdo) son:

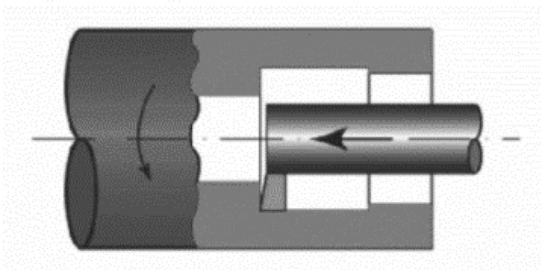


Figura 26: Torneado (mandrinado)

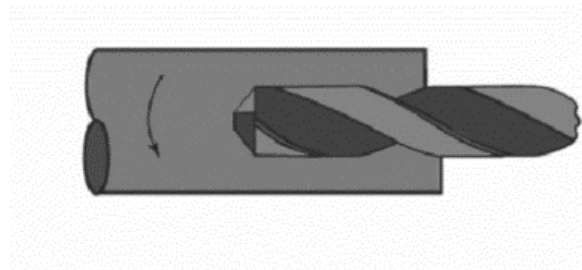


Figura 27: Torneado (taladrado)

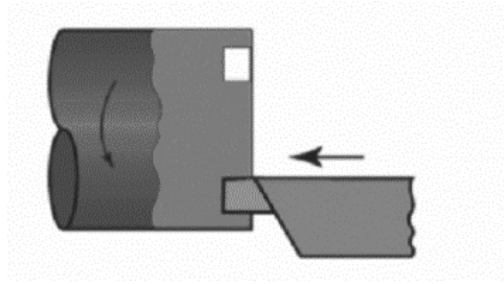


Figura 28: Torneado (ranurado axial)

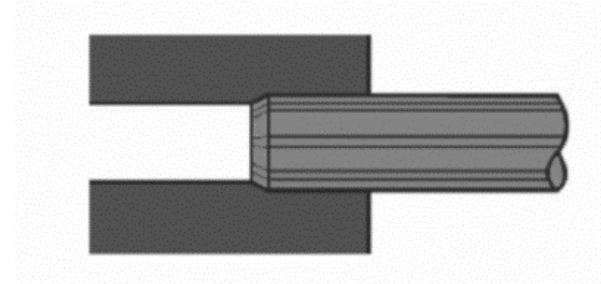


Figura 29: Torneado (escariado)

Para definir una operación de torneado son necesarios unos parámetros:

- Velocidad del husillo, n (rpm)
- Velocidad de corte, V_c (m/min)
- Avance por vuelta, a (mm/rev)
- Velocidad de avance lineal, V_a (mm/min)
- Profundidad de pasada, p (mm)
- Fuerza principal de corte, F_t
- Fuerza de empuje, N_t
- Potencia de corte, P

Las siguientes fórmulas muestran los diferentes cálculos necesarios para realizar un proceso de torneado.

$V_c = \pi * D * n$	$V_c(m/min)$ = Velocidad de corte $D(mm)$ = Diámetro de la herramienta $n(rpm)$ = Velocidad de giro de la herramienta
$a = \frac{V_a}{n}$	$a(mm/min)$ = Avance por vuelta $V_a(mm/min)$ = Velocidad de avance $n(rpm)$ = Velocidad de giro de la herramienta
$F_t = K_s * A$	F_t = Fuerza principal de corte K_{sm} = Fuerza específica de corte A_m = Sección de viruta

$P = F_t * V_c$	$P = \text{Potencia de corte}$ $F_t = \text{Fuerza principal de corte}$ $V_c = \text{Velocidad de corte}$
-----------------	---

Tabla 2: Fórmulas para operaciones de torneado

Dentro del proceso de rectificado se encuentran dos tipos de rectificadoras, cilíndrica y plana.

El rectificado es el proceso más caro, en comparación con el fresado y el torneado, esto se debe a diferentes factores. Las herramientas son más caras y se tiene que cambiar manualmente.

Se encuentran dos tipos de rectificadoras planas. La rectificadora de tipo frontal que se asemeja a una fresadora vertical y la rectificadora tangencial que se asemeja a la fresadora horizontal.



Figura 30: Rectificadora plana frontal



Figura 31: Rectificadora plana tangencial

Las posibles operaciones que se pueden realizar con este rectificado son planeado y cilindrado (exterior o interior).

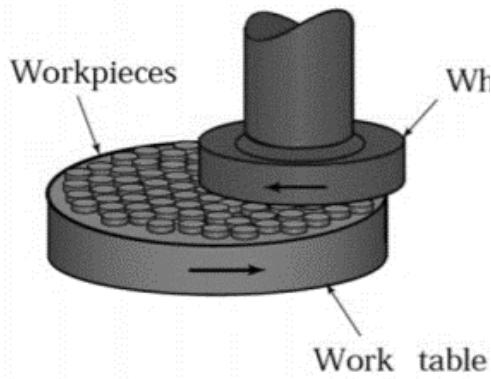


Figura 32: Rectificado frontal (planeado)

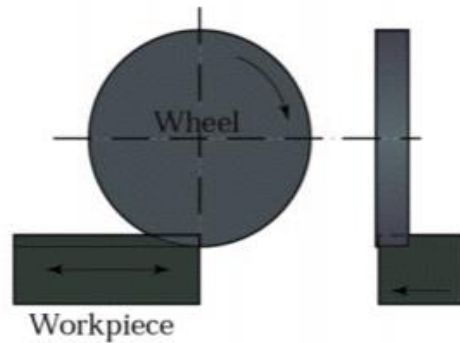


Figura 33: Rectificado tangencial (planeado)

El proceso de rectificado cilíndrico se asemeja al torneado.

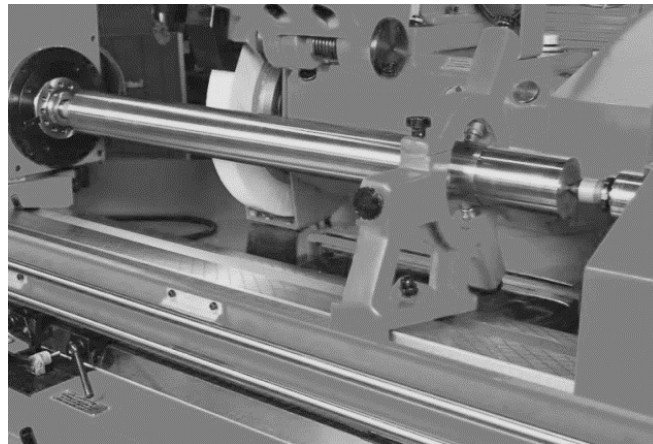


Figura 34: Rectificadora cilíndrica

Las posibles operaciones para rectificado cilíndrico son, igual que en rectificado plano, planeado y cilindrado (exterior o interior).

5.5. Partes y geometría de las herramientas

La herramienta elemental se caracteriza por una forma de cuña con un filo recto.

En las herramientas se observan tres partes fundamentales, dos superficies planas que delimitan, la cara de desprendimiento, donde se roza la viruta, y la cara de incidencia, la más cercana a la pieza a mecanizar, por último, el filo de corte, la arista que une estas dos superficies, siendo único en operaciones de torneado y múltiple en operaciones de fresado.

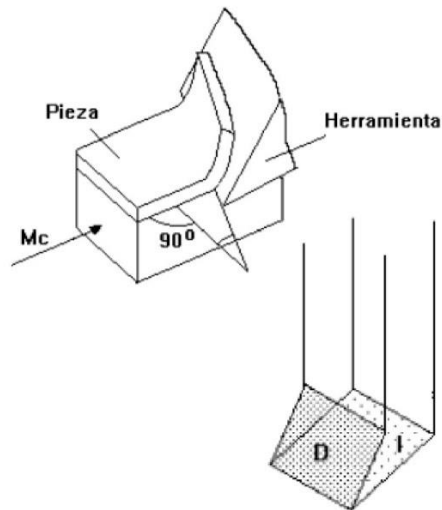


Figura 35: Partes de la herramienta

En caso de que el avance sea transversal, aparece el contrafilo. Una arista de corte secundaria, formada por la superficie secundaria de incidencia perpendicular a la pieza con el avance transversal.

La geometría de las herramientas queda definida por la propia geometría de la herramienta y la geometría del proceso que se realizará. La geometría de las herramientas se define por los siguientes ángulos:

- Ángulo de incidencia (α): ángulo que evita el rozamiento entre la pieza y la herramienta. Debe ser siempre positivo y lo más pequeño posible para no debilitar la herramienta. Su valor depende de la resistencia y elasticidad del material a mecanizar.
- Ángulo de filo (β): es el ángulo de filo entre la cara de desprendimiento y la cara de incidencia.
- Ángulo de desprendimiento (γ): ángulo que influye en la formación de la viruta y determina la dirección en la que fluye la viruta. Si $\gamma < 0$, a la viruta le cuesta más salir, pero la herramienta tiene un filo más robusto (β es mayor). Si $\gamma > 0$, la viruta sale más fácilmente, pero la herramienta se debilita (β es más pequeño).

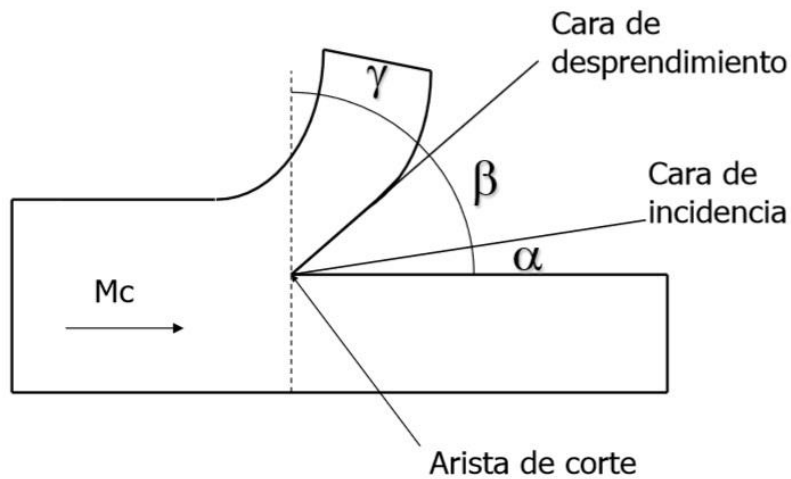


Figura 36: Geometría de la herramienta

Se debe cumplir: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$

Una vez definida la geometría de la herramienta, se define la geometría del proceso mediante dos ángulos:

- Ángulo de posición (K): ángulo entre la arista de corte y la dirección del movimiento de avance.

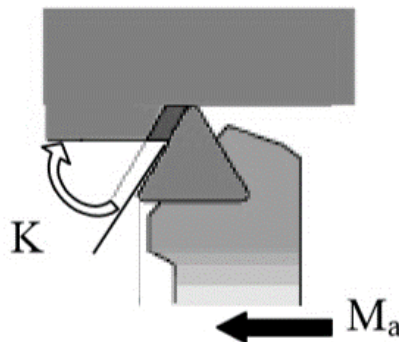


Figura 37: Esquema ángulo de posición

- Ángulo de inclinación (L): ángulo entre la arista de corte y la perpendicular al movimiento de corte. Si $L = 0^\circ$ el corte es ortogonal.

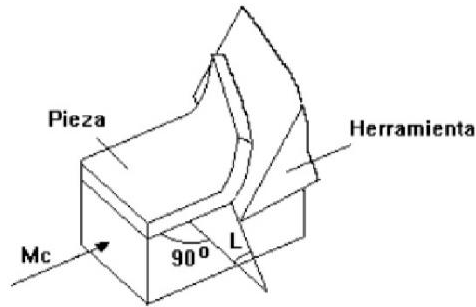


Figura 38: Esquema ángulo de inclinación

5.6. Material de las herramientas

Los materiales de las herramientas varían con las condiciones de corte, los acabados y los materiales de las piezas que se van a fabricar.

Pueden ser de acero al carbono o de baja aleación, aceros rápidos (HSS), metal duro (Carbides), materiales cerámicos, nitruro de boro cúbico o de diamante.

El material para emplear en el utillaje debe ser resistente a la fractura frágil y, a la vez, a posibles vertidos de ácidos fuertes.

6. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y POSIBLES SOLUCIONES

En este apartado se incluye toda la planificación de procesos, pasando desde el material en bruto hasta llegar a la forma final que se pide para fabricar la pieza. Se van a establecer las máquinas, las herramientas, los procesos y sus operaciones, los amarres y sus utillajes y las condiciones de mecanizado.

Antes de comenzar se tienen unos datos de partida:

- Planos del utillaje original (Adjuntados en el documento 2).
- Programa de fabricación (lote de 200 piezas).
- Máquinas, herramientas, amarres y utillajes disponibles.

Las etapas que hay que seguir para realizar el plan de procesos con éxito son:

- Dibujo e información de la pieza
- Análisis geométrico de la pieza
- Selección del material y bruto
- Asociación de superficies
- Volúmenes de mecanizado
- Determinación de los procesos y secuencia de mecanizado
- Selección de máquinas-herramienta
- Selección de herramientas con sus condiciones de corte
- Selección de utillajes, amarres y sus respectivas superficies de referencia y sujeción

- Confección del programa máquina CN y simulación del proceso
- Determinación de tiempos y costes de fabricación

El objetivo final es conseguir la máxima eficacia en el proceso productivo, teniendo en cuenta todas las restricciones de carácter económico o tecnológico que existan.

6.1. Dibujo de la pieza y análisis geométrico

La pieza que se debe fabricar es un adaptador que se utiliza en los tornos de CNC para sujetar las herramientas de mecanizado, tal como se muestra en la figura 39.

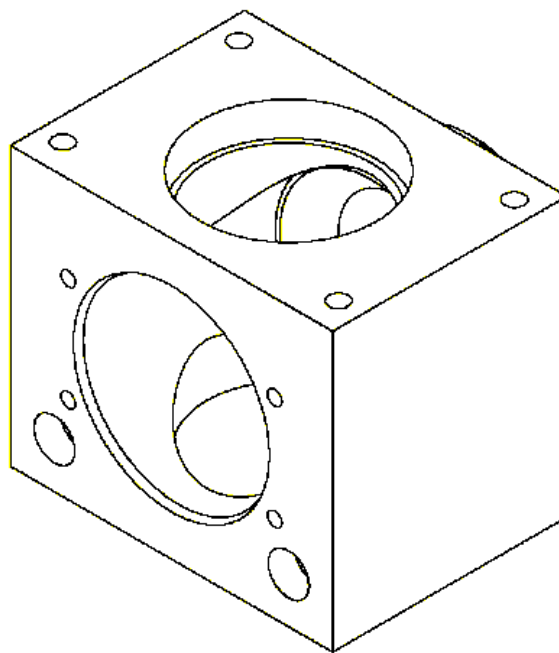


Figura 39: Adaptador herramienta

Las vistas de la pieza son las siguientes:

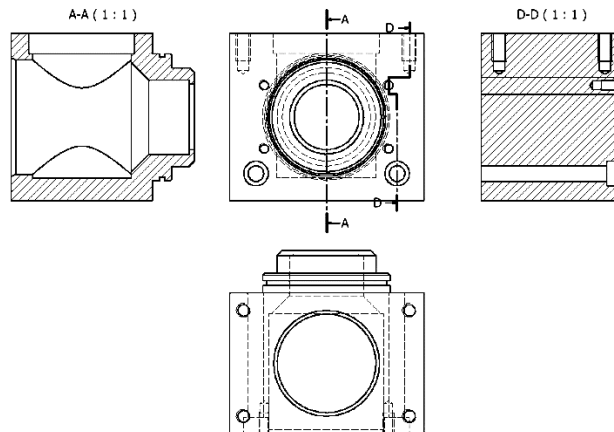


Figura 40: Vistas de la pieza

En la tabla a continuación, se muestra un análisis de tolerancias del plano.

Superficie	INTRINSECAS			RELATIVAS	
	Dimensiones (IT)	Geométrica (-/100)	Ra (µm)	Dimensiones (IT)	Geométrica (-/100)
1			3,2	11	
2			4	11	
3			1	11	0,005
4			3,2	11	
5			3,2	11	
6			3,2	11	
7	6		3,2		
8			3,2	11	
9	4		2,5		0,005
10			3,2	11	
11			3,2	11	
12	8		2,5		0,01
13	7		2,5		0,005
14			3,2	11	
15			3,2	11	
16			3,2	11	
17			2,5	11	

Tabla 3: Análisis de tolerancias

6.2. Selección del material y material en bruto

El material que se va a emplear está definido en el plano de partida. Se trata de un acero C45. Este acero se caracteriza por una resistencia entre 60-80 kg/mm². Templado por inducción llega a 50-60 HRC. No es recomendable para soldar. Sus aplicaciones más comunes son para maquinaria, tornillos, bielas, ejes y cadenas.

Se realizará un lote de 200 piezas. Cada pieza consta de un material en bruto o de partida de dimensiones: 105x110x95 mm.

6.3. Asociación de superficies

A continuación, se numeran las superficies y se asocian si están juntas y se mecanizan con la misma herramienta.

