



CONSTRUCCIÓN METAL-MECÁNICA

**ESCUELA UNIVERSITARIA INGENIERÍA
TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA**

Alumno: Víctor Domínguez Poyatos

Título: Ingeniería Técnica Industrial (esp. Mecánica)

Director: José Manuel Franco Gimeno

Convocatoria: septiembre 2010

Contenido

1. Introducción.....	4
1.1. Título del proyecto	5
1.2. Consideraciones previas	5
1.3. Destinatario.....	6
1.4. Peticionario	6
1.5. Objetivo y alcance	6
1.6. Estructura.....	7
1.7. Emplazamiento geográfico	7
2. Definición del producto	10
2.1. Introducción.....	11
2.2. Descripción	12
2.3. Características.....	14
2.4. Documentación gráfica.....	17
2.5. Materiales	56
3. Estudio de mercado	57
4. Fabricación y montaje	59
4.1. Introducción.....	60
4.2. Análisis del proceso.....	61
4.2.1. Proceso	61
4.2.2.Área de recepción	62
4.2.3.Área de corte.....	67
4.2.4.Área de mecanizado.....	70
4.2.5.Área de acabado final	90
4.2.6.Área de montaje y embalaje	93

4.2.7.Área de almacenaje.....	96
4.2.8. Relación de tiempos y costes por máquina.....	97
4.2.9. Transporte interno.....	106
4.3. Cronograma Gantt	107
4.4. Diagrama de flujo de materiales.....	112
4.5. Control de fabricación	113
4.6. Estudio básico de seguridad laboral	114
5. Presupuesto.....	121
5.1. Coste de personal.....	122
5.2. Coste de maquinaria	123
5.3. Coste de consumibles	124
5.4. Costes de protección individual.....	127
5.5. Coste de materia prima	128
5.6. Costes varios.....	130
5.7. Coste de energía eléctrica.....	131
5.8. Coste general	132
5.7. Estudio económico y de rentabilidad.....	133
5.8. Justificación del proyecto	137
6. Bibliografía.....	138

1. Introducción

1.1. Título del proyecto

Debido al contenido, objetivos y alcance del proyecto se eligió el título siguiente:

CONSTRUCCIÓN METAL-MECÁNICA

1.2. Consideraciones previas

El proyecto fin de carrera es una actividad obligatoria para todo alumno que desee obtener el título de ingeniero. Pretende enfrentar al alumno a una tarea de complejidad superior a la habitual en laboratorios y prácticas que ha realizado a lo largo de sus estudios, obligándole a un estudio bibliográfico, a la obtención de unos resultados y a una evaluación cuantitativa de su esfuerzo.

El proyecto fin de carrera no es un proyecto de ingeniería en el sentido estricto de la palabra: no hay un incentivo económico inmediato. Esto permite introducir tareas de tipo formativo o de aprendizaje que, no obstante, deben evaluarse cuidadosamente.

El tema objeto del proyecto no requiere más originalidad que la de no esté copiado sino que refleje un trabajo propio del autor. Un error harto habitual es sugerir "temas abiertos" cuyo desarrollo se decide sobre la marcha. A veces incluso se confunde un proyecto fin de carrera con una (mini) tesis doctoral (donde los criterios de originalidad científica sí son esenciales).

En un proyecto fin de carrera es todavía más importante el "¿cómo?" que el "¿qué?". El alumno debe tener muy claro qué está haciendo y por qué lo hace como lo hace. Tanto si el elige y decide, como si lo hace su tutor por él, el alumno debe comprender perfectamente todas y cada una de las decisiones y ser capaz de explicarlas.

Partes esenciales del proyecto son la memoria y la presentación final, de las que va a depender fuertemente la nota que alcance. La comunicación del proceso de desarrollo

del proyecto y el convencimiento del tribunal que lo evalúe son elementos esenciales de valoración.

1.3. Destinatario

El destinatario del proyecto va a ser la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Zaragoza, para su evaluación como proyecto fin de carrera, siendo pues éste un ejercicio didáctico que completará la formación académica del estudiante.

1.4. Peticionario

Este proyecto se llevará a cabo bajo la petición de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Zaragoza y en concreto para el departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Las funciones de dirección del proyecto las realizará D. José Manuel Franco Gimeno.

1.5. Objetivo y alcance

El objetivo de este proyecto es el diseño del proceso de producción detallando las operaciones a realizar, las máquinas y herramientas a utilizar, el presupuesto....Además se distinguirá entre aquellas partes que se subcontratarán y las que se fabricarán.

El alcance de este proyecto es la determinación del proceso de fabricación para obtener un producto (en este caso un reductor).

1.6. Estructura

Este proyecto empezará con la definición del producto, en la cual se hará una descripción del mismo a la par que se enumerarán sus características y se aportará documentación gráfica conjuntamente con los materiales.

Se proseguirá con un breve estudio de mercado en el que se definirán las posibles ventas que se pueden llegar a realizar.

En el siguiente apartado se describirá todo lo relacionado con la fabricación del producto, el cual es el gran objetivo de este proyecto. Así pues se describirá área por área el proceso productivo. Además para una correcta comprensión se añadirán elementos visuales tales como: cronogramas de Gantt y diagramas de flujo de materiales. Todo ello servirá para finalizar en el presupuesto dónde se hará una visión económica del proyecto.

1.7. Emplazamiento geográfico

La nave industrial se encuentra situada en la calle Turiaso número 27 de la plataforma logística de Zaragoza (PLAZA) a 10 Km. de la ciudad de Zaragoza con acceso por carretera por la N-II, la N-125, 4º Cinturón y Z-40. También cuenta con accesos por ferrocarril (apeadero del AVE a 1 Km.) y con el aeropuerto de Zaragoza a 0,5 Km.

La elección de Zaragoza como sede de la empresa es porque tiene una ubicación inmejorable ya que en un radio de 300 km se encuentran las ciudades más importantes de España (Barcelona, Madrid, Bilbao, Valencia, etc.), así como su cercanía a Europa.

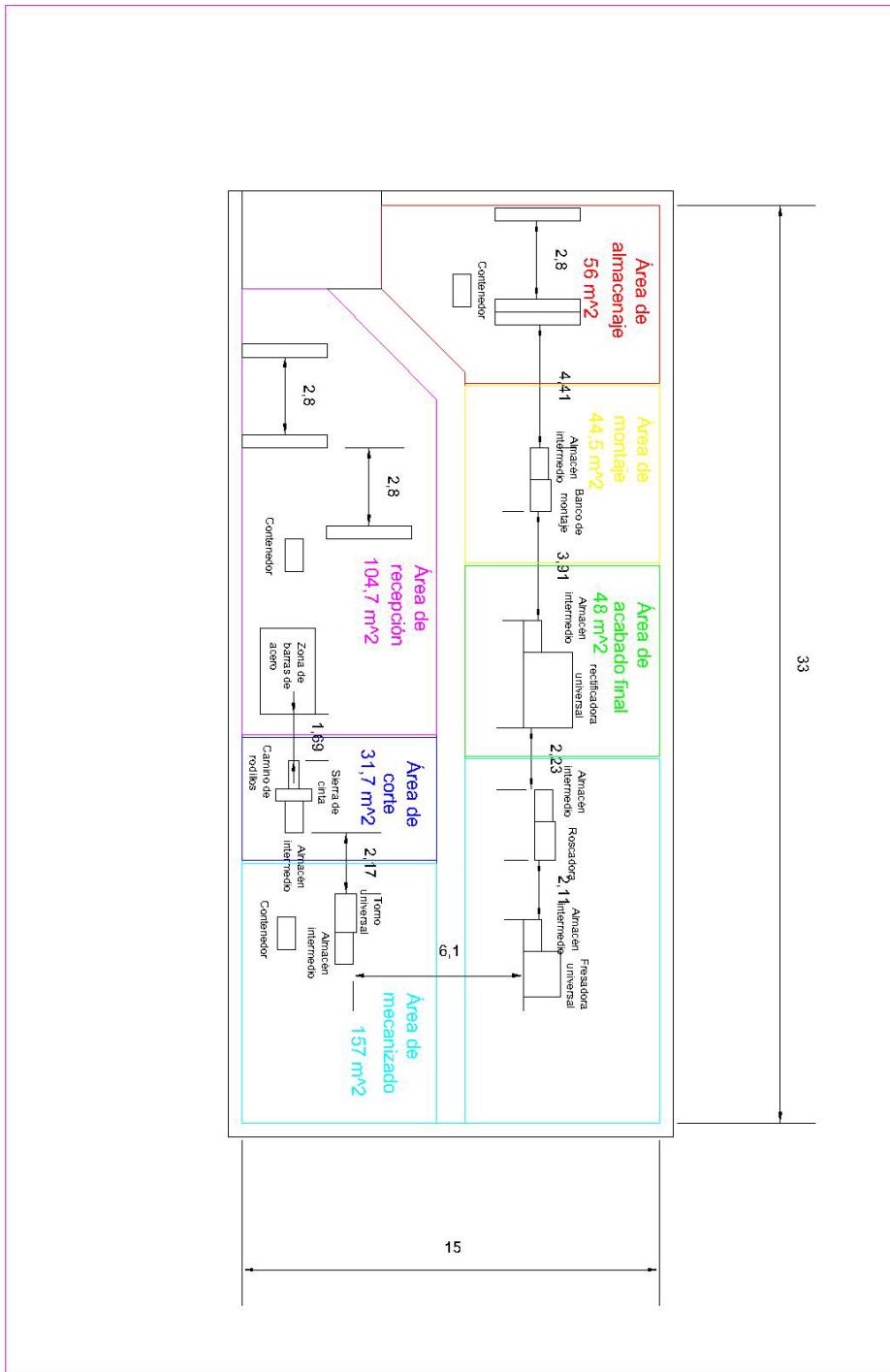
Los factores que se han tenido en cuenta a la hora de elegir el emplazamiento definitivo de las instalaciones han sido:

- Cercanía a la ciudad de Zaragoza.
- Buenos accesos tanto por carretera como por ferrocarril.

- Buena pavimentación del polígono.
- Disponibilidad de red contra incendios.
- Buena iluminación.
- Disponibilidad de transporte público para el traslado del personal.
- Disponibilidad de red de agua potable así como de red de saneamiento y depuradora.
- Suministro de gas
- Electricidad de alto / bajo voltaje (45kV / 15 kV / 380V) así como central de transformación
- Acceso a las nuevas tecnologías (red de fibra óptica)
- Recogida selectiva de residuos.

La nave se contratará en alquiler para reducir la inversión inicial. Entonces se ha escogido una nave de 495 m² y la cantidad pagada como alquiler es de 1188 €mes.

En la siguiente página se detallan las dimensiones de la nave industrial. También se detallan la superficie de cada área en la que está dividida la planta de la nave, así como la distancia entre las distintas máquinas y objetos.



2. Definición del producto

2.1. Introducción

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad aunque en algunos países hispano parlantes también se le denomina caja reductora.

Los reductores se pueden clasificar por la tipología de sus engranajes, las clasificaciones más usuales son: Sin fin-Corona, engranajes y planetarios.

Reductores de velocidad de Sin fin-Corona: Es quizás el tipo de reductor de velocidad más sencillo, se compone de una corona dentada, normalmente de bronce en cuyo centro se ha embutido un eje de acero (eje lento), esta corona está en contacto permanente con un husillo de acero en forma de tornillo sin-fin. Una vuelta del tornillo sin fin provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de velocidad. La reducción de velocidad de una corona sin fin se calcula con el producto del número de dientes de la corona por el número de entradas del tornillo sin fin.

Paradójicamente es el tipo de reductor de velocidad más usado y comercializado a la par que todas las tendencias de ingeniería lo consideran obsoleto por sus grandes defectos que son, el bajo rendimiento energético y la irreversibilidad.

Reductores de velocidad de engranajes: Los reductores de engranajes son aquellos en que toda la transmisión mecánica se realiza por pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño.

Reductores de velocidad Planetarios: Son reductores de engranajes con la particularidad de que no están compuestos de pares de engranajes si no de una disposición algo distinta, cámara hay que tomar

Los reductores se pueden clasificar por la posición relativa del eje lento del reductor con respecto al eje rápido del mismo, las clasificaciones más usuales son; paralelos, ortogonales y coaxiales.

Los reductores se pueden clasificar por su sistema de fijación, fijo o pendular.

La fabricación o selección de un reductor de velocidad es algo sumamente complejo en algunas ocasiones dada la gran cantidad de parámetros a tener en cuenta. Los principales son: par, par nominal, par resistente, par de cálculo, potencia, potencia térmica.

2.2. Descripción

En este proyecto se utilizará un reductor de velocidad de engranajes de dos etapas. En cada etapa se reducirá la velocidad para conseguir una mayor potencia. Esto se consigue mediante el uso de pares de engranajes de diferentes diámetros.

Entonces, será necesario el uso de un eje conectado al motor, un eje intermedio y un tercer eje que hará girar un determinado mecanismo. A cada uno de estos tres ejes se les ha asignado un nombre identificativo a lo largo de todo este proyecto: eje 1, eje 2 y eje 3 respectivamente.

Además, será necesario el uso de dos pares de engranajes, es decir, se necesitarán cuatro engranajes en cada reductor. Como hay tres tipos de reductores habrá varios engranajes distintos a los cuales se les han asignados los siguientes nombres: engranaje 1, engranaje 2, engranaje 3, engranaje 4 y engranaje 5. Siendo los engranajes 1 y 2 los de menor diámetro y el resto los de mayor diámetro, los cuales determinarán en este caso la potencia obtenida al final.

Con el objetivo de mantener los ejes centrados a la distancia correcta y de evitar la penetración de objetos extraños en el mecanismo del reductor será necesario el tener una carcasa. En este caso se ha diseñado la carcasa en dos piezas (superior e inferior) para facilitar así el mantenimiento designado a lo largo de la vida útil del reductor.

También se requerirá el uso de rodamientos para poder conseguir movimiento entre los ejes y la carcasa reduciendo el rozamiento entre ambos. Hay que tener en cuenta que se requerirán dos tipos de rodamientos de diámetros interiores distintos, de 15 milímetros y de 20 milímetros.

Y finalmente, se utilizarán piezas normalizadas tales como anillos de seguridad, chavetas, tornillos y arandelas con la función de fijar todas las piezas del mecanismo y evitar así vibraciones que provocarían un mal funcionamiento del reductor.

Por otro lado, se han tenido en cuenta los detalles siguientes en el diseño de los tres tipos de reductores.

La tolerancia asignada entre los engranajes y los ejes debe permitir un montaje sencillo porque el esfuerzo torsor es soportado por las chavetas. Por ello se asignó como tolerancia un H8/h8 que permite un fácil montaje.

En el caso de los rodamientos viene predeterminado por el proveedor una tolerancia mínima y máxima. No se debería producir juego entre los rodamientos y la carcasa o los ejes, por ello se requerirá un montaje ajustado. Se ha seleccionado un H8 para los agujeros y un h8 para los ejes.

Los anillos de seguridad son piezas normalizadas, por lo que la propia norma dictamina qué tolerancia deberá tener el agujero o el eje según el caso. Además, en los anillos de seguridad para agujeros la norma dicta que se debe dejar una distancia mínima desde el anillo hasta el final de la carcasa.

2.3. Características

Las características de un reductor de engranajes las otorgan principalmente la relación existente entre los engranajes que componen el reductor. Por lo cual primeramente se introducirán una serie de definiciones y fórmulas para la obtención de las características.

Como su nombre indica (reductor de velocidad), la velocidad del árbol de entrada es mayor que la velocidad del árbol de salida, por tanto, la relación de transmisión es mayor que uno. Por otra parte, también existe una transformación del par, pero inversa, es decir, el par que ejerce el árbol de entrada (el conductor) es menor que el par que transmite el árbol de salida (el conducido). Sin embargo, la potencia, que es el producto del par y la velocidad, es la misma en ambos árboles siempre y cuando se suponga un rendimiento perfecto de la transmisión. En la práctica, siempre hay pérdidas de potencia por rozamiento, lo que implica un rendimiento menor que uno, por lo que la potencia en el árbol de salida es menor que en el de entrada.

La relación de transmisión (i) es una relación entre las velocidades de rotación de dos engranajes conectados entre sí. Esta relación se debe a la diferencia de diámetros de las dos ruedas, que implica una diferencia entre las velocidades de rotación de ambos.

Matemáticamente, la relación de transmisión entre dos engranajes circulares con un determinado número de dientes Z se puede expresar de la siguiente manera:

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Donde:

- D_1 es el diámetro del engranaje de entrada.
- D_2 es el diámetro del engranaje de salida.
- w_1 es la velocidad angular de entrada.
- w_2 es la velocidad angular de salida transmitida.

- Z_1 es el número de dientes del engranaje de entrada.
- Z_2 es el número de dientes del engranaje de salida.

Además cuando se tienen más de un par de engranajes, como es el caso, para obtener la relación total del conjunto se multiplicarán las relaciones de transmisión entre pares de engranajes que haya.

Así realizando los cálculos oportunos se obtiene que la relación de transmisión de los tres tipos de reductores es:

$$\text{Reductor n}^{\circ}1: i_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{67}{40} = 1,675$$

$$i_2 = \frac{D_4}{D_3} = \frac{67}{40} = 1,675$$

$$i_t = 1,675 \times 1,675 = 2,8$$

$$\text{Reductor n}^{\circ}2: i_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{77}{40} = 1,925$$

$$i_2 = \frac{D_4}{D_3} = \frac{77}{40} = 1,925$$

$$i_t = 1,925 \times 1,925 = 3,7$$

$$\text{Reductor n}^{\circ}3: i_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{87}{40} = 2,175$$

$$i_2 = \frac{D_4}{D_3} = \frac{87}{40} = 2,175$$

$$i_t = 2,175 \times 2,175 = 4,73$$

Además la velocidad de entrada y de salida están relacionadas mediante la relación de transmisión de la siguiente manera:

$$\omega_1 = \omega_2 \times i; \omega_2 = \frac{\omega_1}{i}$$

Y finalmente se obtiene la velocidad de salida conociendo la velocidad de entrada. Supondremos que se utiliza un motor eléctrico que funciona con una velocidad nominal de 1500 rpm:

$$\text{Reductor n}^{\circ}1: \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_t} = \frac{1500}{2,8} = 535,71 \text{ rpm}$$

$$\text{Reductor n}^{\circ}2: \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_t} = \frac{1500}{3,7} = 405,4 \text{ rpm}$$

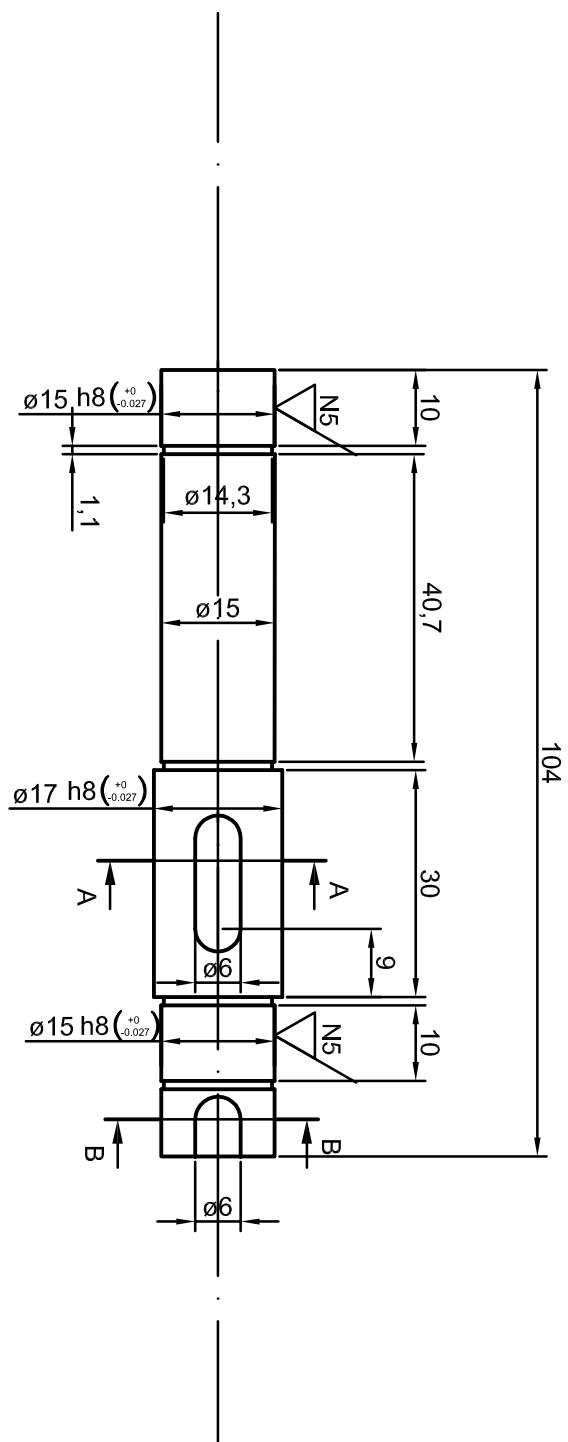
$$\text{Reductor n}^{\circ}3: \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_t} = \frac{1500}{4,73} = 317,12 \text{ rpm}$$

2.4. Documentación gráfica

A continuación se incluyen tanto el despiece como el conjunto del **reductor 1** en el siguiente orden:

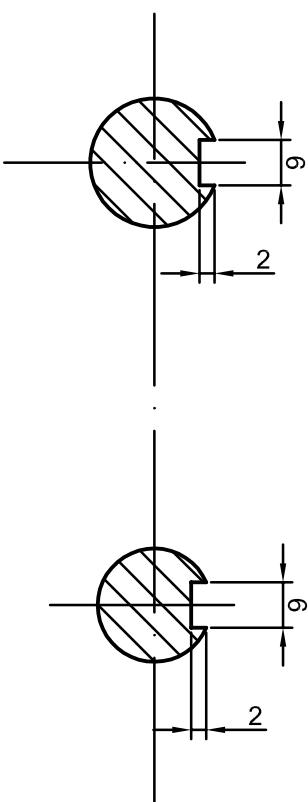
- Eje 1 01.01
- Eje 2 01.02
- Eje 3 01.03
- Engranaje 1 01.04
- Engranaje 2 01.05
- Engranaje 3 01.06
- Carcasa inferior 1 (fundición) 01.07
- Carcasa superior 1 (fundición) 01.08
- Carcasa inferior 1 (mecanizado) 01.09
- Carcasa superior 1 (mecanizado) 01.10
- Conjunto 01.11
- Designación 01.12

N7
N5

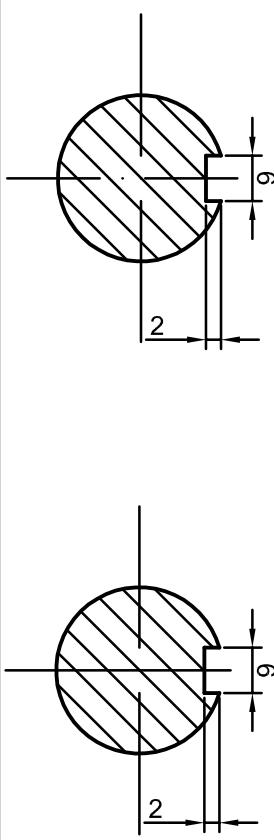


Sección AA

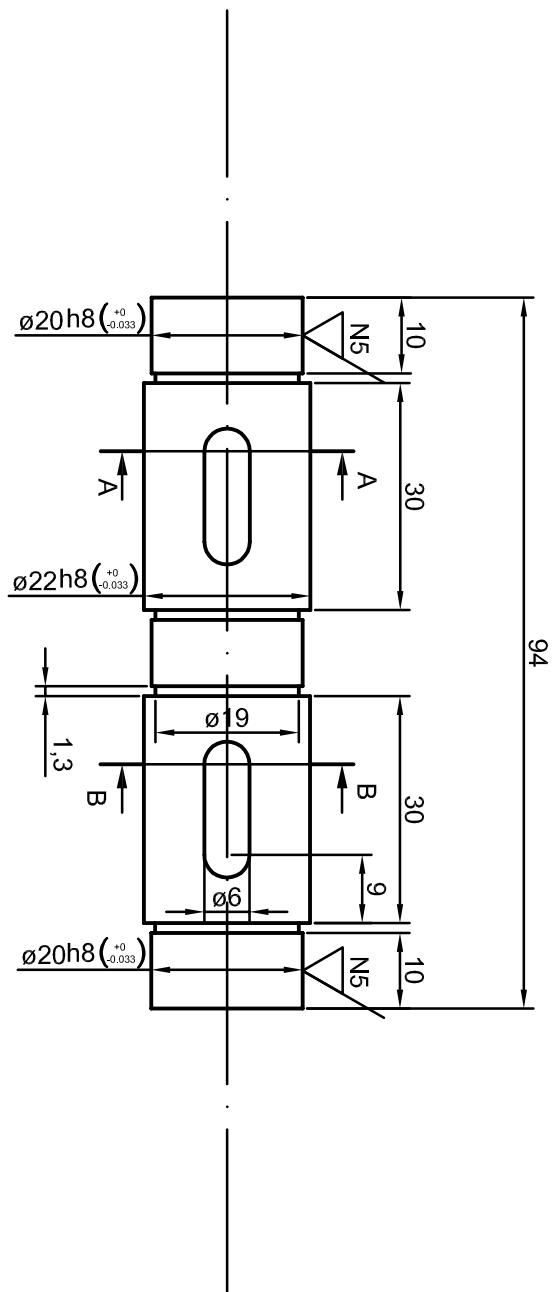
Sección BB



Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA
		Víctor Domínguez		DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.:				
Escala:				
1:1		EJE 1		
				Plano: 01.01
				Hoja:
				Especialidad:
				Mecánica