La figura con las superficies numeradas queda de la siguiente manera:

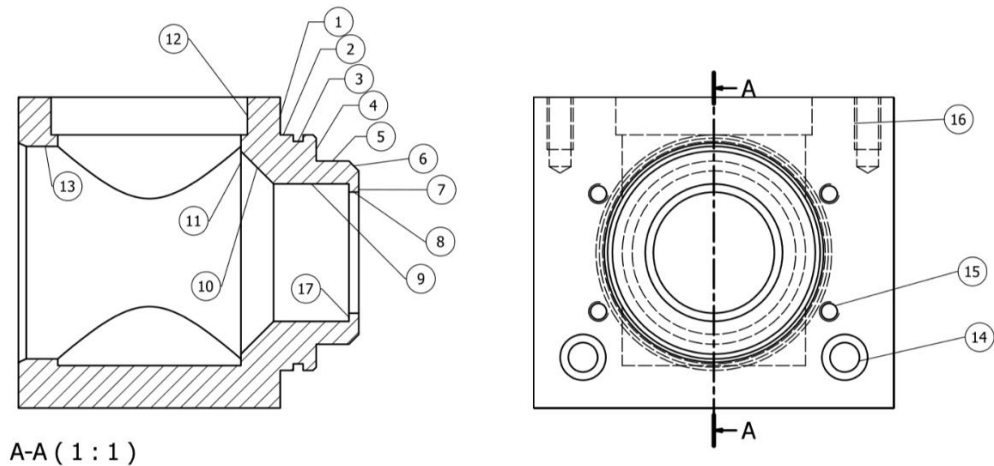


Figura 41: Asignación de superficies

6.4. Determinación de los procesos de fabricación

Planteando los distintos posibles planes de procesos hay que tener en cuenta en primer lugar los posibles procesos de desbaste a realizar en la pieza. Para ello, se agrupan las superficies que se van a realizar en conjunto, y se plantean los procesos.

Los posibles procesos de desbaste son:

SUPERFICIES	DESBASTE
1-2	torneado (refrentado) torneado (cilindrado) fresado frontal (1) periférico (2)-(general)
3	torneado (ranurado radial) fresado frontal-periférico (ranurado)
4-5	torneado (refrentado) torneado (cilindrado)
6	no se realiza desbaste
7	no se realiza desbaste
8	torneado (mandrinado)
9	torneado (mandrinado)
10	torneado (mandrinado)
11	fresado frontal periférico (general)
12	fresado frontal periférico (general)
13	torneado (mandrinado), fresado periférico
14	fresado (taladrado)
15	fresado (roscado)
16	fresado (roscado)
17	no se realiza desbaste

Tabla 4: Posibles procesos de desbaste

Para la selección de los procesos de acabado y como consecuencia los de desbaste, se tendrá en cuenta la siguiente tabla de capacidades de máquina, de manera que se pueda cumplir con las calidades y tolerancias exigidas.

Procesos	Dimensión (IT)	Ra	Geométrica (—/100)	Coste desbaste	Coste acabado
Fresado frontal	6	0.4	0.01/100	$2 \cdot 10^{-5}$ €/mm ³	$2 \cdot 10^{-4}$ €/mm ²
Fresado periférico	8	1.6	0.01/100	$2 \cdot 10^{-5}$ €/mm ³	$2 \cdot 10^{-4}$ €/mm ²
Torneado	7	0.8	0.01/100	$2.5 \cdot 10^{-5}$ €/mm ³	$1.5 \cdot 10^{-4}$ €/mm ²
Rectificado	4	0.1	0.002/100		$2 \cdot 10^{-3}$ €/mm ²
Operaciones					
Escariado D < 15	5	0.4	0.01/100		$3 \cdot 10^{-4}$ €/mm ²
Taladrado D < 20 (Cap.: solo broca)	9	3.2	0.1/100	$1 \cdot 10^{-5}$ €/mm ³	
Roscado	7	0.4	0.01/100		$4 \cdot 10^{-4}$ €/mm ²
Restricción	Fresado Periférico, en fresadora vertical, limitado a una altura ≤ 100 mm Debido a que las fresas disponibles permiten un voladizo ≤ 100 mm				
Restricción	Fresado frontal, en fresadora horizontal, limitado a una altura ≤ 45 mm				

Tabla 5: Capacidades y costes

Si se compara el análisis de tolerancias con la tabla de capacidades, se puede ver que será necesario realizar algunos rectificados para obtener la calidad exigida.

En el plan de procesos se debe distinguir entre fase, subfase y operación.

- Fase: trabajo realizado en una máquina, puede contener distintas subfases y operaciones.
- Subfase: trabajo realizado en una máquina en una misma sujeción. Puede contener distintas operaciones.
- Operación: parte elemental de un mecanizado, cada una de las veces que se elimina material.

Se va a proceder a la secuencia de fases y subfases de manera general, en el siguiente apartado se explica con detalle.

Observando la tabla de posibles procesos de desbaste y la tabla de capacidades se aprecian tres fases necesarias, torno, fresadora y rectificadora.

En la primera fase existen dos subfases.

A continuación, se muestran dos vistas de la pieza con la asignación de superficies a mecanizar, con sus respectivos volúmenes de mecanizado, de la primera subfase.

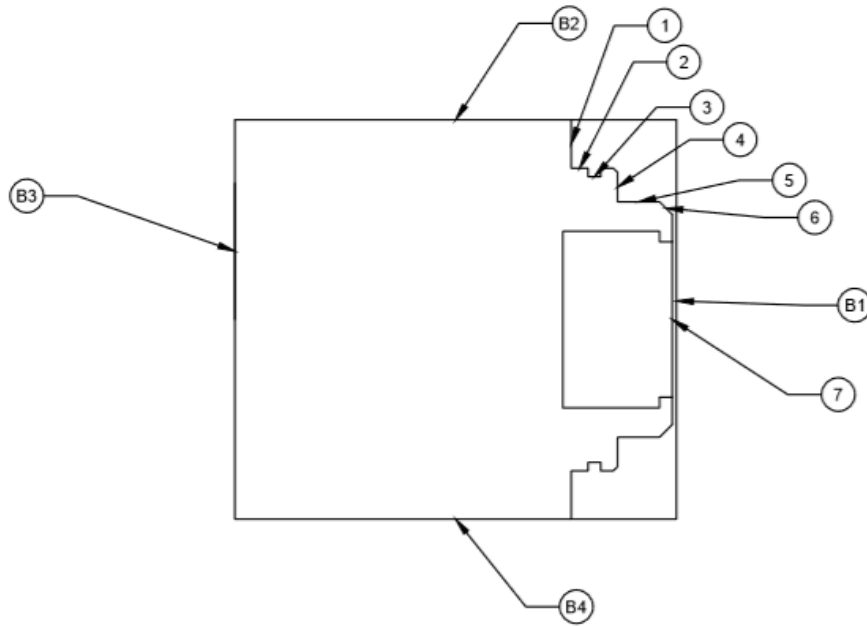


Figura 42: Subfase 1.1. Asignación de superficies

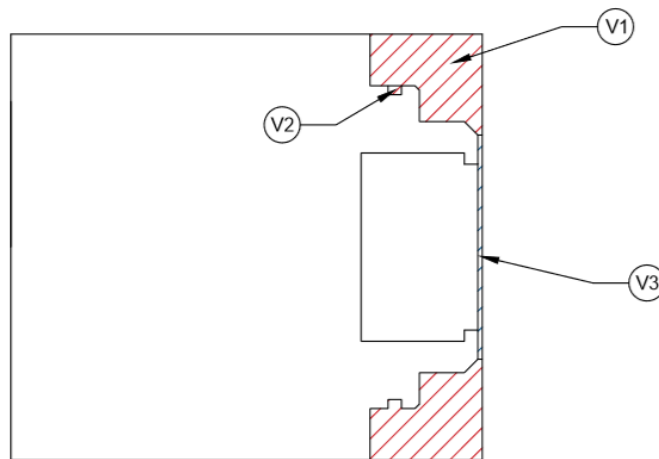


Figura 43: Subfase 1.1. Volúmenes de mecanizado

La asociación de superficies, volúmenes y procesos de fabricación para la subfase serán los siguientes:

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso (operación)
V1	1,2,4,5,6	Torneado (cilindrado)
V2	3	Torneado (ranurado)
V3	7	Torneado (refrentado) [A]

Tabla 6: Subfase 1.1. Proceso de mecanizado

Se procede del mismo modo para el resto de subfases.

Se muestran las vistas para entender las superficies y volúmenes de la subfase 1.2.

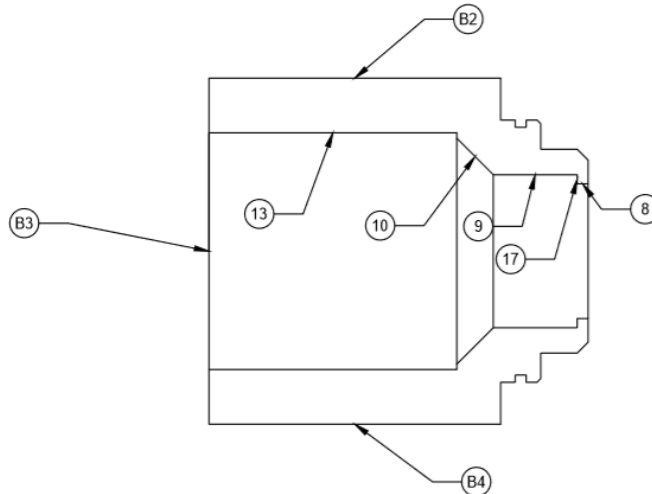


Figura 44: Subfase 1.2. Asignación de superficies

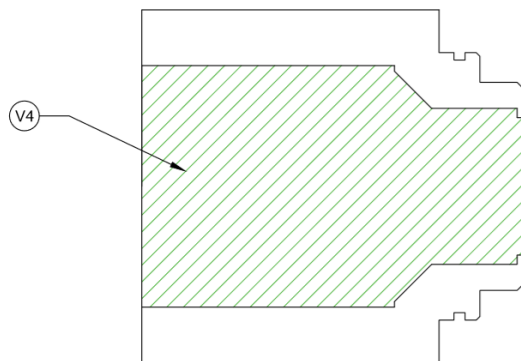


Figura 45: Subfase 1.2. Volúmenes de mecanizado

La asociación de superficies, volúmenes y procesos de fabricación para la subfase serán los siguientes:

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso (operación)
V4	8,9,10,13,17	Torneado (mandrinado)

Tabla 7: Subfase 1.2. Proceso de mecanizado

Así quedaría finalizada la primera fase. La segunda fase es en fresadora vertical, también tiene dos subfases.

La subfase 2.1. tiene como superficies asociadas y volúmenes de mecanizado los siguientes:

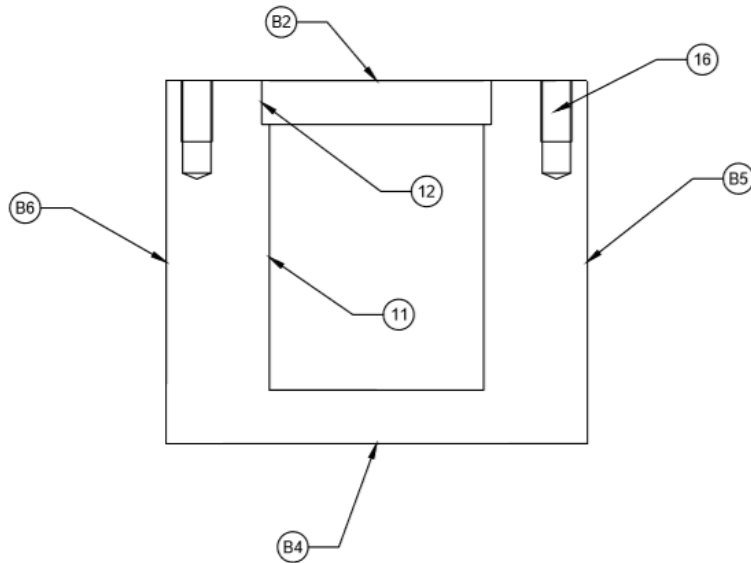


Figura 46: Subfase 2.1. Asignación de superficies

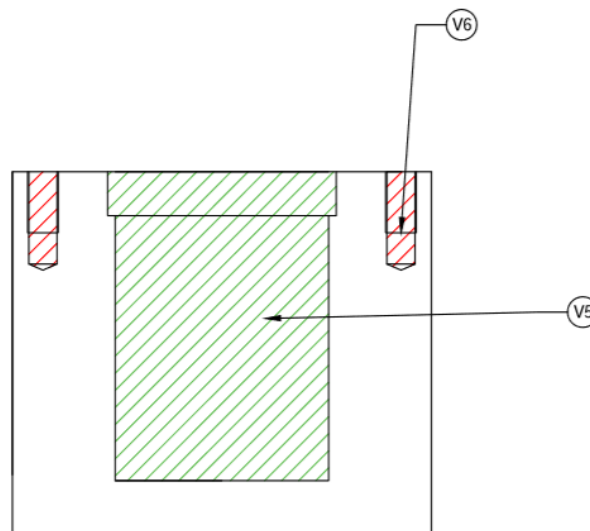


Figura 47: Subfase 2.1. Volúmenes de mecanizado

La asociación de superficies, volúmenes y procesos de fabricación para la subfase serán los siguientes:

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso (operación)
V5	11,12	Fresado frontal periférico-(general)
V6	16	Fresado (roscado)

Tabla 8: Subfase 2.1. Proceso de mecanizado

La subfase 2.2. tiene como superficies asociadas y volúmenes de mecanizado los siguientes:

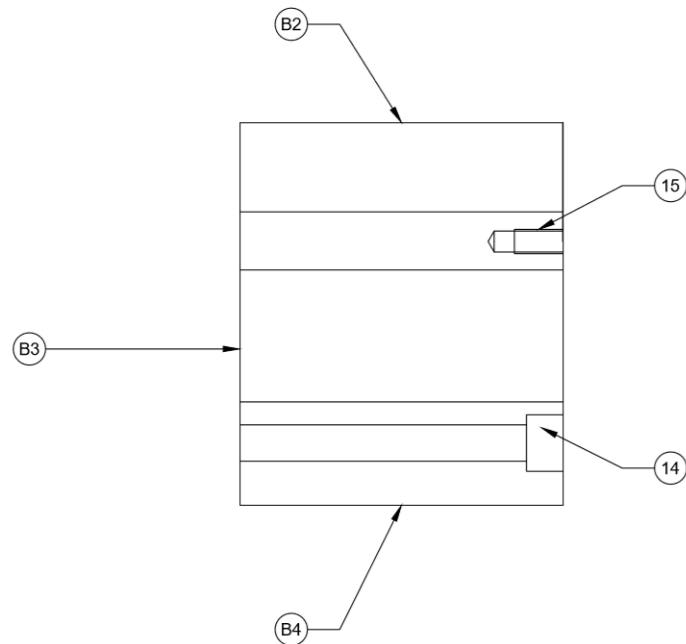


Figura 48: Subfase 2.2. Asignación de superficies

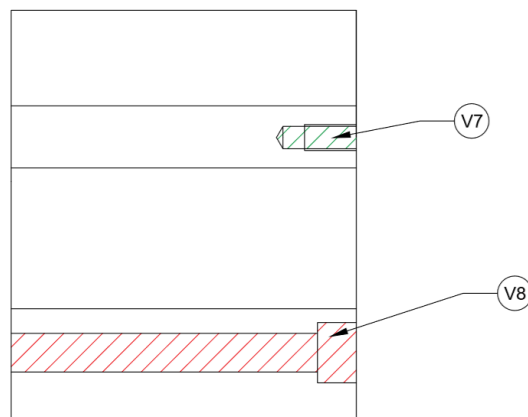


Figura 49: Subfase 2.2. Volúmenes de mecanizado

La asociación de superficies, volúmenes y procesos de fabricación para la subfase serán los siguientes:

Volumen de mecanizado	Superficies asociadas	Proceso (operación)
V7	15	Fresado (roscado)
V8	14	Fresado (taladrado)

Tabla 9: Subfase 2.2. Proceso de mecanizado

La última fase es la rectificadora cilíndrica, con la que se realizarán los acabados de las superficies que tienen tolerancias muy exigentes. Estas superficies son la 2 en la subfase 3.1. y las superficies 9 y 13 en la subfase 3.2.

La superficie 2 tiene una IT 6, y el torneado permite como mínimo una IT 7, por eso se realiza un rectificado como acabado.

Las superficies 9 y 13 tienen una tolerancia geométrica de perpendicularidad de 0.005 con respecto a la superficie 2, lo mínimo que se permite en torneado es 0.01, por eso se realiza un rectificado como acabado.

6.5. Secuencia de mecanizado

Una vez determinados los procesos de mecanizado se procede a determinar la secuencia en la que serán realizados.

Se busca optimizar el tiempo de fabricación, para ello se busca el mínimo número de amarres (subfases), así mismo el menor número de herramientas. Dentro de cada operación se busca la trayectoria más eficiente. También se busca el precio más económico posible, esto se tendrá en cuenta en la selección de amarres y utillajes.

La pieza constará de tres fases, una primera de torno, una segunda de fresadora vertical y una última de rectificadora cilíndrica. Cada una de las fases consta de dos subfases con sus amarres correspondientes.

Dentro de la fase de torneado, se encuentran dos subfases. Para la subfase 1.1 se va a amarrar la pieza por la parte izquierda para mecanizar la parte derecha de la pieza.