Sección AA Sección BB

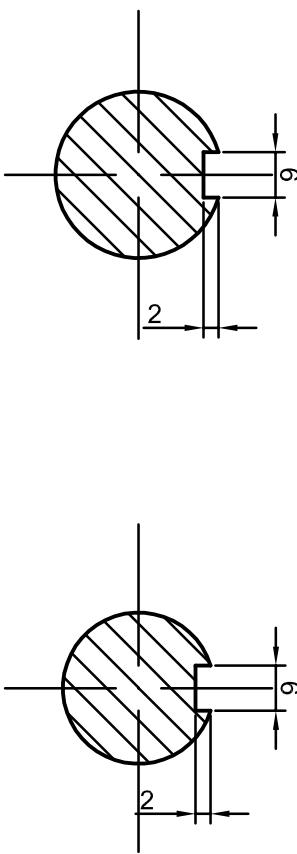


(N7)
(N5)

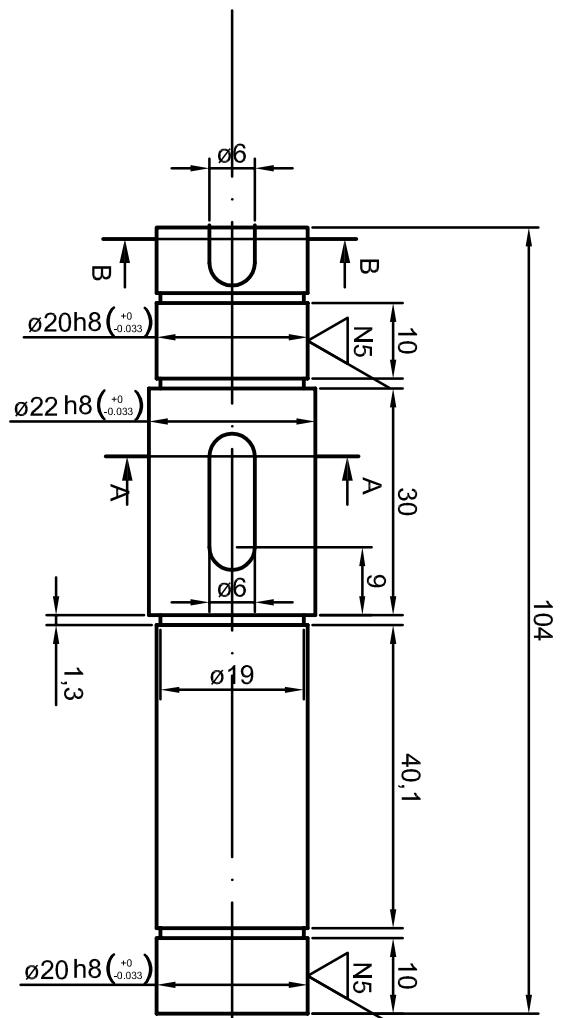
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma
Comprob.		Víctor Domínguez	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Escala:	EJE 2		
1:1	Plano: 01.02		
	Hoja:		
	Especialidad:		
	Mecánica		

N7
N5

Sección AA

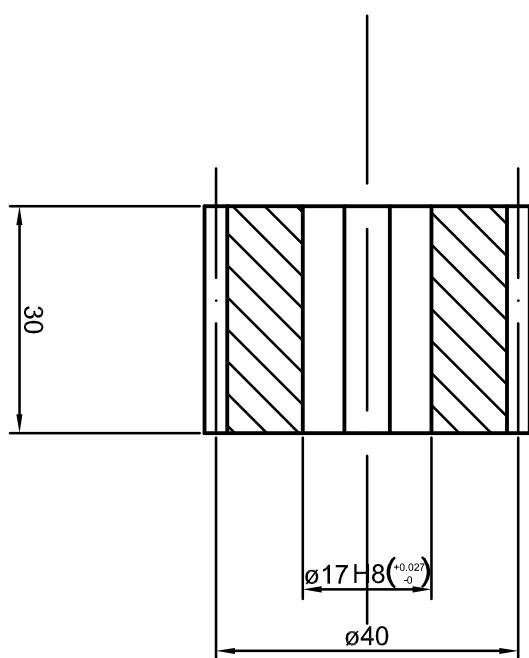
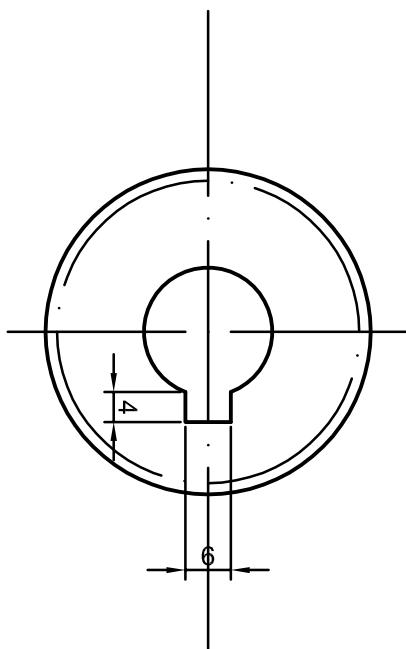


Sección BB

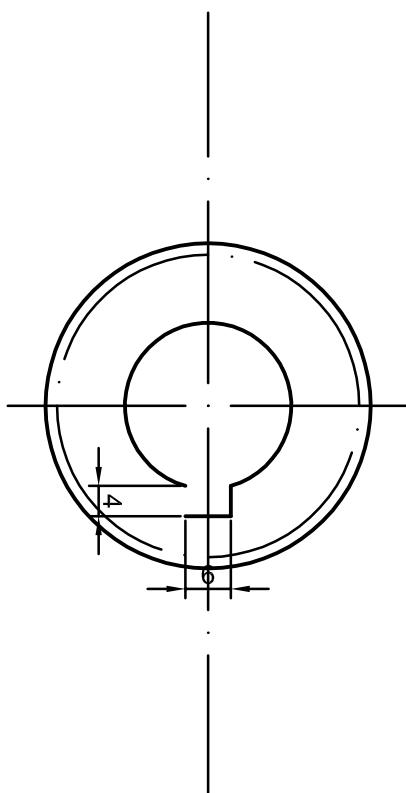


Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Víctor Domínguez				
Comprob.				
Escala:				
1:1		EJE 3		
				Plano: 01.03
				Hoja:
				Especialidad:
				Mecánica

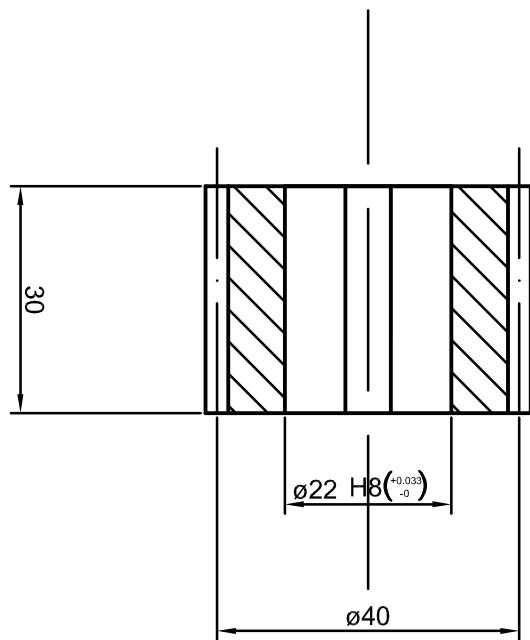
N7



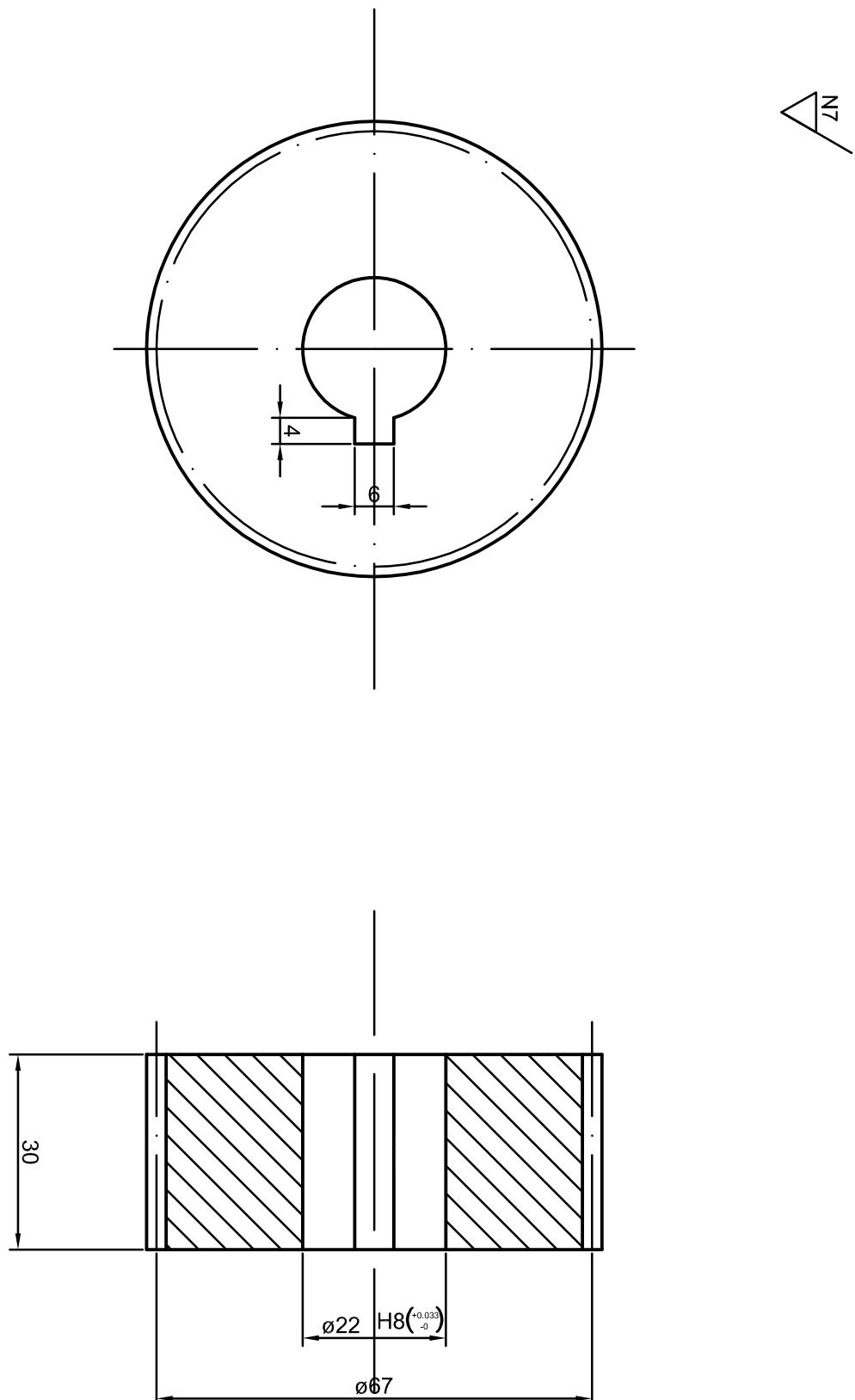
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Plano: 01.04
1:1		ENGRANAJE 1		Hoja: _____
				Especialidad: Mecánica



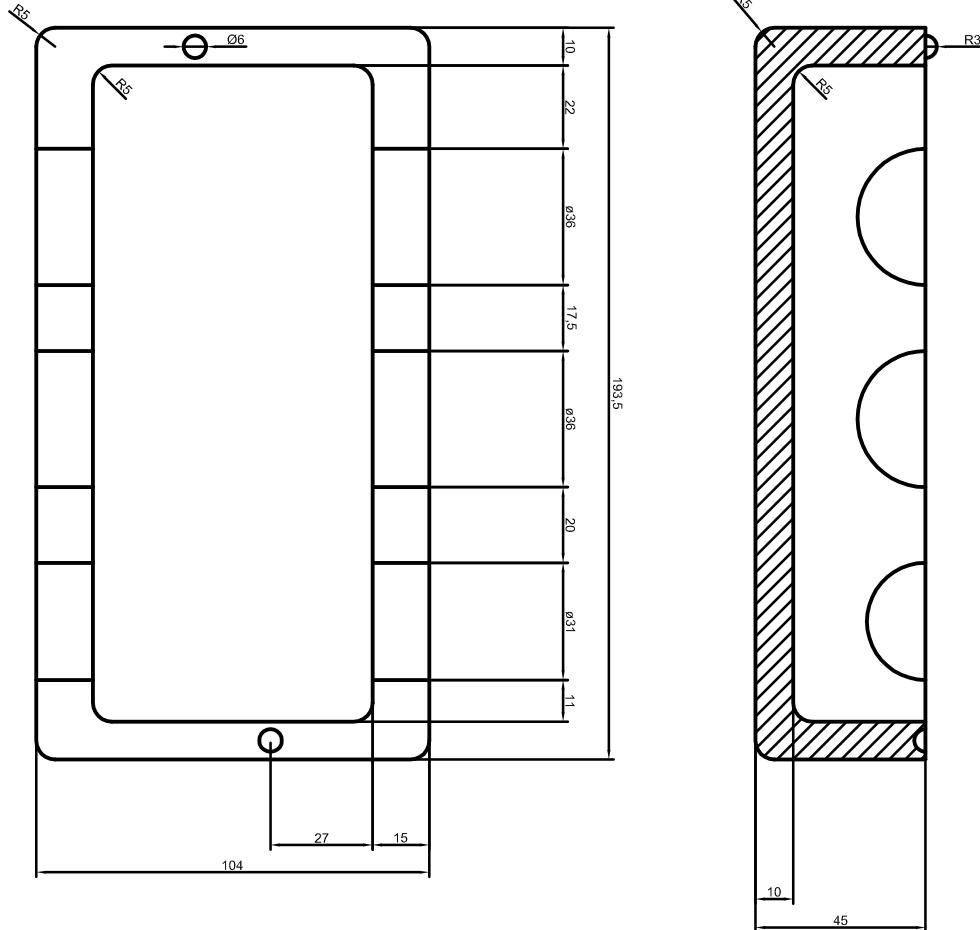
N7



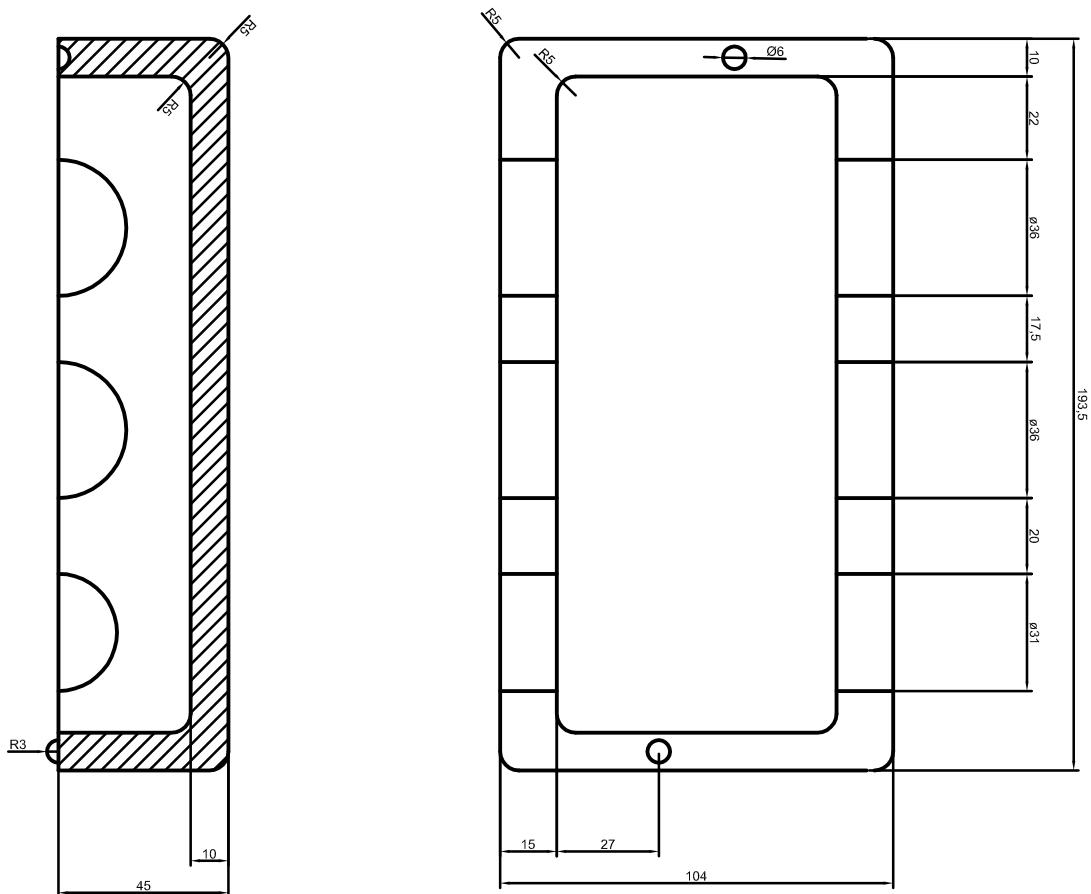
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				
1:1		ENGRANAJE 2		
				Plano: 01.05
				Hoja:
				Especialidad:
				Mecánica



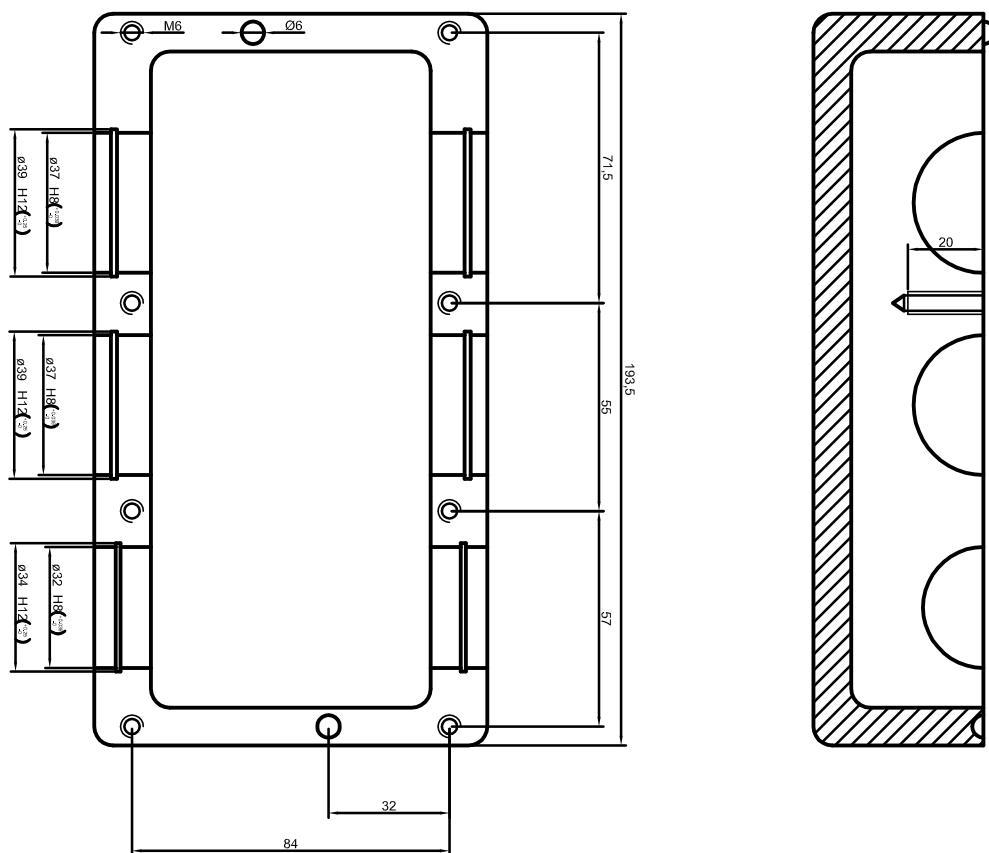
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
Escala:				
1:1		ENGRANAJE 3		
				Página: 01.06
				Hojas:
				Especialidad:
				Mecánica



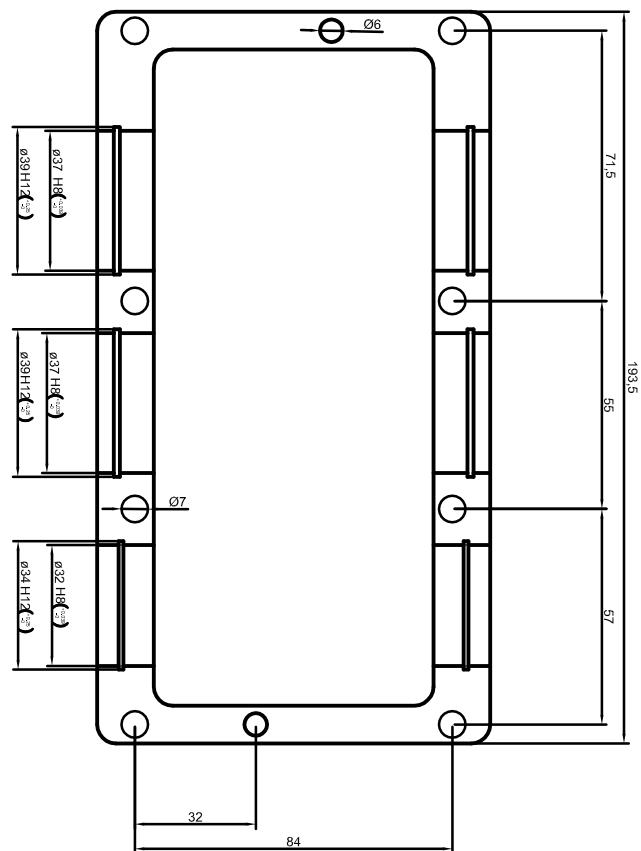
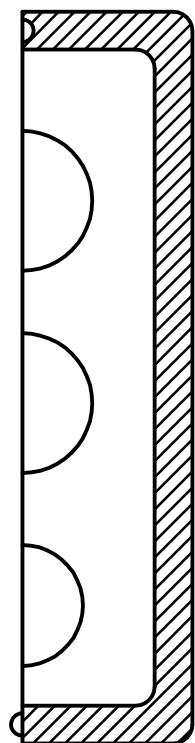
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Plano: 01.07
1:2		CARCASA INFERIOR 1 FUNDICIÓN		Hoja: Especialidad: Mecánica