Esta subfase consta de las siguientes operaciones:

- Operación 1.1.1. Se realiza un torneado cilindrado con pasadas de 3 mm. Se realizan dos pasadas, un desbaste inicial dejando 1 mm de creces, y un acabado para quitar esas creces.
Volumen de mecanizado V1.
- Operación 1.1.2. Se realiza un torneado refrentado con la misma herramienta con la que se ha realizado el cilindrado. Se quitará 1 mm del propio bruto inicial.
Volumen de mecanizado V3.
- Operación 1.1.3.: Se realiza un torneado ranurado, con una sola pasada de 3 mm en acabado.
Volumen de mecanizado V2.

El orden para realizar estas operaciones queda definido por las herramientas que se usarán, como el cilindrado y el refrentado se realizan con la misma, sus operaciones van seguidas. La operación de ranurado es únicamente de acabado, se puede realizar al final.

Para la subfase 1.2. existen una sola operación:

- Operación 1.2.1. Se realiza un torneado mandrinado, con pasadas de 3 mm
Volumen de mecanizado V4.

Para la segunda fase se cambia de máquina herramienta. Esta vez, se usa una fresadora vertical. Hay dos subfases.

Para la subfase 2.1. existen las siguientes operaciones:

- Operación 2.1.1. Se realiza un fresado frontal periférico con una fresa de 25,4 mm de diámetro, se realizará un desbaste con un ciclo fijo de fresado, dejando 1 mm de creces que se quitarán en el posterior acabado.
Volumen de mecanizado V5.
- Operación 2.1.2. Se realiza un roscado. Se realizado un premecanizado con una broca de 6,8 mm para abrir camino, más tarde se realiza la rosca con un macho de métrica 8.
Volumen de mecanizado V6.

Para la subfase 2.2. existen las siguientes operaciones:

- Operación 2.2.1. Se realiza un roscado igual al de la operación 2.1.2.
Volumen de mecanizado V7.

En la última fase se va a usar una rectificadora para realizar los acabados de algunas superficies con tolerancias muy exigentes. Hay dos subfases.

Para la subfase 3.1 existe la siguiente operación:

- Operación 3.1.1. Se realiza el acabado de la superficie 2.

Para la subfase 3.2. existe la siguiente operación:

- Operación 3.2.1. Se realizan los acabados de las superficies 9 y 13.

A continuación, se muestra una tabla resumen del plan de procesos. Se entiende por fase, la máquina a emplear, por cada subfase, se refiere a los distintos amarres; y por operación, el proceso de mecanizado por el cual se asocian las superficies con los volúmenes de mecanizado.

FASE	SUBFASE	OPERACIÓN	VOLUMEN MECANIZADO	SUPERFICIE
1	1.1	Torneado (cilindrado)	V1	1,2,4,5,6
		Torneado (refrentado)	V3	7
		Torneado (ranurado)	V2	3

	1.2	Torneado (mandrinado)	V4	8,9,10,13,17
2	2.1	2.1.1	V5	11,12
		2.1.2	V6	16
	2.2	2.2.1	V7	15
		2.2.2	V8	14
3	3.1	3.1.1	-	2
	3.2	3.2.1	-	9,13

Tabla 10: Resumen del plan de procesos

6.6. Selección y justificación de las máquinas-herramienta

Como ya se ha mencionado anteriormente, para llevar a cabo el plan de procesos de la pieza requerida se van a utilizar tres máquinas. Un torno, una fresadora vertical y una rectificadora cilíndrica. Tanto el torno como la fresadora vertical serán de CNC (Control Numérico por Computador), que frente a las máquinas convencionales permiten hacer geometrías más complejas que no se pueden hacer manualmente y que optimizan el mecanizado, a la vez que mejoran precisión y velocidad.

Para poder mover los ejes de la fresadora y del torno se incorporan unos motores cuyos movimientos se controlan mediante CNC. El CNC también se encarga del intercambio de herramientas, todo esto a través del correspondiente programa de control numérico, que contiene un lenguaje de programación con números y letras, de forma que controla todos los movimientos y posibilidades de la máquina CNC.

Para el trabajo se emplearán las máquinas que existen en el departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales de la Universidad Politécnica de Valencia. Un torno horizontal Izaro de CNC de 15 KW de potencia y una fresadora vertical Kondia B-500, con control numérico Fagor 8025, de 5.5 KW.

Por último, una rectificadora cilíndrica de 5.5 KW.

En el Anejo 1, se encuentra la información sobre las máquinas-herramienta a emplear en el proyecto.

6.7. Selección de amarres y utillajes

Como se ha visto en el apartado de procesos de fabricación y de secuencia de mecanizado, ya se conocen los amarres necesarios para la realización de la

pieza. Hay que realizar los amarres de manera precisa y estable de modo que se garantice la posición de la pieza respecto a la máquina.

Hay seis subfases, cada una con un amarre propio y, a su vez, un utillaje distinto.

Para elegir los utillajes se tendrá en cuenta la siguiente tabla que estima los costes de preparación de utillajes en cada máquina:

Máquina	Coste preparación (€)	Utillaje	Coste (€)
- Torno - Rectificadora cilíndrica	Máq. 200 Ope. Rectif. 500	Plato 4 garras	540
		Plato 3 garras	70
		Plato y punto	200
		Entre puntos	300
- Fresadora horizontal/vertical	Máq. 200	Mordaza	140
		Plato 3 garras vertical	200
		Plato 3 garras horizontal	270
		Plato 3 garras horizontal y punto	400
		Bridas	540
- Rectificadora plana	Máq. 200 Ope. Rectif. 500	Plato magnético	170
		Mordaza	140
		Plato 3 garras vertical	200
		Plato 3 garras horizontal	270
		Plato 3 garras horizontal y punto	400
		Bridas	540
Información	Las mordazas están disponibles en cualquier dimensión		
Restricción	Longitud mínima de amarre de las garras $L \geq 8$ mm		
Restricción	Diámetro mínimo para plato interior $D \geq 25$ mm		

Tabla 11: Costes de preparación de máquina y utillaje

La subfase 1.1. al partir de un bruto inicial prismático y al tratarse de un proceso de torno se amarrará con un plato de cuatro garras (se coge este amarre porque no hay opción de coger otro al tratarse de una pieza prismática). El acceso para mecanizar esta subfase es delantero.

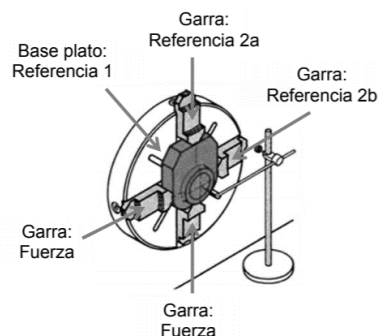


Figura 50: Superficies de referencia y fuerza para el plato de cuatro garras

Donde la referencia 1 corresponde al bruto B3, la referencia 2a es el bruto B2, la referencia 2b es el bruto B6, y las fuerzas son los brutos B5 y B4.

La subfase 1.2. también es de torno y se amarrará con un plato de tres garras por las superficies que se han mecanizado en la subfase 1.1. (el plato de tres garras es el más económico). El acceso para mecanizar esta subfase es trasero.

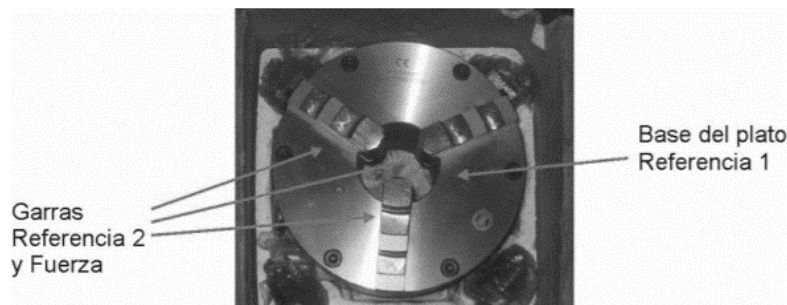


Figura 51: Superficies de referencia y fuerza para el plato de tres garras

Donde la referencia 1, que es la base del plato, corresponde a la superficie 7, la referencia 2 y la fuerza corresponde a la superficie 4.

Para la segunda fase de fresado vertical, se puede amarrar ambas subfases con mordaza, que es lo más económico.

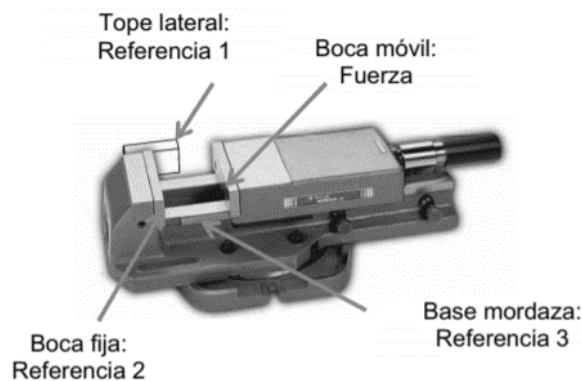


Figura 52: Superficies de referencia y fuerzas para una mordaza

Para el mecanizado de la subfase 2.1. el acceso es superior. Las referencias quedan de la siguiente manera: el tope lateral y la referencia 1 corresponde a la superficie 1, la boca fija y la referencia 2 será el bruto B6, la base de la mordaza siendo la referencia 3 será el bruto B4, y, por último, la boca móvil que es la fuerza será el bruto B5.

La subfase 2.2. también se amarra con mordaza, y el acceso de mecanizado es trasero. Las referencias quedan de la siguiente manera: el tope lateral y la referencia 1 corresponde al bruto B2, la boca fija y la referencia 2 será el bruto B5, la base de la mordaza siendo la referencia 3 será la superficie 7, y por último, la boca móvil que es la fuerza será el bruto B6. → REVISAR CON ISABEL

Por último, para la última fase, la rectificadora, existen dos subfases, ambas se realizarán con un amarre de un plato de tres garras. La subfase 3.1. con un plato interior y la subfase 3.2. con uno exterior.

Para el mecanizado de la subfase 3.1. el acceso es delantero. La referencia 1, que es la base del plato, corresponde al bruto B3, mientras que la referencia 2 y la fuerza cae sobre la superficie 13.

El acceso del mecanizado de la subfase 3.2. es trasero. Donde la referencia 1 es la superficie 7 y la referencia 2 y la fuerza corresponde a la superficie 4.

Quedan, por tanto, definidos todos los amarres y sujeciones necesarias para llevar a cabo el mecanizado de la pieza. En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los amares y las superficies de referencia y fuerza.

FASE	SUBFASE	AMARRE	REFERENCIAS Y FUERZA
1	1.1	Plato de cuatro garras	Ref. 1: B3 Ref. 2a: B2 Ref. 2b: B6 Fuerza: B5 y B4
	1.2	Plato de tres garras	Ref.1: 7 Ref.2: 4 Fuerza: 4
2	2.1	Mordaza	Ref. 1: B6 Ref.2: B2 Ref.3: B4 Fuerza: 1
	2.2	Mordaza	Ref. 1: B2 Ref.2: B5 Ref.3: 7 Fuerza: B6
3	3.1	Plato de tres garras interior	Ref. 1: B3 Ref. 2: 13 Fuerza:13
	3.2	Plato de tres garras interior	Ref. 1: 7 Ref. 2: 4 Fuerza:4

Tabla 12: Amarres y superficies de referencia y fuerzas

Se ha establecido la pieza de la siguiente manera:

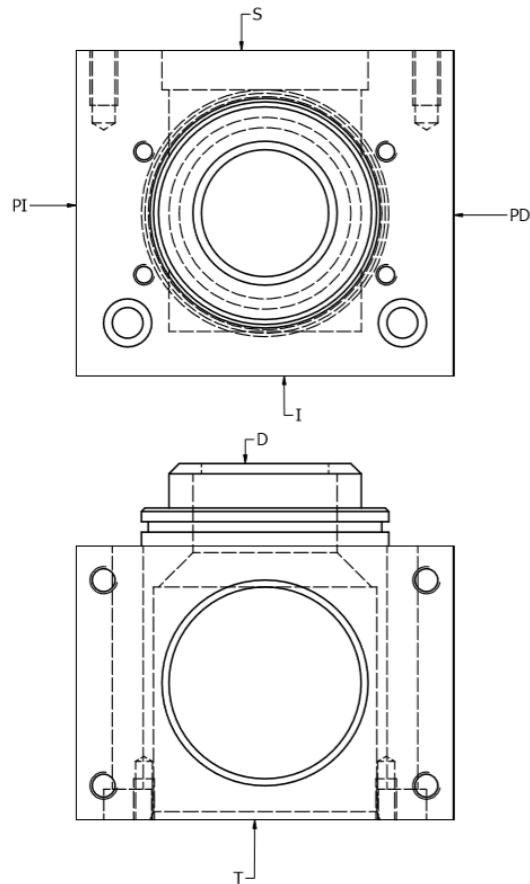


Figura 53: Accesos para la pieza

6.8. Selección herramientas y condiciones de corte

En este apartado se detalla todo el proceso de búsqueda de herramientas que son empleadas en cada operación detallada en el apartado de secuencia de mecanizado. Se intentará emplear el mínimo número de herramientas posibles.

Todas las herramientas han sido seleccionadas con el catálogo online de Sandvik Coromant y su asistente virtual ToolGuide.

A continuación, se van a seleccionar las herramientas a emplear en el proyecto siguiendo el procedimiento explicado.

6.8.1. PRIMERA FASE: TORNEADO

- Refrentado- cilindrado: CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11

Se presenta a continuación una figura donde se muestran los parámetros geométricos de la herramienta extraídos del catálogo.



Figura 54: Herramienta para torneado CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11

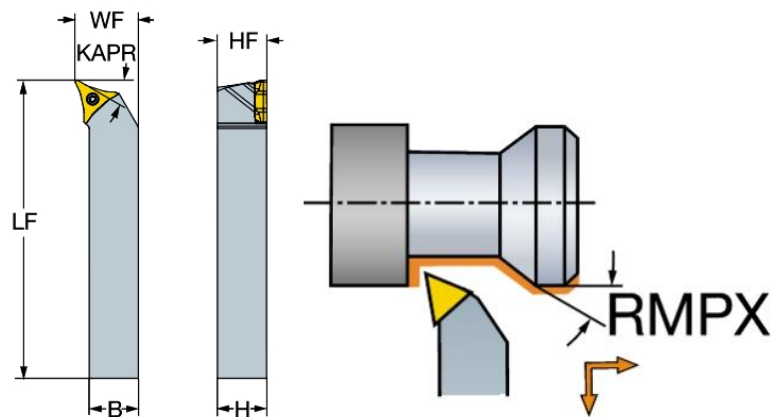


Figura 55: Geometría de la herramienta CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11

Donde:

WF: 40 mm

KAPR: 30°

LF: 170 mm

HF: 32 mm

H: 32 mm

B: 32 mm

RMPX: 15°

La plaquita que se va a utilizar es *CoroTurn Prime CP-A1104-L5-4325*.

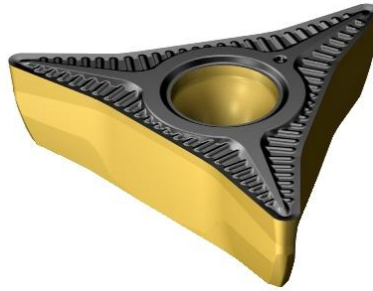


Figura 56: Plaquita para torneado CoroTurn Prime CP-A1104-L5-4325

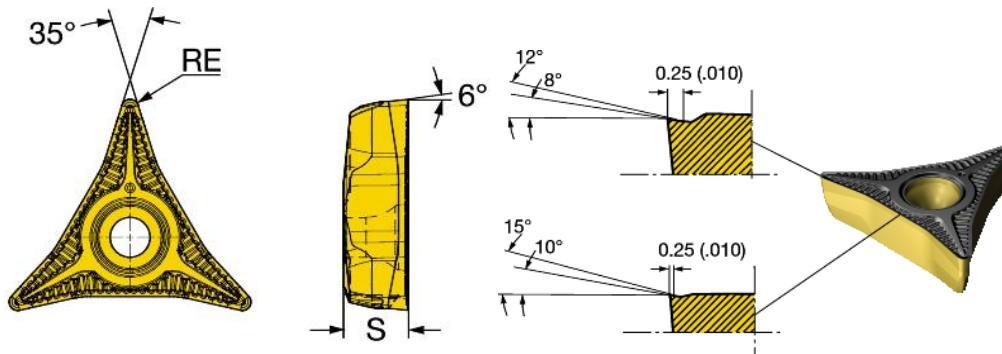


Figura 57: Geometría de la plaquita CoroTurn Prime CP-A1104-L5-4325

Donde:

RE: 0,397 mm

S: 6 mm

Los parámetros recomendados para el uso de esta plaquita son:

Ap 1 mm(0.25-3) \rightarrow 3 mm en este caso

Fn 0.4 mm/r(0.2-0.5)

Vc 405 m/min(470-380)

Para utilizar esta herramienta se llevan a cabo tres procesos distintos, cada uno de ellos, con sus propias condiciones de corte.