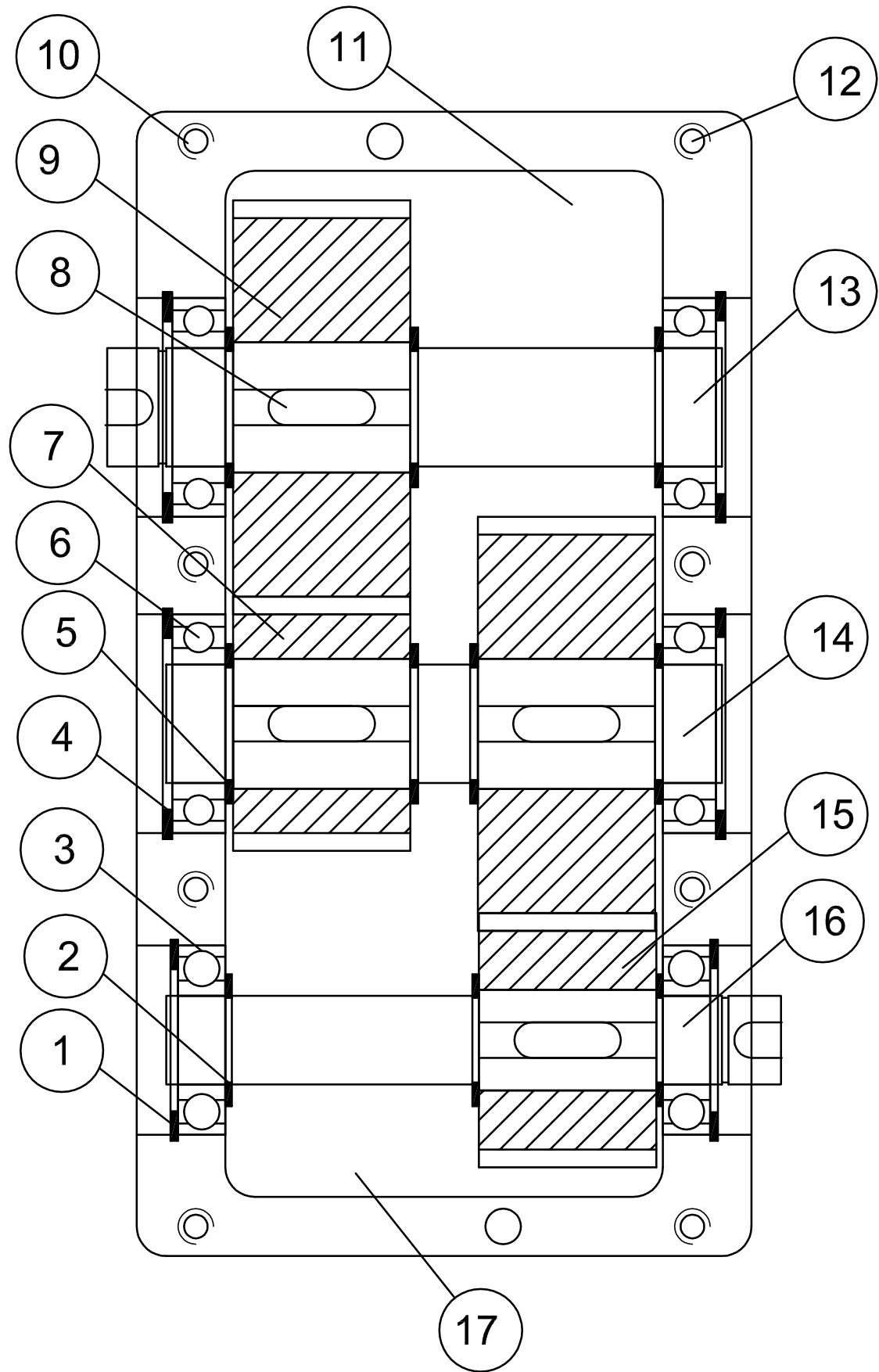
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Plano: 01.08
1:2	CARCASA SUPERIOR 1 FUNDICIÓN			Hoja: Especialidad: Mecánica



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
Escala:				Plano: 01.09
1:2	CARCASA INFERIOR 1 MECANIZADO			Hoja: Especialidad: Mecánica



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Plano: 01.10
1:2	CARCASA SUPERIOR 1 MECANIZADO			Hoja: Especialidad: Mecánica



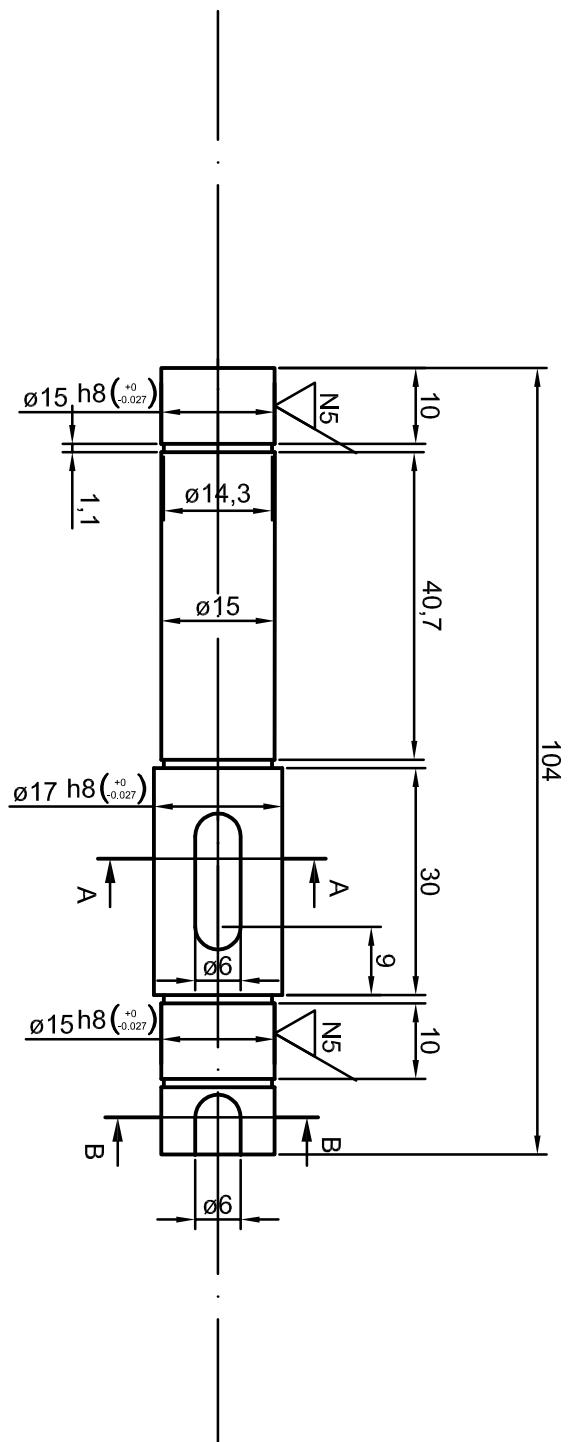
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:	CONJUNTO			
1:1				
	Plano: 01.11			
	Hoja:			
	Especialidad: Mecánica			

17	Carcasa superior	FG-40																									
16	Eje 1	C45E; 1.1191																									
15	Engranaje 1	M=1;Z=40;Dp=40																									
14	Eje 2	C45E; 1.1191																									
13	Eje 3	C45E; 1.1191																									
12	Arandela helicoidal de presión (forma B)	M6																									
11	Carcasa inferior	FG-40																									
10	Tornillo hexagonal parcialmente roscado DIN 931	M6, L=55mm																									
9	Engranaje 3	M=1;Z=67;Dp=67																									
8	Chaveta 6x6x18 DIN6885 A																										
7	Engranaje 2	M=1;Z=40;Dp=40																									
6	Rodamiento rígido de bolas	d=20;D=37;B=9																									
5	Anillo de seguridad DIN 471	d=20; d4=28,4;s=1,2																									
4	Anillo de seguridad DIN 472	d=37; d4=25,4;s=1,5																									
3	Rodamiento rígido de bolas	d=15;D=32;B=8																									
2	Anillo de seguridad DIN 471	d=15; d4=22,6;s=1																									
1	Anillo de seguridad DIN 472	d=32; d4=20,6;s=1,2																									
Nº pieza	Designación y observaciones	Material y medidas																									
		<table border="1"> <tr> <td>Dibujado</td><td>Fecha</td><td>Nombre</td><td>Firma</td><td>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA</td></tr> <tr> <td>Comprob.</td><td></td><td>Víctor Domínguez</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Escala:</td><td colspan="3">DESIGNACIÓN</td><td>Plano: 01.12</td></tr> <tr> <td></td><td colspan="3"></td><td>Hoja:</td></tr> <tr> <td></td><td colspan="3"></td><td>Especialidad: Mecánica</td></tr> </table>	Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA	Comprob.		Víctor Domínguez			Escala:	DESIGNACIÓN			Plano: 01.12					Hoja:					Especialidad: Mecánica
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA																							
Comprob.		Víctor Domínguez																									
Escala:	DESIGNACIÓN			Plano: 01.12																							
				Hoja:																							
				Especialidad: Mecánica																							

A continuación se incluyen tanto el despiece como el conjunto del **reductor 2** en el siguiente orden:

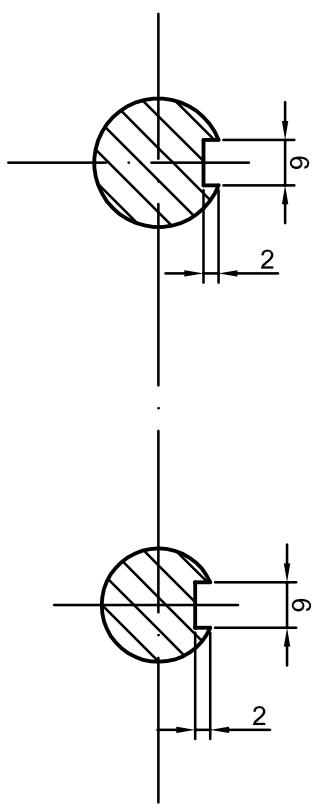
- Eje 1 02.01
- Eje 2 02.02
- Eje 3 02.03
- Engranaje 1 02.04
- Engranaje 2 02.05
- Engranaje 4 02.06
- Carcasa inferior 2 (fundición) 02.07
- Carcasa superior 2 (fundición) 02.08
- Carcasa inferior 2 (mecanizado) 02.09
- Carcasa superior 2 (mecanizado) 02.10
- Conjunto 02.11
- Designación 02.12

N7
N5



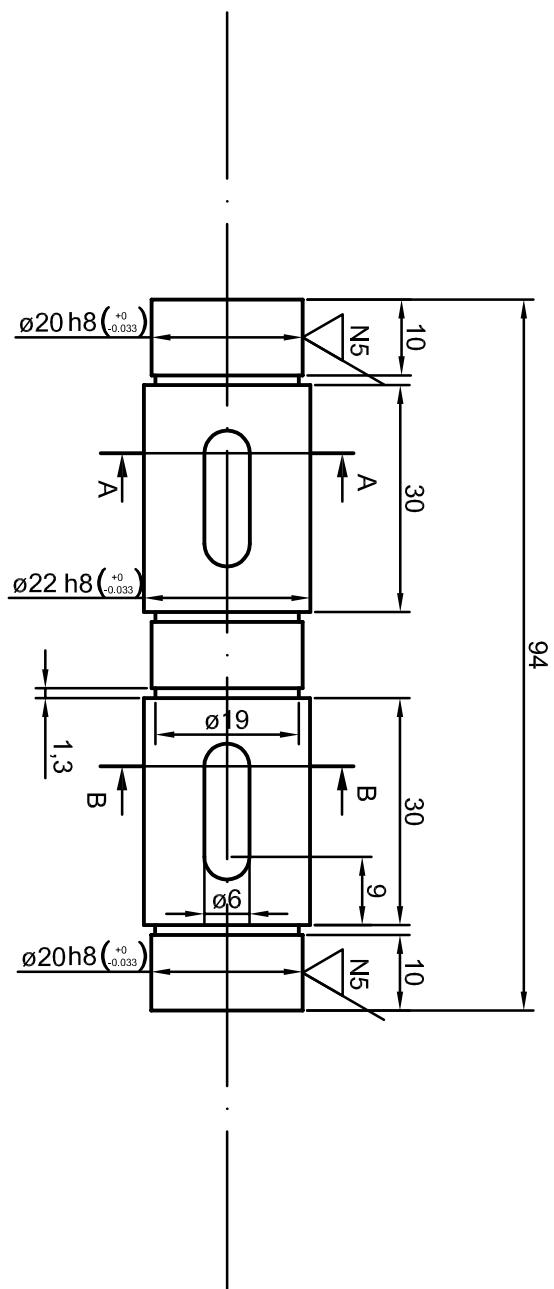
Sección AA

Sección BB

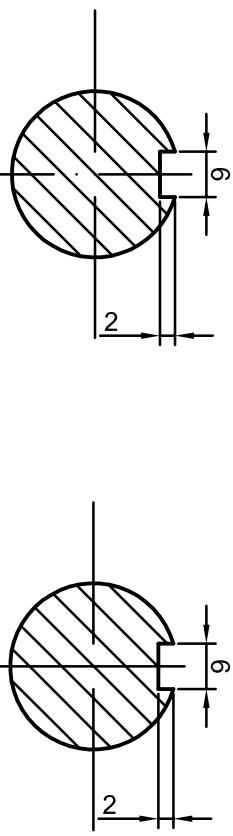


Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA
		Víctor Domínguez		DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.:				
Escala:				
1:1		EJE 1		
				Plano: 02.01
				Hojas:
				Especialidad:
				Mecánica

N₇
(N₅)

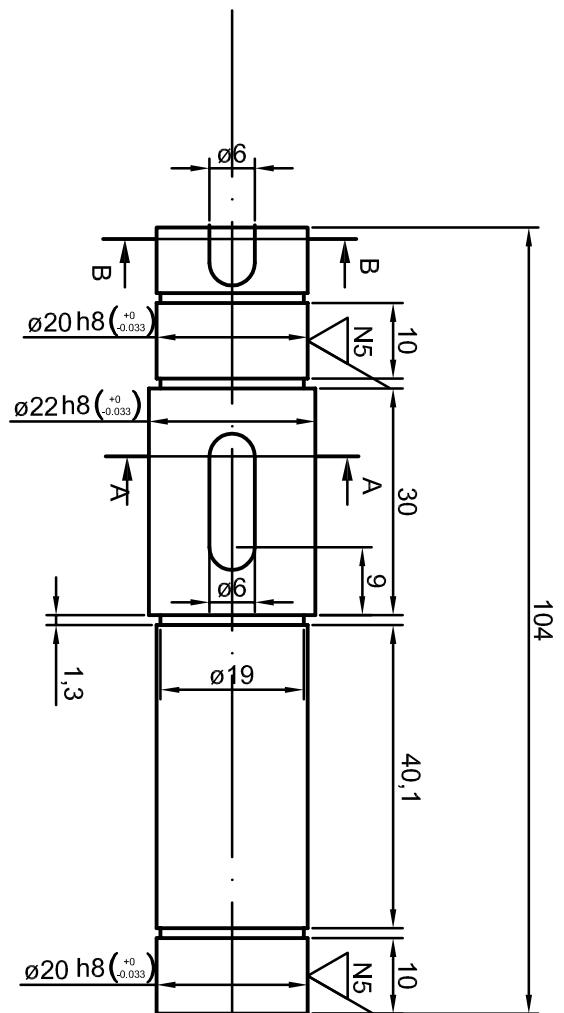


Sección AA Sección BB



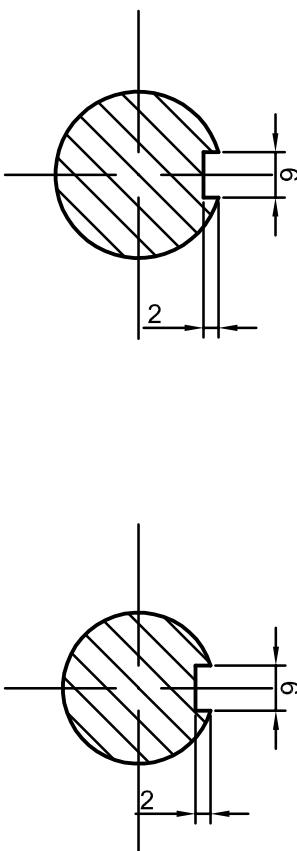
Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA
Comprob.:		Víctor Domínguez		DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Escala:			Página: 02.02	
1:1		EJE 2	Hoja:	
			Especialidad:	Mecánica

∇ ($\frac{N_7}{N_5}$)



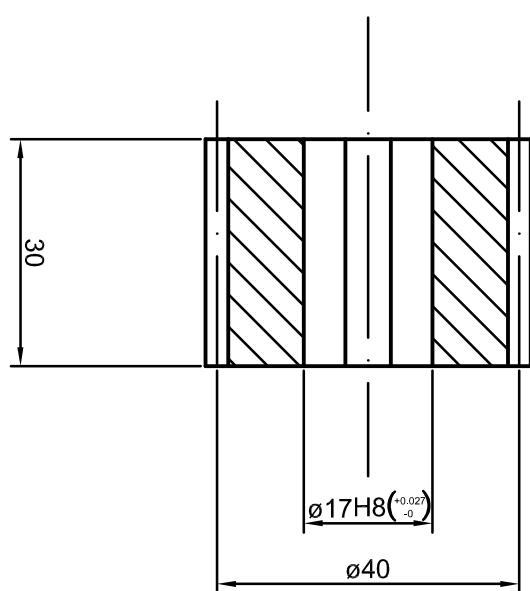
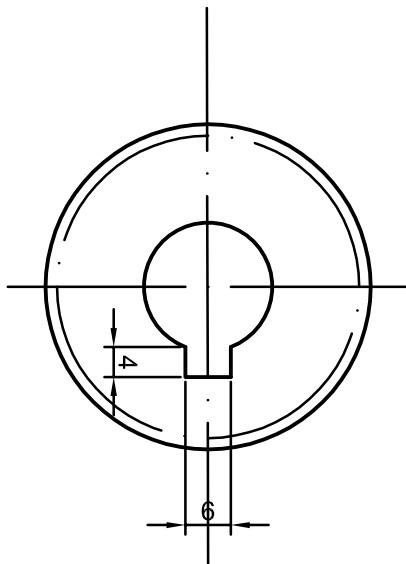
Sección AA

Sección BB



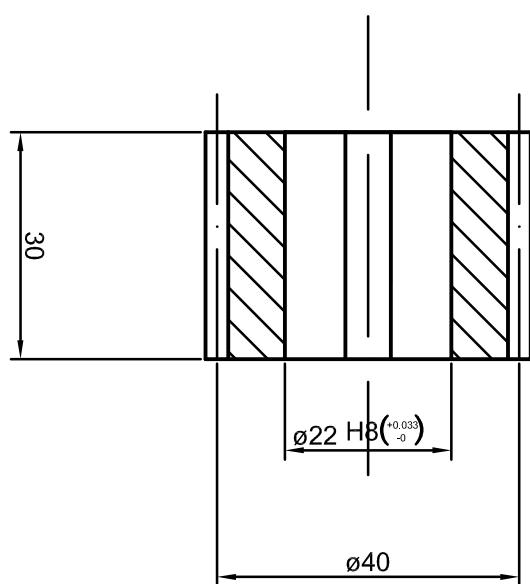
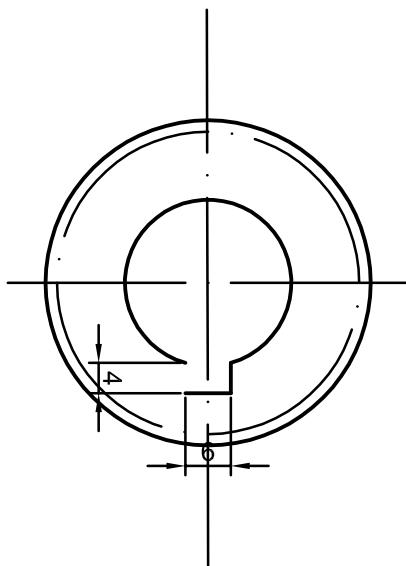
Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.:		Víctor Domínguez		
Escala:			Página: 02.03	
1:1		EJE 3	Hoja:	
			Especialidad:	Mecánica

N7



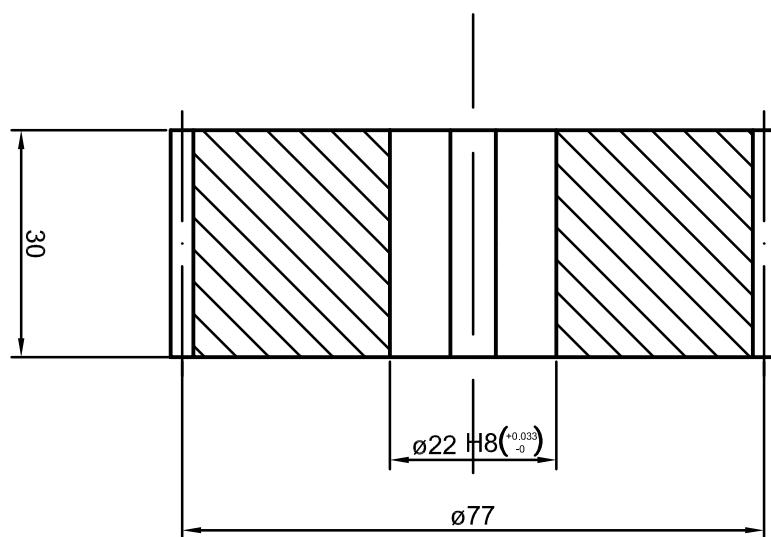
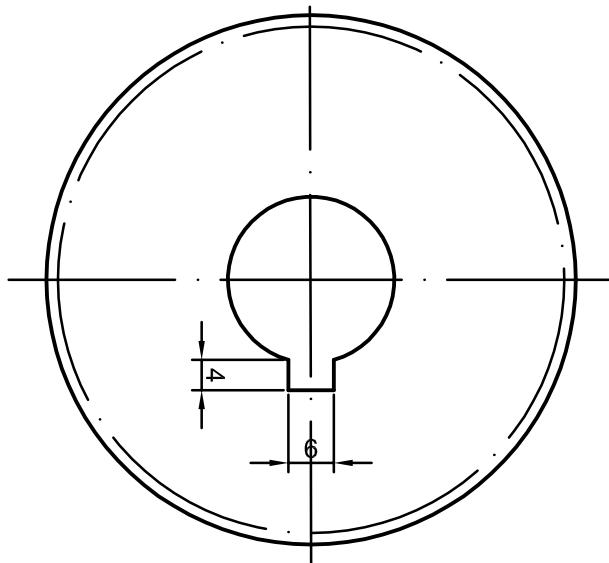
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Página: 02.04
1:1		ENGRANAJE 1		Hoja:
				Especialidad: Mecánica

N7

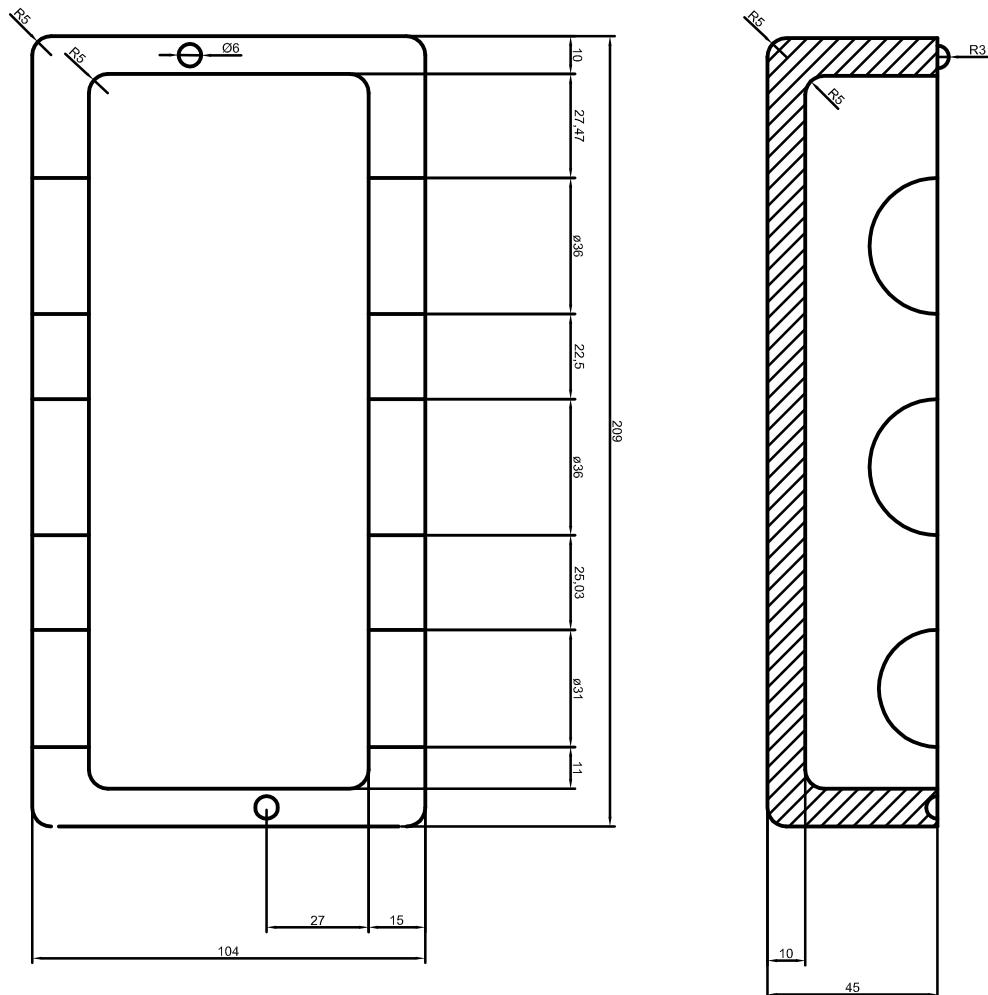


Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				
1:1		ENGRANAJE 2		
				Plano: 02.05
				Hoja:
				Especialidad: Mecánica