Las condiciones de corte para la entrada radial son:

Avance por vuelta:

$$a = 0,2 \text{ mm}$$

Velocidad de corte:

$$Vc = 406 \text{ m/min}$$

Número de pasadas en dirección AP: 20

Profundidad de corte:

$$AP = 1,45 \text{ mm}$$

Las condiciones de corte para el pre-mecanizado longitudinal (hacia atrás) son:

Avance por vuelta:

$$a = 0,4 \text{ mm}$$

Velocidad de corte:

$$Vc = 406 \text{ m/min}$$

Número de pasadas en dirección AP: 20

Profundidad de corte:

$$AP = 1,45 \text{ mm}$$

Las condiciones de corte para el acabado en refrentado (hacia fuera) son:

Avance por vuelta:

$$a = 0,473 \text{ mm/min}$$

Velocidad de corte:

$$Vc = 406 \text{ m/min}$$

Número de pasadas en dirección AP: 1

Profundidad de corte:

$$AP = 1,27 \text{ mm}$$

- Ranurado: CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B

Se trata de una herramienta con mango para tronzado y ranurado.

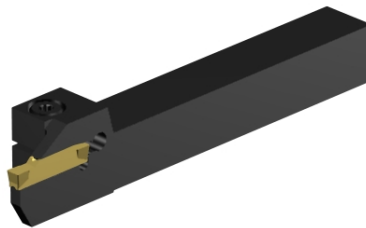


Figura 58: Herramienta para ranurado CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B

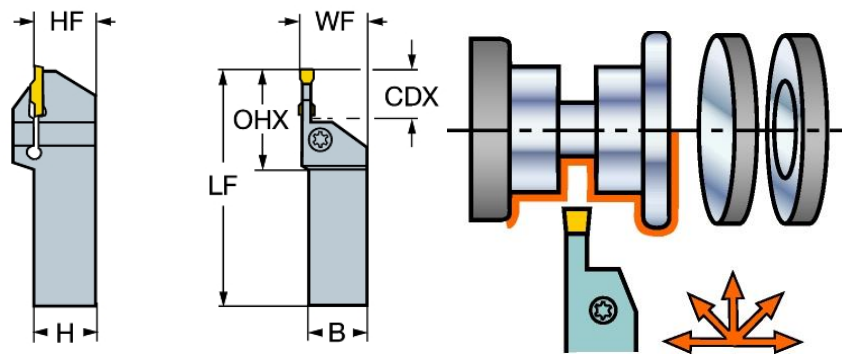


Figura 59: Geometría de la herramienta CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B

Donde:

HF: 16 mm

H: 16 mm

WF: 17 mm

OHX: 34 mm

LF: 125 mm

B: 16 mm

CDX: 13 mm

La plaquita para acoplar a la herramienta es la siguiente: *CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-RO 1115*.



Figura 60: Plaquita CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-RO 1115

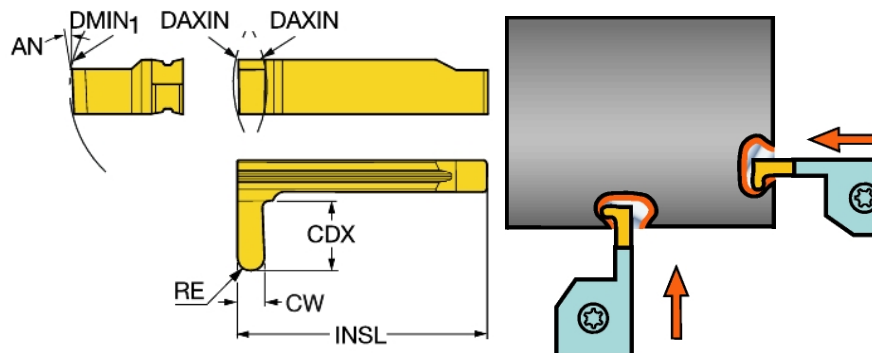


Figura 61: Geometría de la plaqueta CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-RO 1115.

Donde:

AN: 44 mm

DMIN: 44 mm

DAXIN: 98 mm

CDX: 5 mm

RE: 1,5 mm

CW: 3 mm

Las condiciones de corte para el ranurado:

Avance por vuelta:

$$a = 0,15 \text{ mm/min}$$

Velocidad de corte:

$$Vc = 209 \text{ m/min}$$

Velocidad de giro máximo:

$$n = 1110 \text{ rpm}$$

- Mandrinado: CoroBore BR20 de dos filos BR20D-71SP12Y-C6M

Es una herramienta de mandrinado en desbaste antivibratoria. Los parámetros geométricos se muestran a continuación.



Figura 62: Herramienta para mandrinado CoroBore BR20 de dos filos BR20D-71SP12Y-C6M

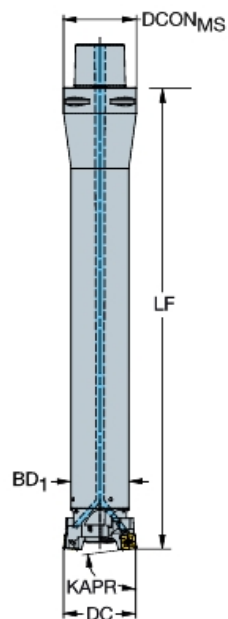


Figura 63: Geometría de la herramienta CoroBore BR20 de dos filos BR20D-71SP12Y-C6M

Donde:

DCON: 63 mm

LF: 400 mm

BD₁: 50 mm

KAPR: 84°

DC: 55 mm

Las condiciones de corte son:

Las condiciones de corte para la entrada radial son:

Avance por vuelta:

$$a = 0,2 \text{ mm}$$

Velocidad de corte:

$$Vc = 406 \text{ m/min}$$

6.8.2. SEGUNDA FASE: FRESADO

- Taladrado: CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC34

La herramienta es una broca de metal duro. Los parámetros geométricos se muestran a continuación.



Figura 64: Broca CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC34

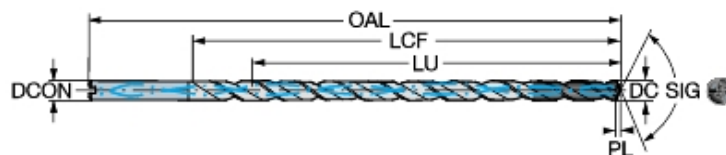


Figura 65: Geometría de la broca CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC34

Donde:

OAL: 253 mm

LCF: 207 mm

LU: 181,5 mm

DC: 9 mm

SIG: 140°

PL: 1,5 mm

DCON: 10 mm

Las condiciones de corte son:

Avance por vuelta:

$$a = 0,2 \text{ mm/min}$$

Velocidad de corte:

$$Vc = 109 \text{ m/min}$$

Velocidad de avance:

$$Va = 770 \text{ mm/min}$$

- Roscado: Para hacer las roscas se necesitan dos herramientas, una broca que abra paso y un macho con la métrica requerida en el plano.

Broca: *CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34*

Es una broca de metal duro, con los siguientes parámetros geométricos.



Figura 66: Broca CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34

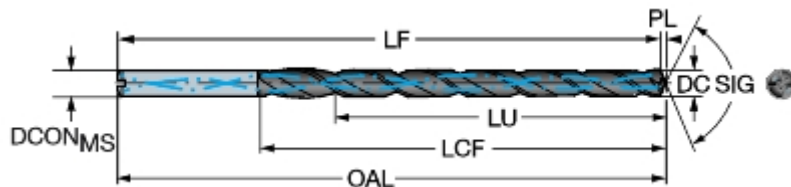


Figura 67: Geometría de la broca CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34

Donde:

OAL: 158 mm

LCF: 116 mm

LU: 82,7 mm

DC: 6,8 mm

SIG: 140°

PL: 1,1 mm

DCON: 8 mm

Las condiciones de corte son:

Avance por vuelta:

$$a = 0,153 \text{ mm}$$

Velocidad de corte:

$$Vc = 111 \text{ m/min}$$

Velocidad de avance:

$$Va = 796 \text{ mm/min}$$

El macho para hacer esta rosca es el siguiente: *CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150*.



Figura 68: Macho CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150

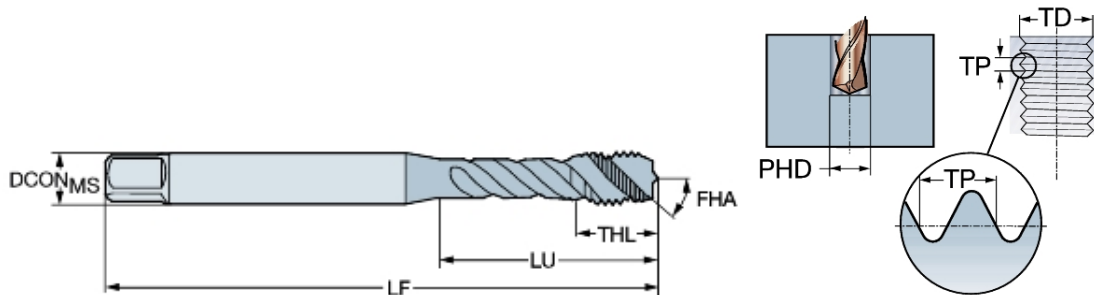


Figura 69: Geometría del macho CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150

Donde:

DCON: 8,077 mm

LF: 90 mm

LU: 33,5 mm

THL: 12,9 mm

FHA: 45°

PGD: 6,8 mm

TP: 1,25 mm

TD: 8 mm

Las condiciones de corte del macho son:

Avance por vuelta:

$$a = 1,25 \text{ mm/min}$$

Velocidad de corte:

$$V_c = 18 \text{ m/min}$$

- Fresado frontal periférico: CoroMill Plura 1P360-2540-XA-1620

La herramienta es una fresa enteriza de metal duro. De diámetro 25,4 mm con 4 filos de corte. Una profundidad máxima de 91.7 mm. Los parámetros geométricos de la herramienta extraídos del catálogo se muestran en la siguiente figura.



Figura 70: Herramienta para fresado CoroMill Plura 1P360-2540-XA-1620

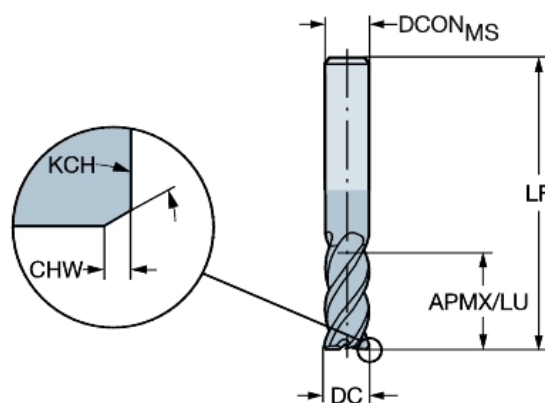


Figura 71: Geometría de la herramienta CoroMill Plura 1P360-2540-XA-1620

Donde:

DCON_{MS}: 25,4 mm

LF: 177,8 mm

APMX: 91,7 mm

DC: 25,4 mm

CHW: 0,254 mm

KCH: 45°

Para utilizar esta herramienta se llevan a cabo dos procesos distintos, con distintas condiciones de corte.

Las condiciones de corte para el fresado helicoidal son:

Avance por diente:

$$S_z = 0,101 \text{ mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$V_c = 135 \text{ m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = 1690 \text{ rpm}$$

Las condiciones de corte para el pre-mecanizado son:

Avance por diente:

$$S_z = 0,3 \text{ mm/diente}$$

Velocidad de corte:

$$V_c = 270 \text{ m/min}$$

Velocidad del husillo:

$$n = 3380 \text{ rpm}$$

6.8.3. TERCERA FASE: RECTIFICADO

- Rectificado: Para la fase de rectificado se supondrán las herramientas, teniendo en cuenta la rectificadora que se utiliza, que está explicada en el anejo 1.

A continuación, se encuentra una tabla resumen de todas las herramientas:

SUBFASE	HERRAMIENTA	OPERACIÓN	CONDICIONES DE CORTE	
1.1	- Herramienta: <i>CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11</i> - Plaquita: <i>CoroTurn Prime CP-A1104-L5-4325</i>	Torneado (cilindrado)	a: 0,2 mm Vc: 406 m/min AP: 1,45 mm	
	- Herramienta: <i>CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11</i> - Plaquita: <i>CoroTurn Prime CP-A1104-L5-4325</i> .	Torneado (refrentado)	a: 0,473 mm Vc: 406 m/min AP: 1,27 mm	
	- Herramienta: <i>CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B</i> - Plaquita: <i>CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-RO 1115</i>	Torneado (ranurado)	a: 0,15 mm Vc: 209 m/min n: 1110 rpm	
1.2	- <i>CoroBore BR20 de dos filos BR20D-71SP12Y-C6M</i>	Torneado (mandrinado)	a: 0,1 mm Vc: 150 m/min	
2.1	<i>CoroMill Plura 1P360-2540-XA-1620</i>	Fresado frontal periférico	Entrada helicoidal: Sz:0,101mm/diente Vc: 135 m/min n=1690 rpm	Premecanizado Sz: 0,3 mm/diente Vc: 270 m/min n=3380 rpm
	- Broca: <i>CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34</i> - Macho: <i>CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150</i>	Fresado (roscado)	Broca: a: 0,153 mm Vc: 111 m/min Va: 796 mm/min	Macho: a: 1,25 mm Vc: 18 m/min
2.2	- Broca: <i>CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34</i> - Macho: <i>CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150</i>	Fresado (roscado)	Broca: a: 0,153 mm Vc: 111 m/min Va: 796 mm/min	Macho: a: 1,25 mm Vc: 18 m/min
	<i>CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC34</i>	Fresado (taladrado)	a: 0,2 mm Vc: 109 m/min Va: 770 mm/min	

Tabla 13: Resumen de herramientas y condiciones de corte

6.9. Confección del programa máquina

Los programas para la realización del mecanizado en las máquina-herramienta de control numérico se realizarán a mano con los conocimientos adquiridos en la asignatura Sistemas de Producción Industrial del grado.

De forma simultánea, se obtendrán las simulaciones de los diferentes procesos de fabricación con el simulador WinUnisoft MultiCNC.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Meseguer Calas, María Desamparados y González Contreras, Francisco (2015) *Planificación de procesos de mecanizado*. Valencia. Editorial UPV.
- Rosado Castellano, Pedro y González Contreras, Francisco (2015) *Control numérico. Marco y fundamentos 2ª Edición*. Valencia. Editorial UPV.
- Kalpakjian S, *Manufactura, ingeniería y tecnología*.
- Zamanillo Cantolla, J D, *Procesos de fabricación: tomo I (2t.)*
- Material de la asignatura Sistemas y Procesos de Fabricación; transparencias de clase (Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. UPV)
- Catálogo General, Herramientas de corte de metal duro. Mitsubishi Materials.
- <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/pages/default.aspx>
- <https://www.aenor.com/>
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación
- <https://cecimo.be/>
Comité Europeo de Cooperación de las Industrias de Máquinas-Herramienta. Definición de máquina herramienta
- <http://www.germh.com/c-cnc.html>
- <https://www.instrumentacion-metrologia.es/>

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



ANEJO 1

CARACTERÍSTICAS MÁQUINA- HERRAMIENTA

Alumno: Cedrés Álvarez, Elena

Tutor: Ordeig Fernández, Isabel

JULIO 2019

ANEJO 1

En los talleres del departamento se encuentran disponibles tanto fresadoras y tornos convencionales como fresadoras y tornos de Control Numérico, que presentan unas tolerancias más estrechas que las primeras.

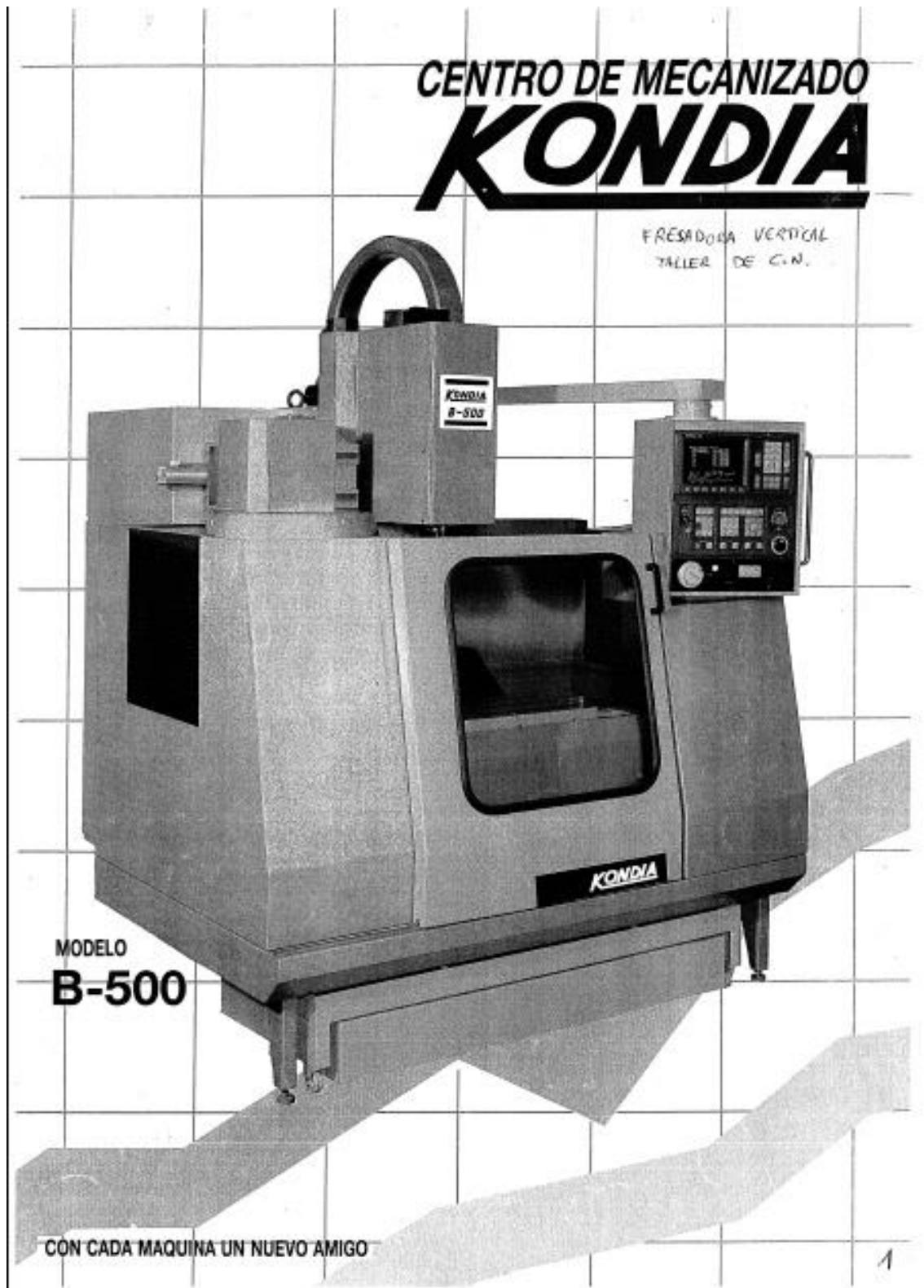
Como se hace referencia en el apartado de elección y justificación de las máquinas herramientas para este trabajo se emplearán tres máquinas diferentes. Un torno horizontal Izaro de 9 KW de potencia y una fresadora vertical Kondia B-500, con control numérico Fagor 8025, de 5.5 KW. Por último, una rectificadora cilíndrica de 5.5 KW.