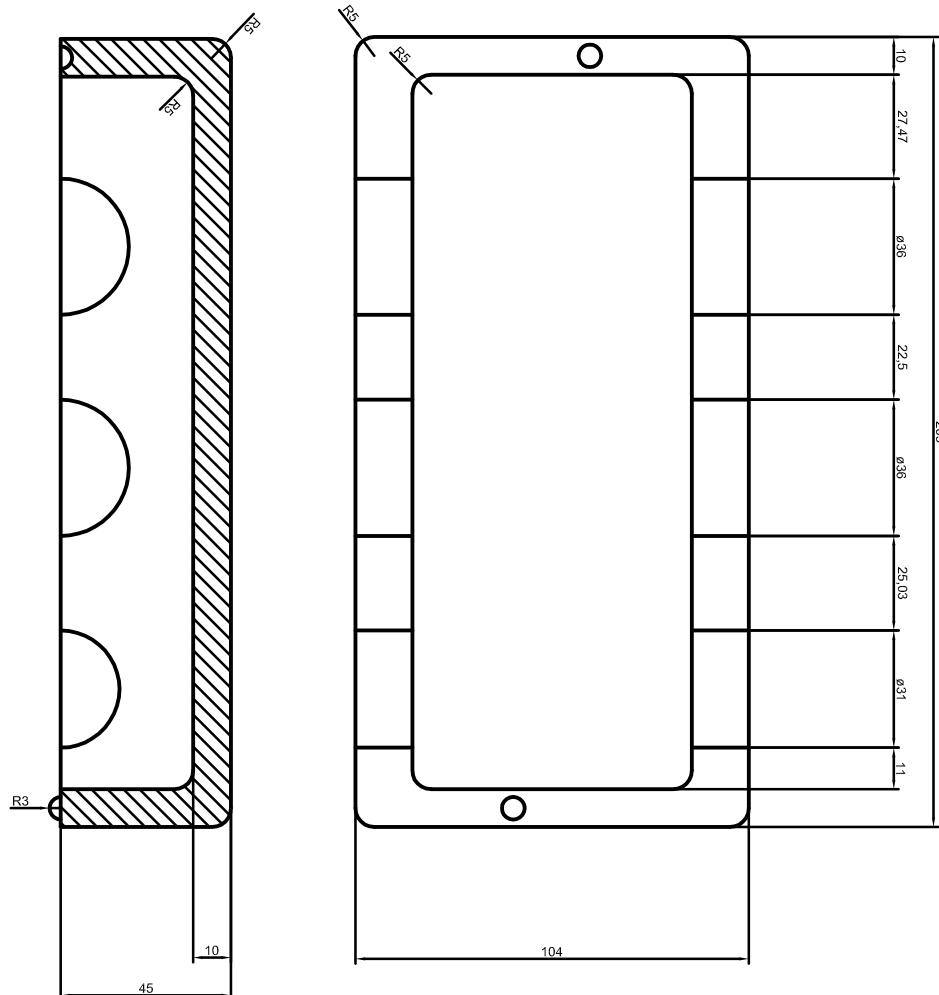
N7



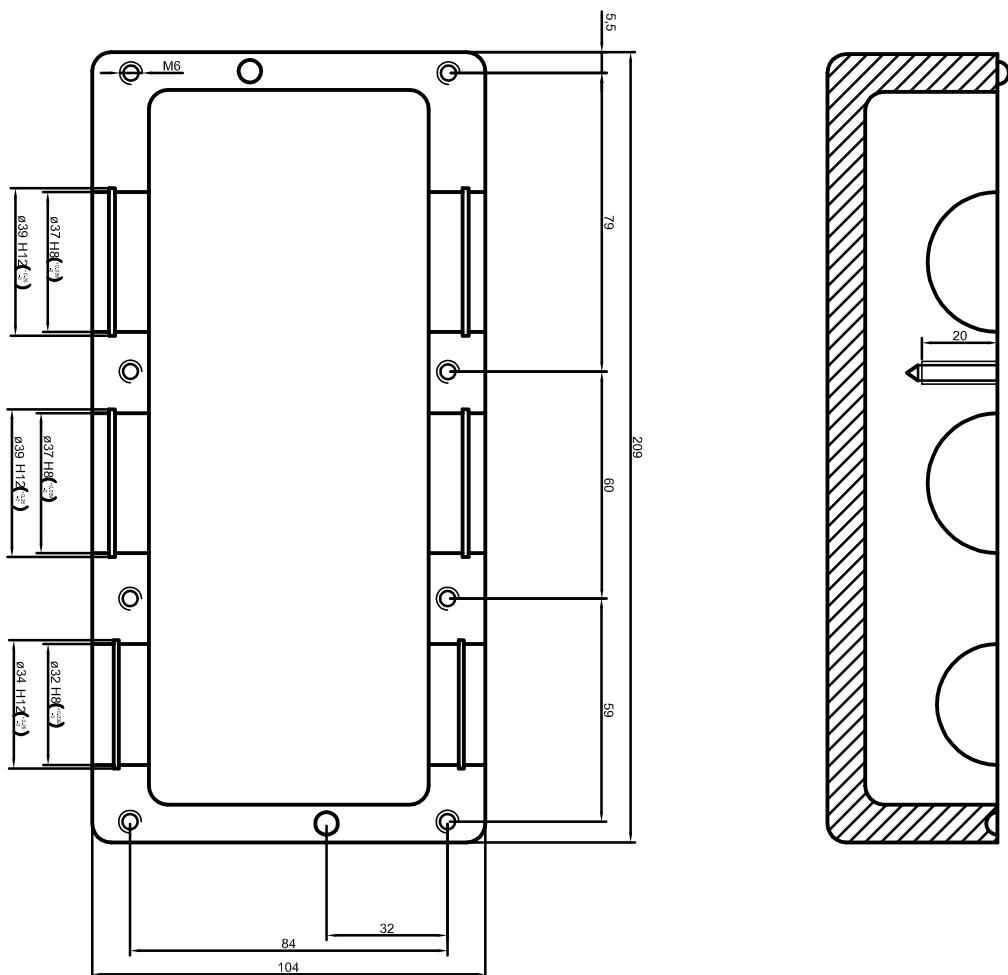
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Página: 02.06
1:1		ENGRANAJE 4		Hoja: Especialidad: Mecánica



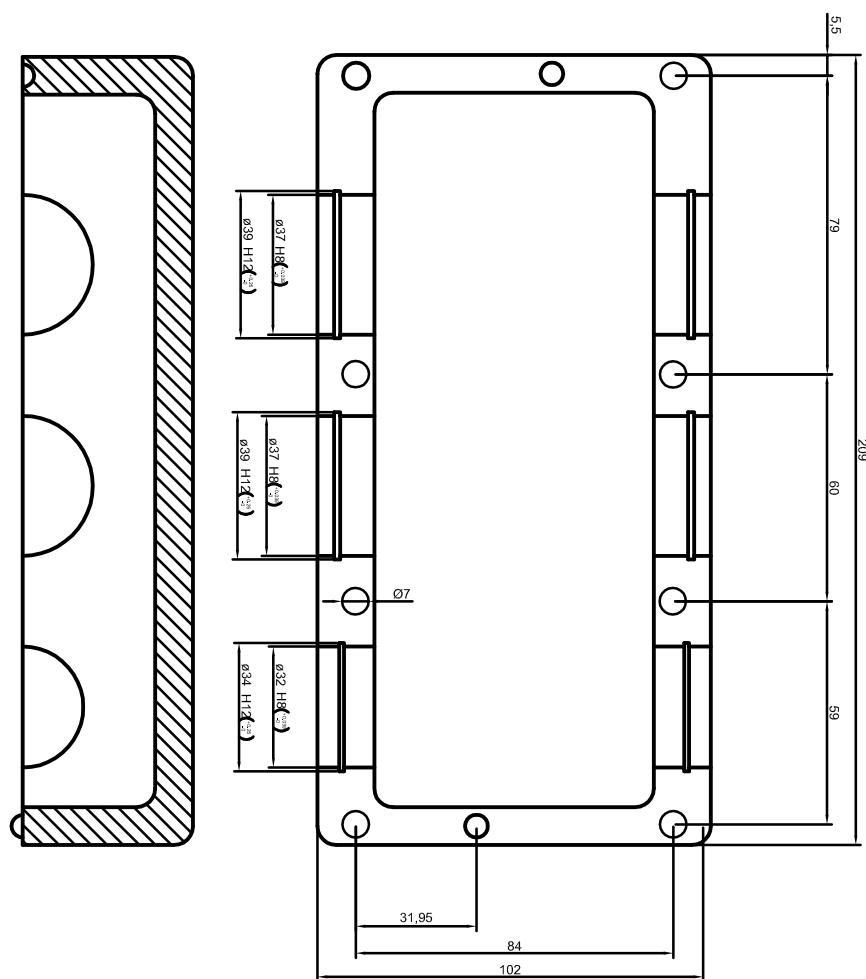
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				Plano: 02.07
1:2		CARCASA INFERIOR 1 FUNDICIÓN		Hoja: Especialidad: Mecánica



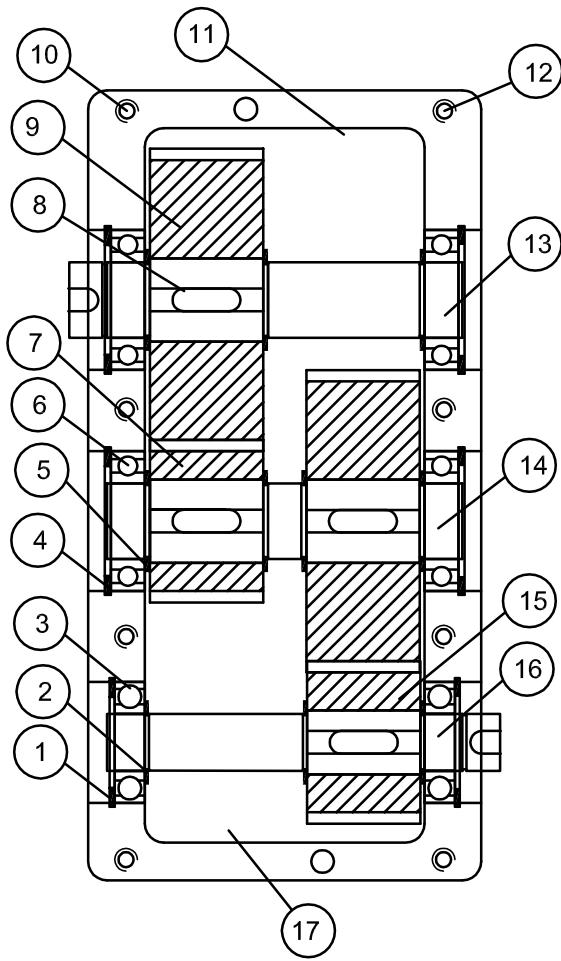
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				Plano: 02.08
1:2		CARCASA SUPERIOR 1 FUNDICIÓN		Hoja: Especialidad: Mecánica



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				Plano: 02.09
1:2	CARCASA INFERIOR 1 MECANIZADO			Hoja: Especialidad: Mecánica



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:	CARCASA SUPERIOR 1 MECANIZADO			Plano: 02.10
1:2				Hoja: Especialidad: Mecánica