La fresadora Kondia B-500 con control numérico Fagor 8025 es la que se encuentra en el departamento de la UPV.



Figura 72: Centro de mecanizado fresadora Kondia B500

Las características de la fresadora son:



FRESADORA VERTICAL
KONDIA **B-500**

ESPECIFICACIONES DEL CENTRO DE MECANIZADO

MODELO	CARACTERÍSTICAS	B-500
MESA	Superficie de trabajo	700 x 360 mm.
	Ranuras en T (Nº x anchura x distancia)	3 x 18 x 110 mm.
	Altura de la mesa al suelo	840 mm.
	Máximo peso sobre la mesa	300 kg.
	Curso longitudinal (Eje X)	560 mm.
	Curso transversal (Eje Y)	380 mm.
	Husillos a bolas (X - Y)	Ø 32 x 10 mm. de paso
	Distancia del centro de la mesa a la columna	Mínimo 190 mm. / Máximo 570 mm.
CABEZAL	Cono del eje portafresas	ISO-40
	Curso vertical (Eje Z)	360 mm.
	Gama de velocidades r.p.m.	100 a 6000 / Opcional 150 a 10000
	Número de velocidades	infinitamente variable
	Husillo a bolas (Z)	Ø 32 x 10 mm. de paso
	Distancia del eje a la mesa	Mínimo 120 mm. / Máximo 500 mm.
	Distancia del eje a la columna	390 mm.
AVANCES	Velocidad de corte	s/Control Numérico
	Velocidad de avance rápido	15.000 mm. minuto
PRESTACIONES	Precisión de posicionamiento	± 0,01 mm.
	Repetibilidad	± 0,005 mm.
	Resolución	0,001 mm.
MOTORES	Eje principal (cabezal). Corriente alterna	3,7/5,5 Kw.
	Eje X: Corriente alterna	1 Kw.
	Eje Y: Corriente alterna	1 Kw.
	Eje Z: Corriente alterna	1,2 Kw.
	Bomba de refrigeración	0,35 Kw.
	Bomba de engrase cabezal	0,25 Kw.
	Enfriador de aceite	0,25 Kw.
CAMBIADOR AUTOMÁTICO DE HERRAMIENTAS	Número de herramientas	16 ¹⁵
	Sistema de selección	secuencial
	Máx. diámetro (herramientas contiguas)	85 mm.
	Máx. diámetro (herramientas alternas)	135 mm.
	Máx. longitud de la herramienta	250 mm.
	Máx. peso admisible para 1 herramienta	6 kg.
	Máx. peso para el total de herramientas	60 kg.
	Portaherramientas	ISO-7388/1 Opcional BT-40
	Perno de tiro para fijación herramienta	ISO-7388/2-A Opcional BT-40-1
	Tiempo de cambio de herramienta	6 segundos
	Presión de aire	5/7 kg./cm ²
OTRAS	Superficie en planta	1800 x 1950 mm.
	Altura de la máquina	2200 mm.
	Peso de la máquina	2800 kg.
	Potencia total instalada	10 Kw.

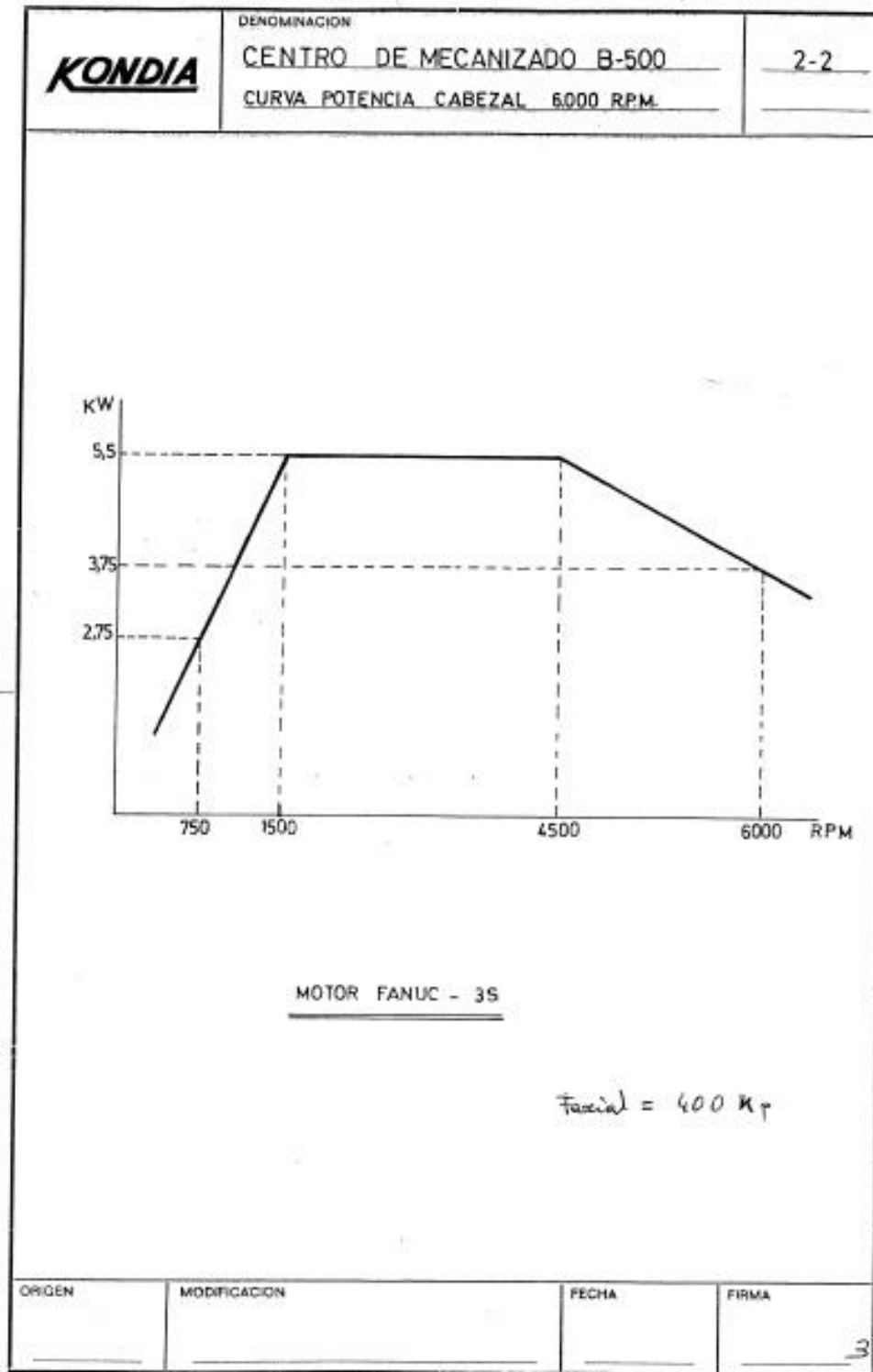
ACCESORIOS STANDAR

- Sistema de refrigeración.
- Lámpara de alumbrado.
- Soportes de nivelación.
- Carenado completo de la máquina.
- 16 pernos de tiro para fijación de herramientas.
- Señal luminosa de fin de mecanizado.

KONDIA

Banco San Antón, s.m. - P.O. Box, 55
Tfn. (943) 74 04 00 - Telex: 38514 CURE
Fax: (943) 74 32 37
20870 ELGOIBAR (Gipuzkoa) ESPAÑA

2



El torno a utilizar es de 15 kW de potencia.



Figura 73: Centro de mecanizado de un torno CNC

La rectificadora que se va a utilizar también es de 9 kW de potencia.



Figura 74: Rectificadora cilíndrica

Las características de esta rectificadora son:

CARACTERÍSTICAS	C-600 CNC	C-1.000 CNC
Distancia entre puntos (mm)	600	1.000
Altura de centros (mm)	140	140
Diámetro máx. rectificable (mm)	275	275
Peso más. entre puntos (mm)	100	100
Peso máx. al aire (Nm)	80	80
Dimensiones de muela (mm)	400x50/80x127	400x50/80x127
Potencia cabezal portamuelas (Kw)	5,5	5,5
Velocidad cabezal porta piezas (r.p.m.)	10-1.000	10-1.000
Peso máquina (Kg)	4.000	4.500

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



ANEJO 2

CÁLCULOS DE LAS POTENCIAS DE CORTE

Alumno: Cedrés Álvarez, Elena

Tutor: Ordeig Fernández, Isabel

JULIO 2019

ANEJO 2

Para el cálculo de las potencias de corte, se va a considerar un coeficiente de rendimiento de la máquina, $\eta = 0,8$, y los valores de la fuerza específica de corte de la tabla de Mitsubishi. Las operaciones se realizarán con la ayuda de una tabla Excel.

Las potencias de las herramientas de fresado son las siguientes, teniendo en cuenta la fórmula de la potencia explicada en la tabla 1 del apartado 5.4.

$$P_c = \frac{a_p * a_e * V_a * K_c}{60 * 10^6 * \eta}$$

	Fz (mm/diente)	Vf (mm/min)	ap (mm)	ae (mm)	Ks (Mpa)	Pc (kW)
Fresado FP	0,101	683	15,0	25,4	2520	0,138
Broca 6.8	0,153	796	24,2	6,8	2360	0,019
Macho M8	1,250	720	16,2	8,0	1300	0,016
Broca 9	0,200	770	80,0	9,0	2200	0,104

Las potencias de las herramientas de torneado son las siguientes, teniendo en cuenta la fórmula de la potencia explicada en la tabla 2 del apartado 5.4.

$$P = F_t * V_c$$

	f(mm)	ap(mm)	Vc (m/s)	Ks(Mpa)	Pc(W)
Cilindrado	0,200	3,00	6,77	3600	14616,00
Refrentado	0,473	1,00	6,77	2450	7841,55
Ranurado	0,150	3,00	3,48	3825	5995,69
Mandrinado	0,100	3,00	2,50	4050	3037,50

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



ANEJO 3

PROGRAMA MÁQUINA (CNC)

Alumno: Cedrés Álvarez, Elena

Tutor: Ordeig Fernández, Isabel

JULIO 2019

ANEJO 3

En este apartado se exponen los programas máquina de las distintas fases 1 y 2. Están comprobados con el simulador Winunisoft MultiCNC.

Programa máquina Subfase 1.1.

```
N10 (ORGX54=0, ORGZ54=0)
N15 G54
N20 G71 G90 G95 G96
N25 G0 X100 Z100
N30 T1 D1
N35 M6
N40 S406 M4 M8
N45 G0 X89 Z3
N50 G1 Z-22 F0.2
N55 G0 X91 Z-21
N60 Z2
N65 X83
N70 G1 Z-22
N75 G0 X85 Z-21
N80 Z2
N85 X77
N90 G1 Z-22
N95 G0 X79 Z-21
N100 Z2
N105 X74
N110 G1 Z-22
N115 G0 X76 Z-21
N120 Z2
N125 X68
N130 G1 Z-12
N135 G0 X71 Z-11
N140 Z2
N145 X62
N150 G1 Z-12
N155 G0 X64 Z-11
N160 Z2
N165 X58
N170 G1 Z-12
N175 G0 X60 Z-11
N180 Z2
N185 X0
N190 G1 Z0 F0.473
N195 X58
N200 G0 Z2
N205 X50
N210 G1 Z-1 F0.2
N215 X56 Z-4
N220 Z-13
N225 X70
N230 X72 Z-14
N235 Z-23
N240 X95
N245 G0 X100 Z100
N250 T5 D5
N255 M6
N260 S209 M4 M8
N265 G0 X75 Z-20
N270 G1 X67 F0.15
N275 G4 K2
```


N280 G0 X75
N285 X100 Z100
N290 M2

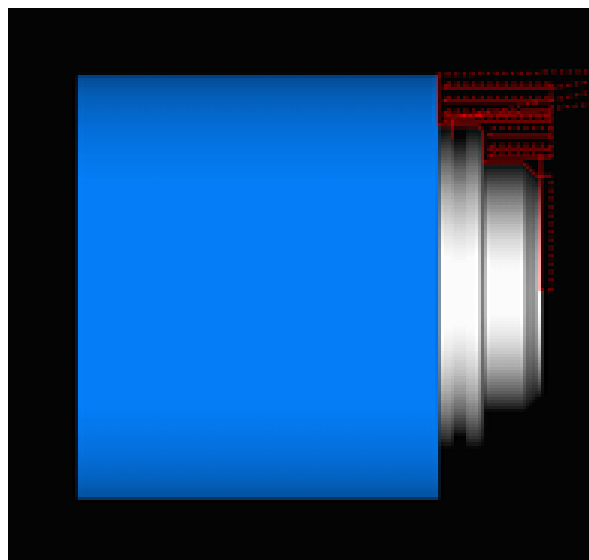
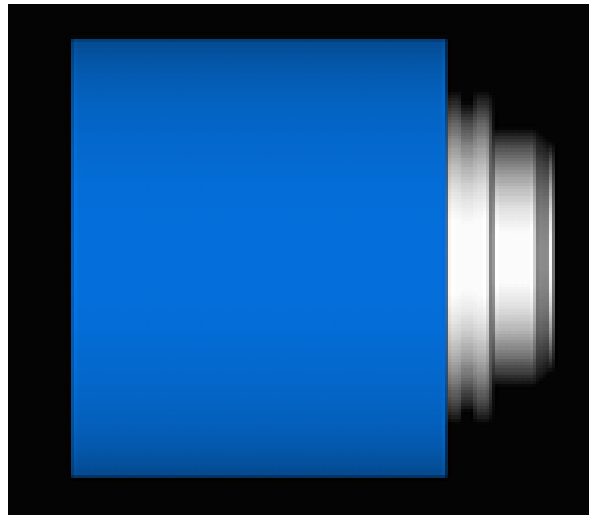


Figura 75: Simulación de la subfase 1.1. con WinUnisoft

Programa máquina Subfase 1.2.

N10 (ORGX54=0, ORGZ54=0)
N15 G54
N20 G71 G90 G95 G96
N25 G0 X100 Z100
N30 T1 D1
N35 M6
N40 S150 M4 M8
N45 G0 X0 Z2
N50 G1 Z-115 F0.1
N55 G0 Z2
N60 X100 Z100
N65 T2 D2
N70 M6
N75 S100 M4 M8
N80 G0 X36 Z2
N85 G1 Z-105 F0.1
N90 G0 X34
N95 Z2
N100 X41
N105 G1 Z-100
N110 G0 X39
N115 Z2
N120 X47
N125 G1 Z-75
N130 X40 Z-78
N135 G0 Z2
N140 X53
N145 G1 Z-72
N150 X47 Z-75
N155 G0 Z2
N160 X59
N165 G1 Z-69
N170 X53 Z-72
N175 G0 Z2
N180 X64
N185 G1 Z-68
N190 X59 Z-69
N195 G0 Z2
N200 X100 Z100
N205 T3 D3
N210 M6
N215 S150 M4 M8
N220 G0 X65 Z2
N225 G1 G41 Z1
N230 G1 Z-68 F0.1
N235 X42 Z-78
N240 Z-101
N245 X37
N250 Z-105
N255 X0
N260 G0 Z2
N265 G1 G40 Z3
N270 X100 Z100
N275 M2

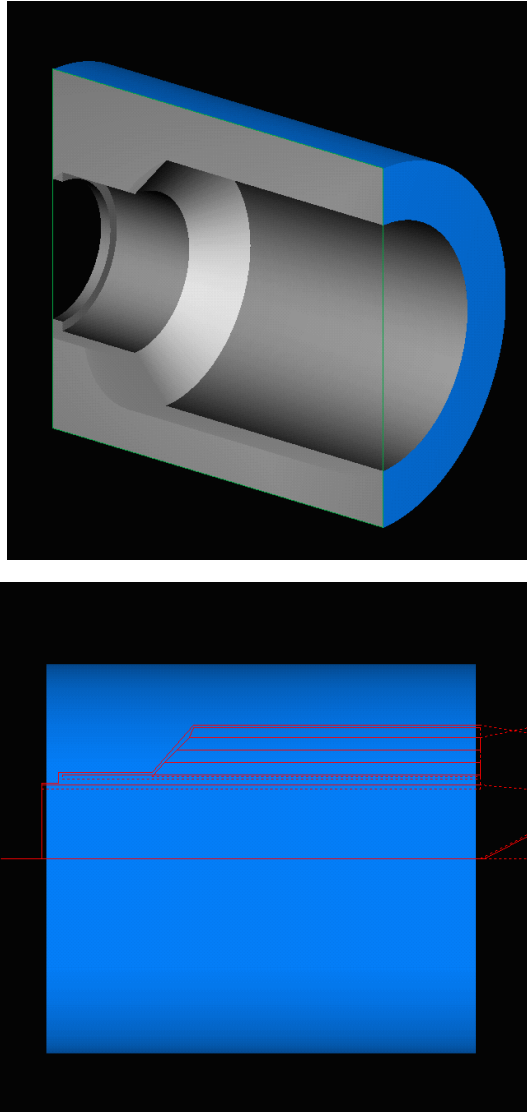


Figura 76: Simulación de la subfase 2.2. con WinUnisoft

Programa máquina Subfase 2.1.

N10 (ORGX54=0, ORGY54=0, ORGZ54=0)
N15 G54
N20 G71 G90 G94 G97
N25 G0 Z100
N30 T4D4
N35 M6
N40 S1690 M3 M8
N45 G0 X0 Y5
N47 G1 X0 Y0 F676
N50 G88 G98 G0 G90 X0 Y0 Z0 I-75 J15.3 B15 C10 D2 H676 L8
N55 G80
N57 G88 G98 G0 G90 X0 Y0 Z0 I-12 J17.3 B15 C10 D2 H676 L8
N58 G80
N60 G0 Z100
N65 T5D5
N70 M6
N75 S3200 M3 M8
N80 G0 X-47 Y30
N85 Z1
N90 G1 Z-24.2 F796
N93 G4 K1
N95 G0 Z2
N100 X47
N105 G1 Z-24.2
N108 G4 K1
N110 G0 Z2
N115 Y-30
N120 G1 Z-24.2
N123 G4 K1
N125 G0 Z2
N130 X-47
N135 G1 Z-24.2
N138 G4 K1
N140 G0 Z100
N145 T6D6
N150 M6
N155 S720 M3 M8
N160 G0 X-47 Y30
N165 Z1
N170 G1 Z-16 F796
N173 G4 K1
N175 G0 Z2
N180 X47
N185 G1 Z-16
N188 G4 K1
N190 G0 Z2
N195 Y-30
N200 G1 Z-16
N203 G4 K1
N205 G0 Z2
N210 X-47
N215 G1 Z-16
N218 G4 K1
N220 G0 Z100
N225 M2

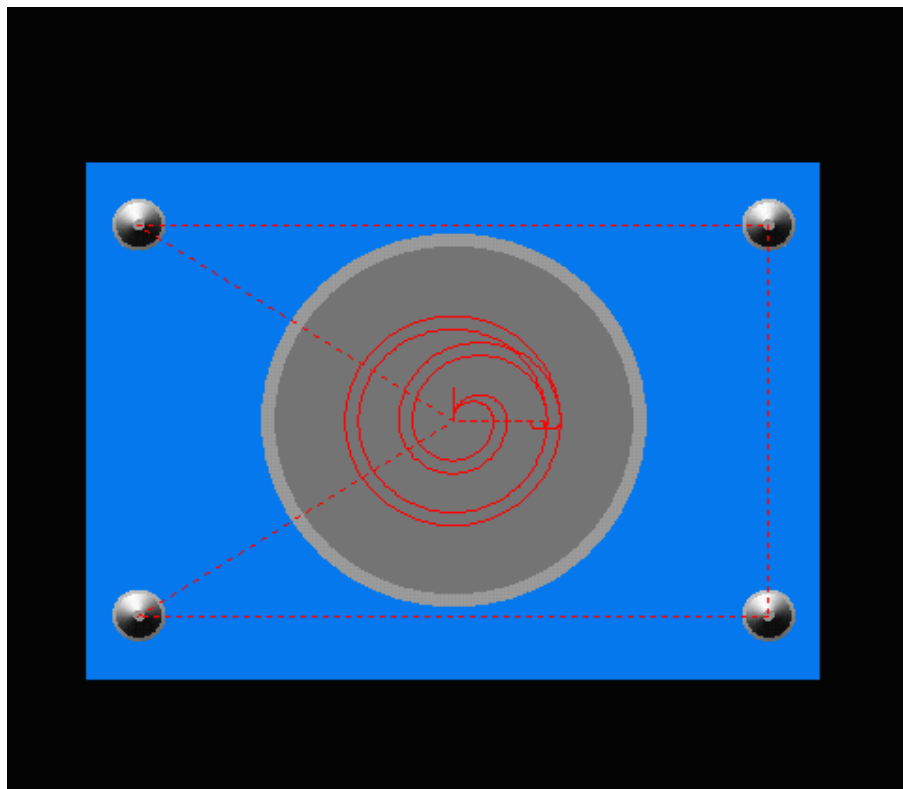
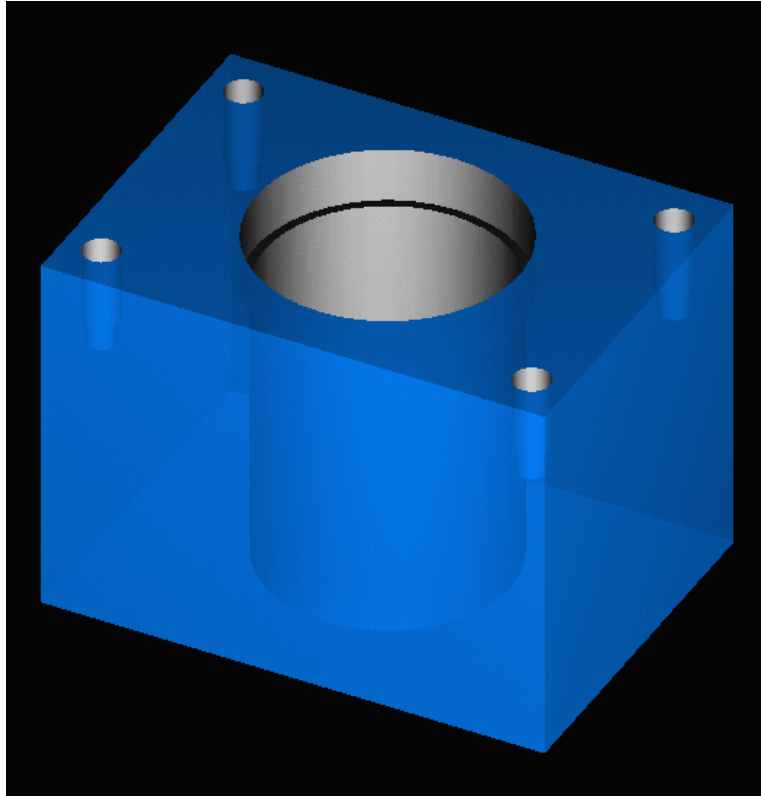


Figura 77: Simulación de la subfase 2.1. con WinUnisoft

Programa máquina Subfase 2.2.

N10 (ORGX54=0, ORGY54=0, ORGZ54=0)
N15 G54
N20 G71 G90 G94 G97
N60 G0 Z100
N65 T5D5
N70 M6
N75 S3200 M3 M8
N80 G0 X-35.26 Y17.98
N85 Z1
N90 G1 Z-24.2 F796
N93 G4 K1
N95 G0 Z2
N100 X35.26
N105 G1 Z-24.2
N108 G4 K1
N110 G0 Z2
N115 Y-17.98
N120 G1 Z-24.2
N123 G4 K1
N125 G0 Z2
N130 X-35.26
N135 G1 Z-24.2
N138 G4 K1
N140 G0 Z100
N145 T6D6
N150 M6
N155 S720 M3 M8
N160 G0 X-35.26 Y17.98
N165 Z1
N170 G1 Z-16 F796
N173 G4 K1
N175 G0 Z2
N180 X35.26
N185 G1 Z-16
N188 G4 K1
N190 G0 Z2
N195 Y-17.98
N200 G1 Z-16
N203 G4 K1
N205 G0 Z2
N210 X-35.26
N215 G1 Z-16
N218 G4 K1
N220 G0 Z100
N225 T7D7
N230 M6
N235 S3900 M3 M8
N240 G0 X-40 Y-32
N245 Z1
N250 G1 Z-82 F770
N255 G0 Z1
N260 X40
N265 G1 Z-82
N270 G0 Z100
N275 M2

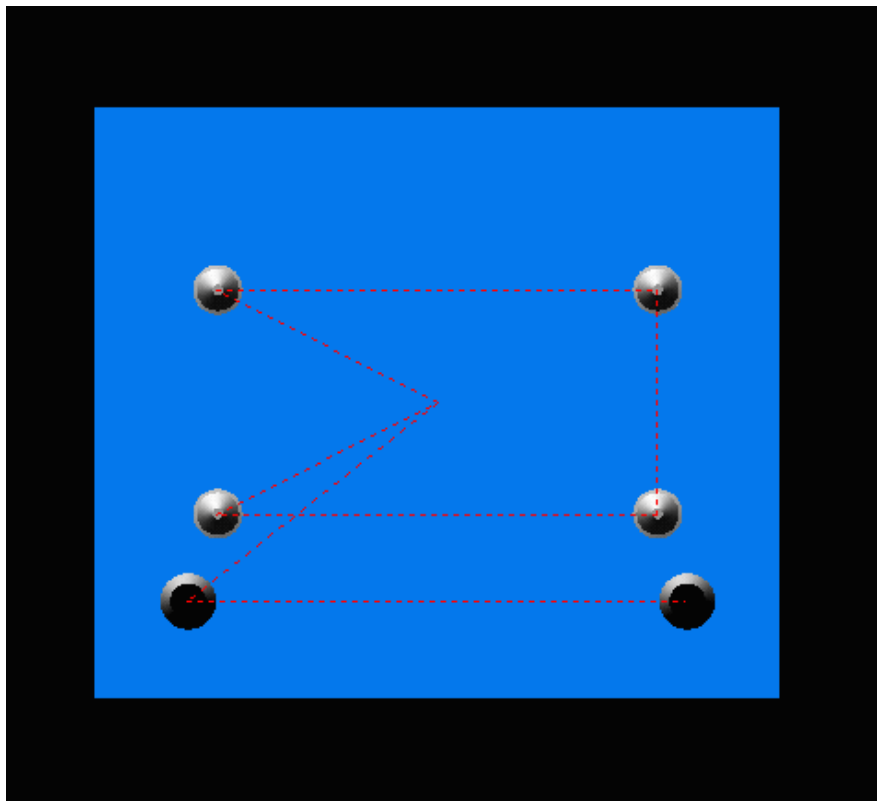
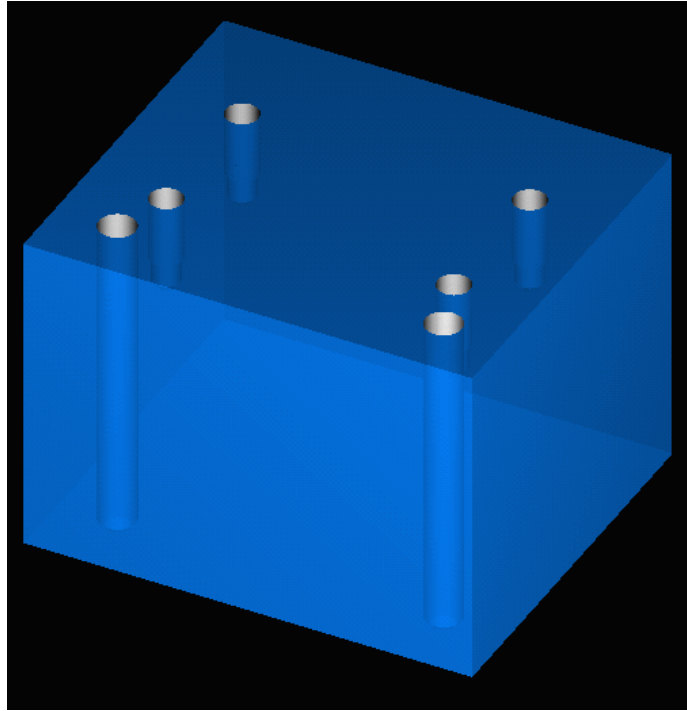


Figura 78: Simulación de la subfase 2.2.con WinUnisoft

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



DOCUMENTO Nº 2

PLANOS

Alumno: Cedrés Álvarez, Elena
Tutor: Ordeig Fernández, Isabel

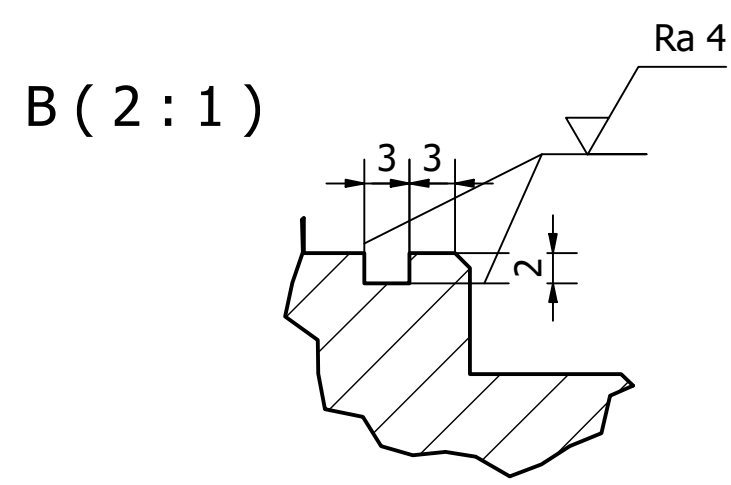
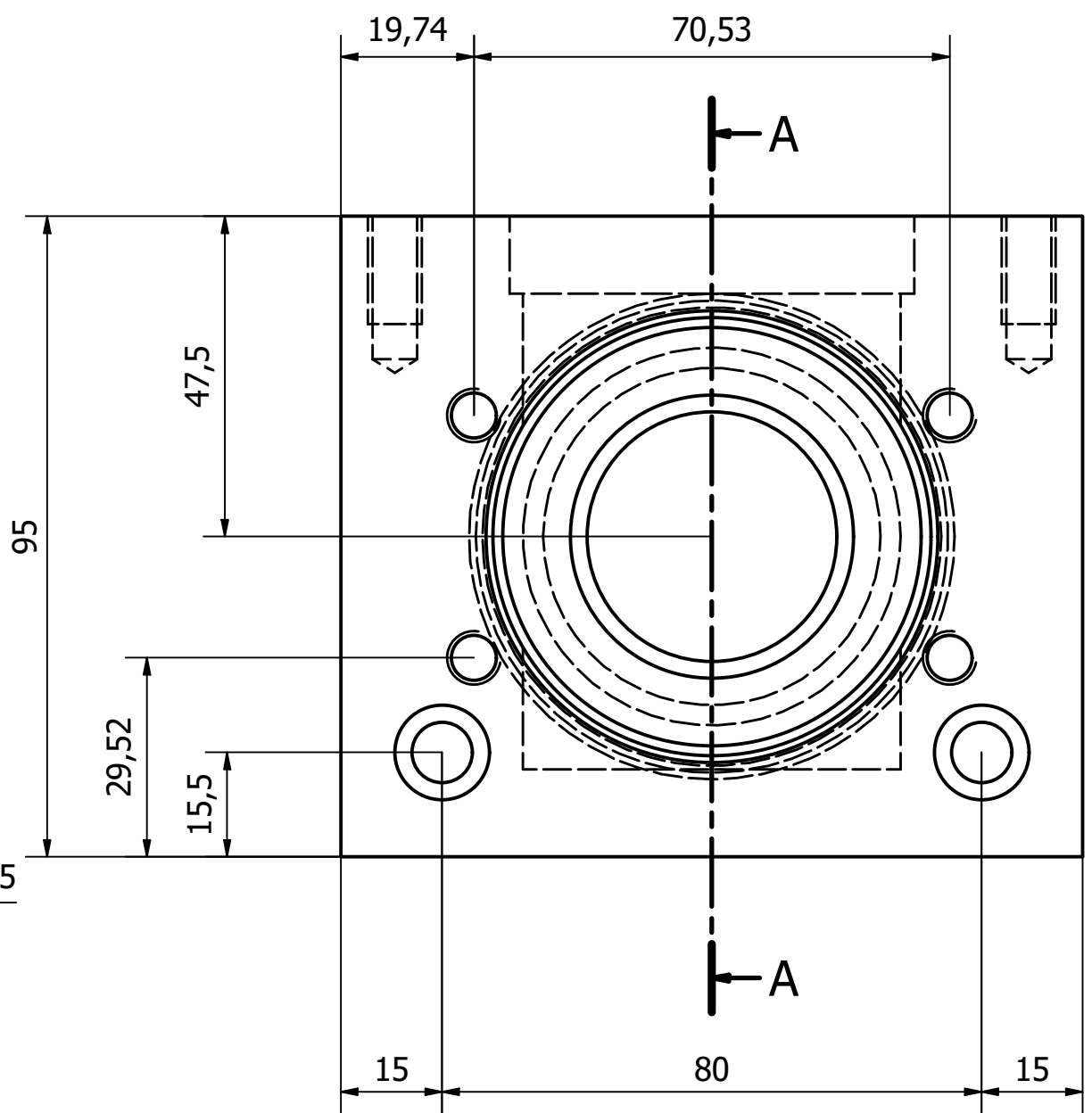
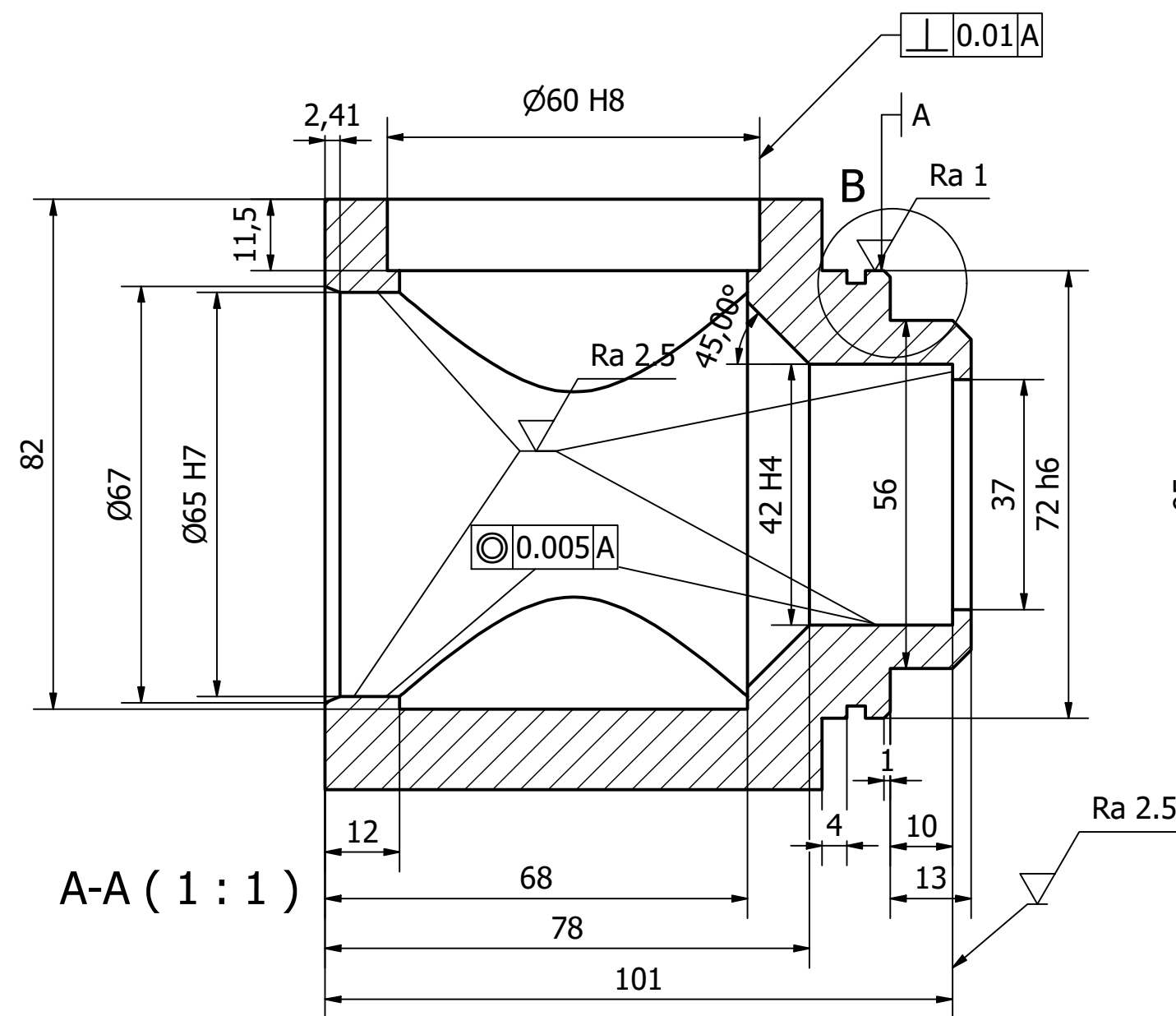
JULIO 2019



DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA PARA EL SECTOR METALMECÁNICO

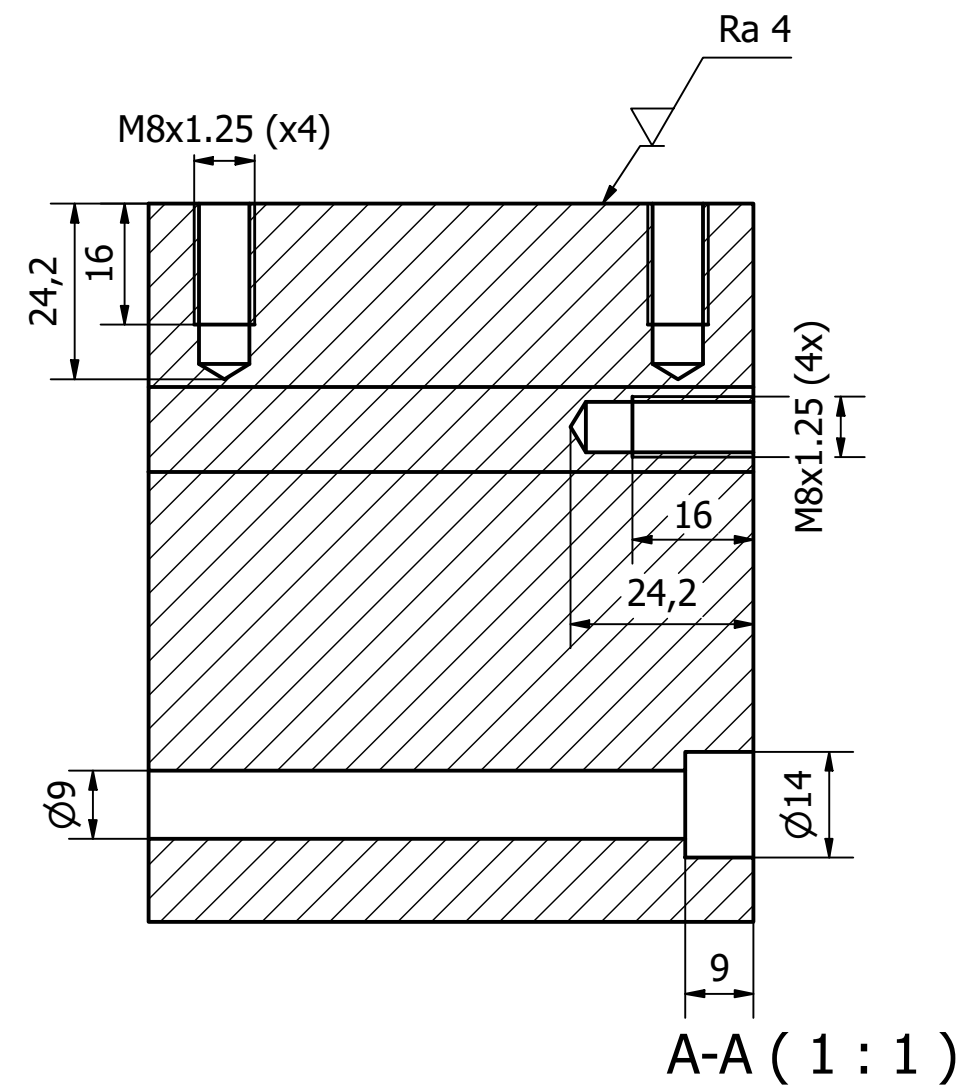
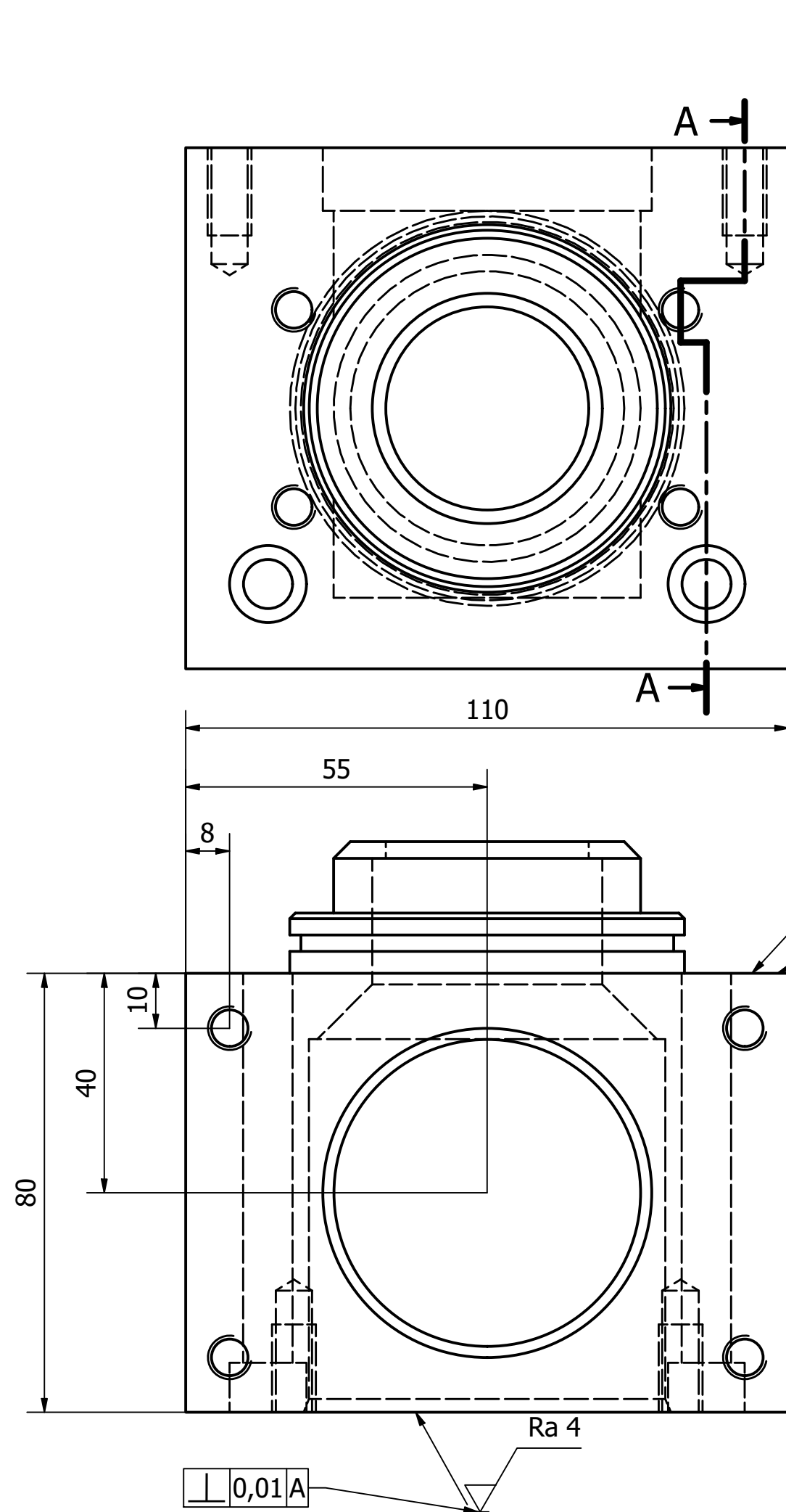
ÍNDICE



1. Plano de detalle 1
2. Plano de detalle 2
3. Asignación de superficies

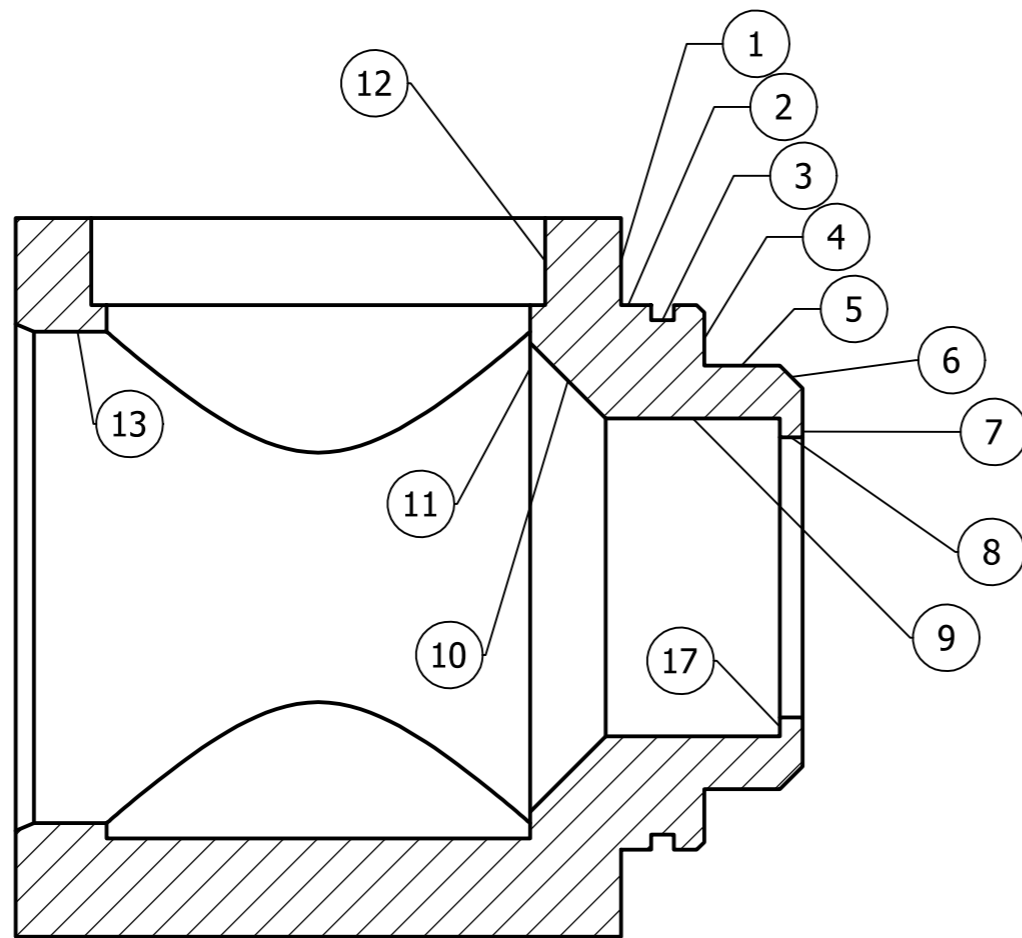
DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA PARA EL SECTOR METALMECÁNICO



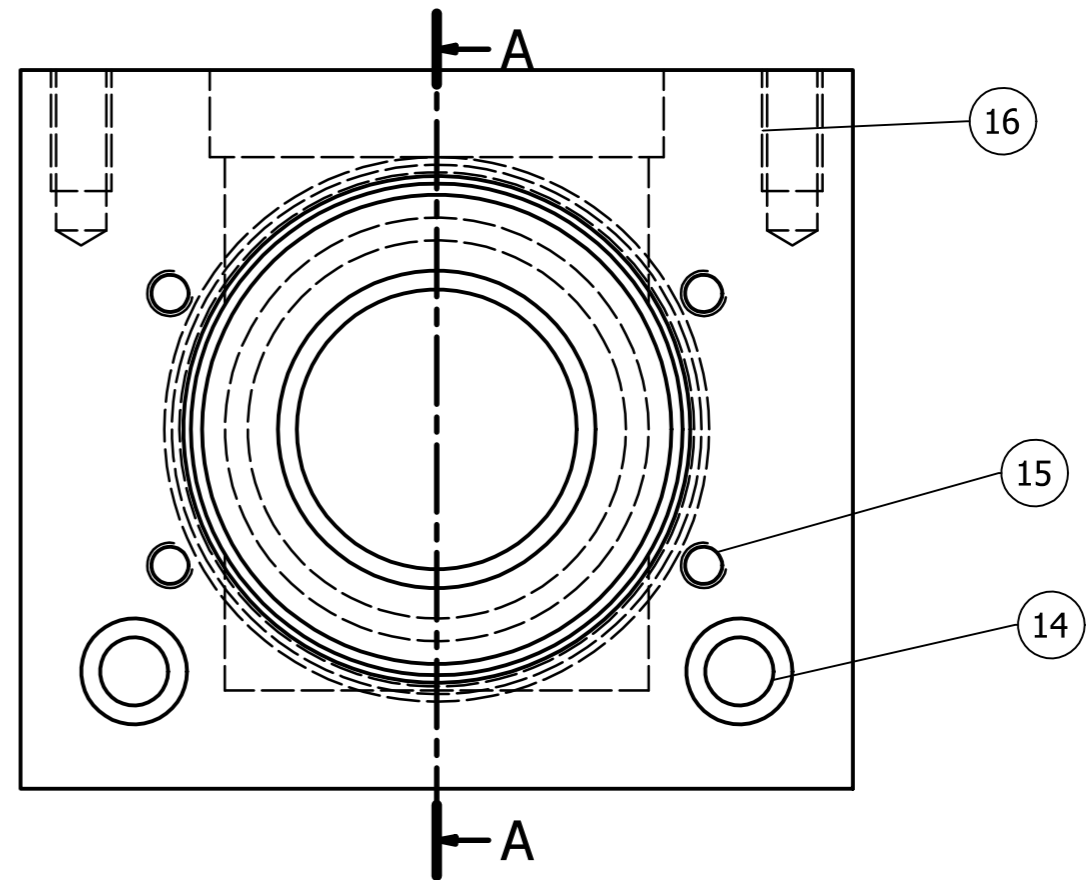
Proyecto: Diseño y desarrollo del plan de procesos de una pieza del sector metalmeccánico		Aprobado por: UPV	
Creado por: Elena Cedrés Álvarez		Número de Indentificación: ECA001	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Trabajo final de Grado en Ingeniería Mecánica		 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Fecha de Edición: 21/06/2019	Tipo de documento: Plano de detalle 1		Nº PLANO: Plano 1





Proyecto: Diseño y desarrollo del plan de procesos de una pieza del sector metalmeccánico		Aprobado por: UPV	
Creado por: Elena Cedrés Álvarez		Número de Indentificación: ECA002	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Trabajo final de Grado en Ingeniería Mecánica		
Escala:	Tipo de documento: Plano de detalle 2		Fecha de Edición: 23/06/2019
			Nº PLANO: 2



A-A (1 : 1)



PLACA BASE
 MATERIAL: Acero C45
 RUG. POR DEFECTO: Ra 3.2 μ m
 TOL. POR DEFECTO: js 11
 LOTE: 200 piezas

Proyecto: Diseño y desarrollo del plan de procesos de una pieza del sector metalmeccánico		Aprobado por: UPV
Creado por: Elena Cedrés Álvarez		Número de Identificación: ECA003
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Trabajo final de Grado en Ingeniería Mecánica	
Escala:	Tipo de documento: Asignación de superficies	
		Fecha de Edición: 22/06/2019
		Nº PLANO: 3

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA DEL SECTOR METALMECÁNICO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
DEL DISEÑO



DOCUMENTO Nº3 PRESUPUESTO

Alumno: Cedrés Álvarez, Elena
Tutor: Ordeig Fernández, Isabel

JULIO 2019

ÍNDICE

INTRODUCCION.....	3
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS. MO, MT, MQ.....	4
CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES Y DESCOMPUESTOS.....	8
CUADRO DE PRECIOS Nº1. EN LETRA	12
CUADRO DE PRECIOS Nº2. RESTOS DE OBRA, COSTES INDIRECTOS	14
PRESUPUESTO CON MEDICION DETALLADA POR CAPÍTULOS	16
RESUMEN DEL PRESUPUESTO	20

INTRODUCCIÓN

En este apartado, se va a llevar a cabo la implementación del presupuesto para llevar a cabo la pieza del proyecto. Este documento ha sido generado a través del programa Arquímedes, específico para ello.

Para la realización del proyecto se ha partido de los precios oficiales que ofrece el catálogo de Sandvik Coromant para las herramientas y de las tablas de costes explicadas en la memoria tanto para las máquinas como para los utillajes. Para el material de partida se tiene en cuenta un bruto de 5 kg a precio de 0,6€/kg. La mano de obra de ingeniería se establece a 15 euros la hora por tratarse de un estudiante de ingeniería. La mano de obra del técnico especialista se establece a 40 euros la hora.

En el presupuesto se reflejan los costes totales, teniendo en cuenta los costes de los recursos humanos, los materiales empleados para su realización y los costes generales, sin tener en cuenta los costes de amortización de equipos informáticos, ni precio de la licencia de software al ser de libre distribución para estudiantes.

Se tiene en cuenta que se va a realizar un lote de 200 piezas, por lo que los costes de las máquinas se dividen entre el número n de piezas. El presupuesto final es para una sola pieza, y el elevado precio se debe a una de las herramientas que se usan. Si se quisiera calcular el presupuesto del lote completo.

CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS. MO, MT, MQ

Cuadro de mano de obra

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad (Horas)	Total (Euros)
1	Ingeniero Mecánico	15,70	31,50 h	494,55
2	Técnico especialista	40,00	1,50 h	60,00
3	Fabricación de la pieza+Técnico especialista	40,00	1,50 h	60,00
			Importe total:	614,55

Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	Bruto 105*110*95 Acero C45 (0,6€/kg)	0,6	5 Ud	3,00
2	CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11	114,00	1 Ud	114,00
3	CoroTurn Prime CP-A1104-L5-4325	20,04	1 Ud	20,04
4	CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B	102,60	1 Ud	102,60
5	CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-RO-1115	34,82	1 Ud	34,82
6	CoroBore BR20 de 2 filos BR20D-715P124-C6M	3.791,45	1 Ud	3.791,45
7	CoroMill Plura 1p360-2540-xa-1620	426,55	1 Ud	426,55
8	CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC34	228,95	1 Ud	228,95
9	CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150	25,55	1 Ud	25,55
10	CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC34	381,45	1 Ud	381,45
			Importe total:	5.128,41

Cuadro de maquinaria

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad	Total (Euros)
1	Plato de 4 garras	540,00	1 Ud	540,00
2	Plato de 3 garras	70,00	2 Ud	140,00
3	Mordaza	140,00	1 Ud	140,00
4	Mordaza	70,00	1 Ud	70,00
5	Plato de 3 garras	35,00	1 Ud	35,00
			Importe total:	925,00

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES Y DESCOMPUESTOS

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1				
Planteamiento del problema y documentación				
1.1	UO_1.1	Ud	Búsqueda y estudio de bibliografía referente al proyecto.	
	MO_1	5,00 h	Ingeniero Mecánico	15,70 78,50
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	78,50 1,57
		4,00 %	Costes indirectos	80,07 3,20
			Precio total por Ud	83,27
			Son ochenta y tres Euros con veintisiete céntimos	
1.2	UO_1.2	Ud	Generación de los documentos del proyecto.	
	MO_1	15,00 h	Ingeniero Mecánico	15,70 235,50
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	235,50 4,71
		4,00 %	Costes indirectos	240,21 9,61
			Precio total por Ud	249,82
			Son doscientos cuarenta y nueve Euros con ochenta y dos céntimos	

Cuadro de Precios Descompuesto :

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2			Determinación de soluciones del proyecto	
2.1	UO_2.1	Ud	Determinación de soluciones generales para el proyecto	
	MO_1	1,00 h	Ingeniero Mecánico	15,70
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	15,70
		4,00 %	Costes indirectos	16,61
			Precio total por Ud	16,65
			Son dieciséis Euros con sesenta y cinco céntimos	
2.2	UO_2.2	Ud	Elección del material y suministro del bruto de partida	
	MO_1	0,50 h	Ingeniero Mecánico	15,70
	MO_2	0,50 h	Técnico especialista	40,00
	MAT1	1,00 Ud	Bruto 105*110*95 Acero C45	3,00
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	77,85
		4,00 %	Costes indirectos	79,41
			Precio total por Ud	35,59
			Son treinta y cinco Euros con cincuenta y nueve céntimos	
2.3	UO_2.3	Ud	Diseño del delo y generación de programas de fabricación	
	MO_1	4,00 h	Ingeniero Mecánico	15,70
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	62,80
		4,00 %	Costes indirectos	64,06
			Precio total por Ud	66,62
			Son sesenta y seis Euros con sesenta y dos céntimos	
2.4	UO_2.4	Ud	selección de herramientas y condiciones de corte	
	MO_1	6,00 h	Ingeniero Mecánico	15,70
	MO_2	1,00 h	Técnico especialista	40,00
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	134,20
		4,00 %	Costes indirectos	136,88
			Precio total por Ud	142,36
			Son ciento cuarenta y dos Euros con treinta y seis céntimos	

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código Total	Ud	Descripción		
3 Fabricación de la pieza					
3.1. UO_3.1	Ud	Pieza			
	MO_3.1	1,50 h	Fabricación de la pieza+Técnico especi...	40,00	60,00
	Mat_3.1	1,00 Ud	CoroTurn Prime CP-30AR-3232-11	114,00	114,00
	Mat_3.2	1,00 Ud	CoroTurn Prime CP-A1104-L5-4325	20,04	20,04
	Mat_3.3	1,00 Ud	CoroCut de 1 y 2 filos RF123H13-1616B	102,60	102,60
	Mat_3.4	1,00 Ud	CoroCut de 1 y 2 filos LG123H1-0300-R...	34,82	34,82
	Mat_3.5	1,00 Ud	CoroBore BR20 de 2 filos BR20D-715P...	3.791,45	3.791,45
	Mat_3.6	1,00 Ud	CoroMill Plura 1p360-2540-xa-1620	426,55	426,55
	Mat_3.7	1,00 Ud	CoroDrill 861 861.1-0680-082A1-GMGC...	228,95	228,95
	Mat_3.8	1,00 Ud	CoroTap 300 T-300-XM102AA-M8 C150	25,55	25,55
	Mat_3.9	1,00 Ud	CoroDrill 861 861.1-0900-180A1-GMGC...	381,45	381,45
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	5.185,41	103,71
		4,00 %	Costes indirectos	5.289,12	211,56
			Precio total por Ud.....		5.500,68
			Son cinco mil quinientos euros con sesenta y ocho céntimos		
3.2 UO_3.2	Ud	Torno			
	otro1	1,00 Ud	Costes de preparación	1,0000000	1,00
	Maq_1	1,00 Ud	Plato de 4 garras	540,0000000	540,00
	Maq_2	1,00 Ud	Plato de 3 garras	70,0000000	70,00
	otro5	372.25,... Ud	Coste desbaste	0,0000025	0,93
	otro4	2.463,00... Ud	Coste acabado	0,0001500	0,37
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	612,3000000	12,25
		4,00 %	Costes indirectos	624,5500000	24,98
			Precio total por Ud		649,53
			Son seiscientos cuarenta y nueve Euros con cincuenta y tres céntimos		
3.3 UO_3.3	Ud	Fresadora vertical			
	otro1	1,00 Ud	Costes de preparación	1,00000	1,00
	Maq_3	1,00 Ud	rdaza	140,00000	140,00
	Maq_4	1,00 Ud	rdaza	70,00000	70,00
	otro3	20.979,5... Ud	Coste acabado	0,00020	4,20
	otro_9	227.199,... Ud	Coste de desbaste	0,00002	4,54
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	219,74000	4,39
		4,00 %	Costes indirectos	224,13000	8,97
			Precio total por Ud		233,10
			Son doscientos treinta y tres Euros con diez céntimos		
3.4 UO_3.4	Ud	Rectificadora cilíndrica			
	otro1	1,00 Ud	Costes de preparación	1,000	1,00
	otro7	1,00 Ud	Operación en rectificado	2,500	2,50
	Maq_2	1,00 Ud	Plato de 3 garras	70,000	70,00
	Maq_5	1,00 Ud	Plato de 3 garras	35,000	35,00
	otro8	6.660,16... Ud	Coste acabado	0,002	13,32
	%CC	2,00 %	Costes complementarios.	121,820	2,44
		4,00 %	Costes indirectos	124,260	4,97
			Precio total por Ud		129,23
			Son ciento veintinueve Euros con veintitres céntimos		

CUADRO DE PRECIOS N°1. EN LETRA

Cuadro de precios nº1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1	1 Planteamiento del problema y documentación Ud Búsqueda y estudio de bibliografía referente al proyecto.	83,27	OCHENTA Y TRES EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS
1.2	Ud Generación de los documentos del proyecto.	249,82	DOSCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
	2 Determinación de soluciones del proyecto		
2.1	Ud Determinación de soluciones generales para el proyecto	16,65	DIECISEIS EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.2	Ud Elección del material y suministro del bruto de partida	35,59	TREINTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.3	Ud Diseño del delo y generación de programas de fabricación	66,62	SESENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS
2.4	Ud selección de herramientas y condiciones de corte	142,36	CIENTO CUARENTA Y DOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
	3 Fabricación de la pieza		
3.1	Ud Pieza	5.500,68	CINCO MIL QUINIENTOS EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS
3.2	Ud Torno	649,53	SEISCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
3.3	Ud Fresadora vertical	233,10	DOSCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
3.4	Ud Rectificadora cilíndrica	129,23	CIENTO VEINTINUEVE EUROS CON VEINTITRES CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS N°2. RESTOS DE OBRA, COSTES INDIRECTOS

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1 Planteamiento del problema y documentación		
1.1	Ud Búsqueda y estudio de bibliografía referente al proyecto.		
	<i>Mano de obra</i>	78,50	
	<i>Medios auxiliares</i>	1,57	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	3,20	
			83,27
1.2	Ud Generación de los documentos del proyecto.		
	<i>Mano de obra</i>	235,50	
	<i>Medios auxiliares</i>	4,71	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	9,61	
			249,82
	2 Determinación de soluciones del proyecto		
2.1	Ud Determinación de soluciones generales para el proyecto		
	<i>Mano de obra</i>	15,70	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,31	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	0,64	
			16,65
2.2	Ud Elección del material y suministro del bruto de partida		
	<i>Mano de obra</i>	27,85	
	<i>Materiales</i>	3,00	
	<i>Medios auxiliares</i>	1,56	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	3,18	
			35,59
2.3	Ud Diseño del delo y generación de programas de fabricación		
	<i>Mano de obra</i>	62,80	
	<i>Medios auxiliares</i>	1,26	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	2,56	
			66,62
2.4	Ud selección de herramientas y condiciones de corte		
	<i>Mano de obra</i>	134,20	
	<i>Medios auxiliares</i>	2,68	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	5,48	
			142,36
	3 Fabricación de la pieza		
3.1	Ud Pieza		
	<i>Mano de obra</i>	60,00	
	<i>Materiales</i>	5.125,41	
	<i>Medios auxiliares</i>	103,71	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	211,56	
			5.500,68
3.2	Ud Torno		
	<i>Maquinaria</i>	610,00	
	<i>Resto de Obra</i>	2,30	
	<i>Medios auxiliares</i>	12,25	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	24,98	
			649,53
3.3	Ud Fresadora vertical		
	<i>Maquinaria</i>	210,00	
	<i>Resto de Obra</i>	9,74	
	<i>Medios auxiliares</i>	4,39	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	8,97	
			233,10
3.4	Ud Rectificadora cilíndrica		
	<i>Maquinaria</i>	105,00	
	<i>Resto de Obra</i>	16,82	
	<i>Medios auxiliares</i>	2,44	
	<i>4 % Costes indirectos</i>	4,97	
			129,23

PRESUPUESTO CON MEDICION DETALLADA POR CAPÍTULOS

PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 Planteamiento del problema y documentación

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	Ud. Búsqueda y estudio de bibliografía referente al proyecto.					1,00	83,27	83,27
1.2	Ud. Generación de los documentos del proyecto.					1,00	249,82	249,82

Total presupuesto parcial n° 1 ... 333,09

PRESUPUESTO PARCIAL N° 2 Determinación de soluciones del proyecto								
Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	Ud. Determinación de soluciones generales para el proyecto					1,00	16,65	16,65
2.2	Ud. Elección del material y suministro del bruto de partida					1,00	35,59	35,59
2.3	Ud. Diseño del delo y generación de programas de fabricación					1,00	66,62	66,62
2.4	Ud. selección de herramientas y condiciones de corte					1,00	142,36	142,36

Total presupuesto parcial nº 2 ... 261,22

PRESUFUESTO PARCIAL N° 3 Fabricación de la pieza

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1	Ud. Pieza					1,00	5.500,68	5.500,68
3.2	Ud. Torno					1,00	649,53	649,53
3.3	Ud. Fresadora vertical					1,00	233,10	233,10
3.4	Ud. Rectificadora cilíndrica					1,00	129,23	129,23

Total presupuesto parcial nº 3..... 6.456,96

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN PORCAPITULOS

CAPITULO PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DOCUMENTACIÓN	333,09
CAPITULO DETERMINACIÓN DE SOLUCIONES DEL PROYECTO	261,22
CAPITULO FABRICACIÓN DE LA PIEZA	6.512,54
REDONDEO.....	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.	<u>7.106,85</u>

EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LOS EXPRESADOS SIETE MIL CIENTO SEIS EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Planteamiento del problema y documentación	333,09
Capítulo 2 Determinación de soluciones del proyecto	261,22
Capítulo 3 Fabricación de la pieza	6.512,54
Presupuesto de ejecución material	7.106,85
13% de gastos generales	923,89
6% de beneficio industrial	426,41
Presupuesto de ejecución por contrata	8.457,15
21% IVA	1.776,00
Presupuesto final	10.233,15

Por tanto, el coste total de este trabajo fin de grado asciende a la expresada cantidad de DIEZ MIL DOSCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE PROCESOS
DE UNA PIEZA DEL SECTOR METALMECÁNICO