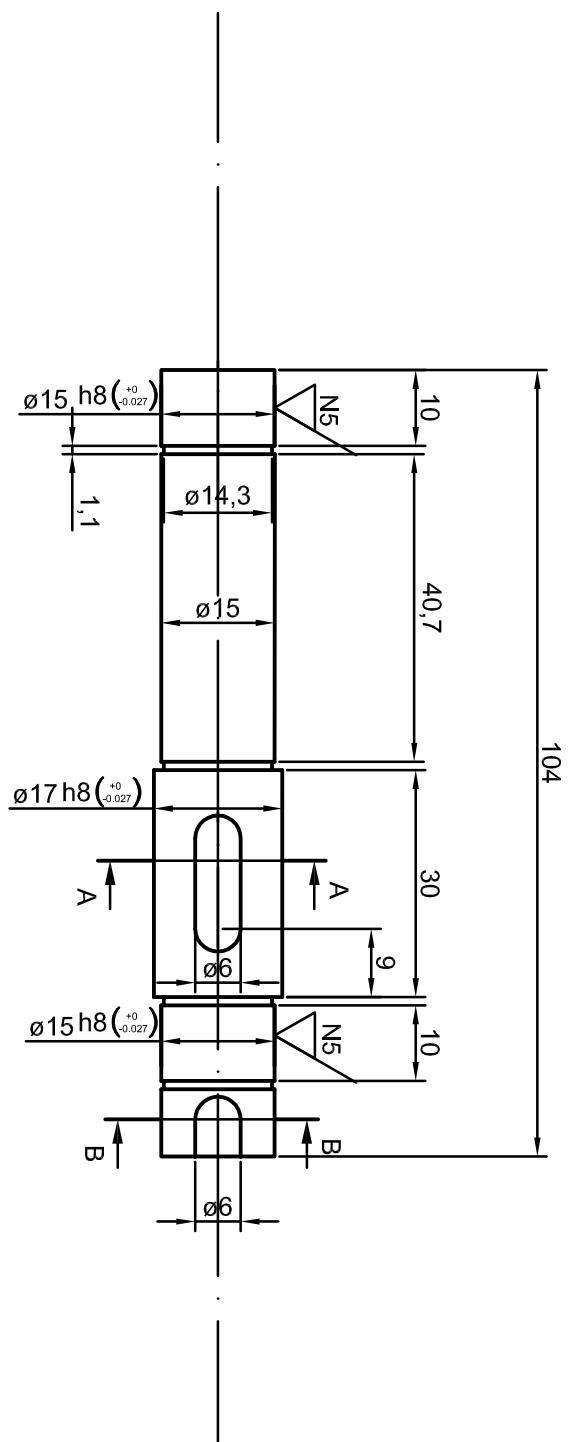
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:	CONJUNTO			
1:2				
	Plano: 02.11			
	Hoja:			
	Especialidad: Mecánica			

17	Carcasa superior	FG-40
16	Eje 1	C45E; 1.1191
15	Engranaje 1	M=1;Z=40;Dp=40
14	Eje 2	C45E; 1.1191
13	Eje 3	C45E; 1.1191
12	Arandela helicoidal de presión (forma B)	M6
11	Carcasa inferior	FG-40
10	Tornillo hexagonal parcialmente roscado DIN 931	M6, L=55mm
9	Engranaje 4	M=1;Z=77;Dp=77
8	Chaveta 6x6x18 DIN6885 A	
7	Engranaje 2	M=1;Z=40;Dp=40
6	Rodamiento rígido de bolas	d=20;D=37;B=9
5	Anillo de seguridad DIN 471	d=20; d4=28,4;s=1,2
4	Anillo de seguridad DIN 472	d=37; d4=25,4;s=1,5
3	Rodamiento rígido de bolas	d=15;D=32;B=8
2	Anillo de seguridad DIN 471	d=15; d4=22,6;s=1
1	Anillo de seguridad DIN 472	d=32; d4=20,6;s=1,2
Nº pieza	Designación y observaciones	Material y medidas

A continuación se incluyen tanto el despiece como el conjunto del **reductor 3** en el siguiente orden:

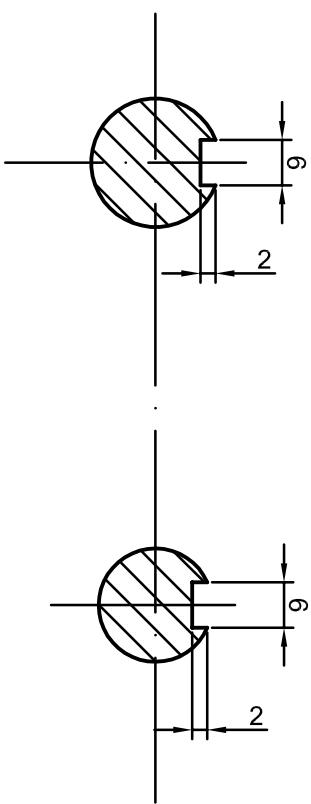
- Eje 1 03.01
- Eje 2 03.02
- Eje 3 03.03
- Engranaje 1 03.04
- Engranaje 2 03.05
- Engranaje 5 03.06
- Carcasa inferior 3 (fundición) 03.07
- Carcasa superior 3 (fundición) 03.08
- Carcasa inferior 3 (mecanizado) 03.09
- Carcasa superior 3 (mecanizado) 03.10
- Conjunto 03.11
- Designación 03.12

N7
N5



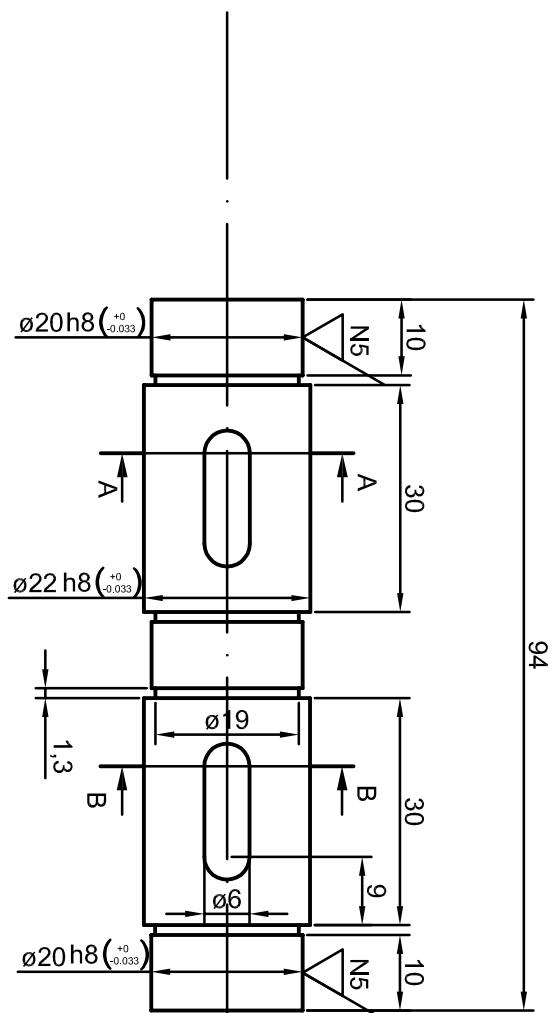
Sección AA

Sección BB

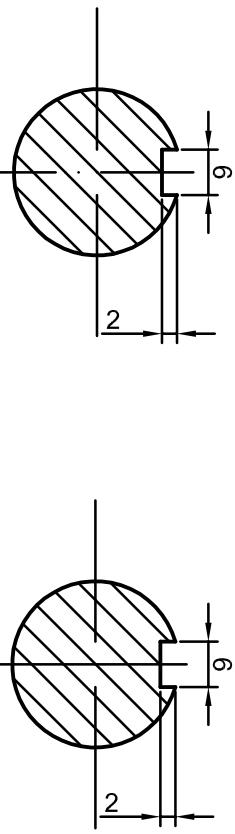


Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA
		Víctor Domínguez		DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.:				
Escala:				
1:1		EJE 1		
				Plano: 03.01
				Hoja:
				Especialidad: Mecánica

N₇
(N₅)

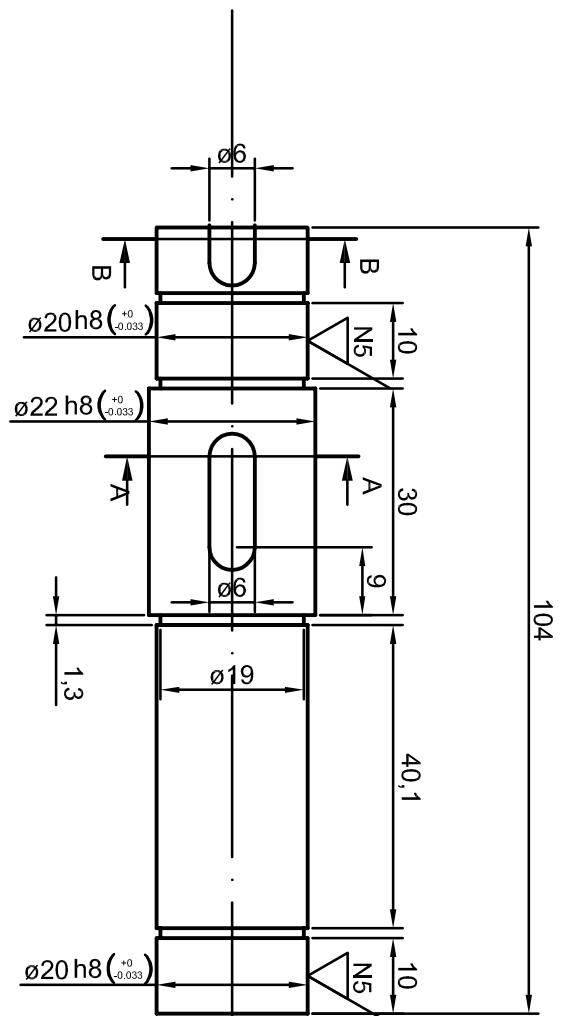


Sección AA Sección BB



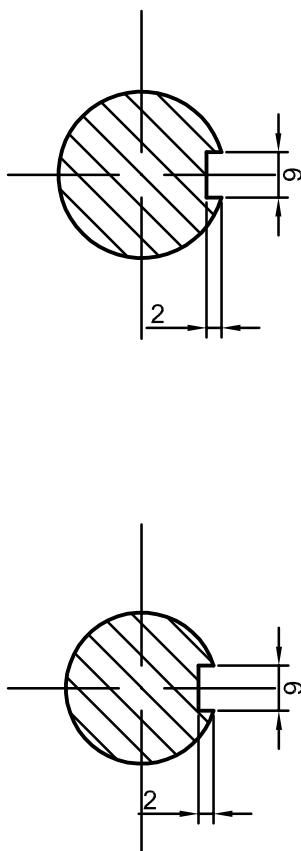
Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA
Comprob.:		Víctor Domínguez		DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Escala:			Página: 03.02	
1:1		EJE 2	Hojas:	
			Especialidad:	Mecánica

∇ ($\frac{N_7}{N_5}$)



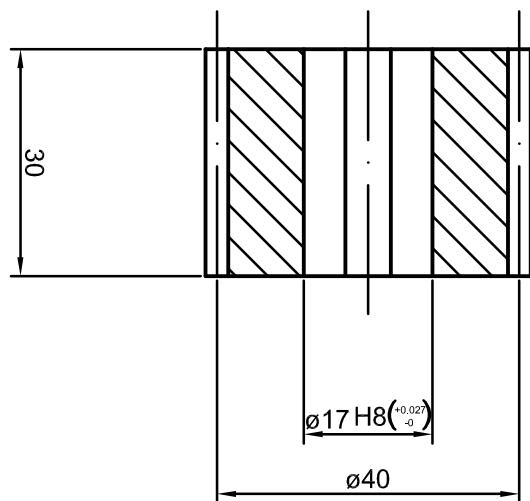
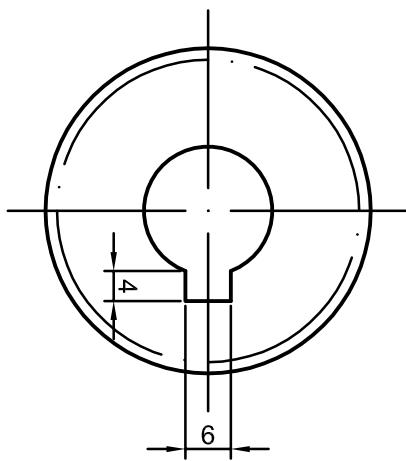
Sección AA

Sección BB



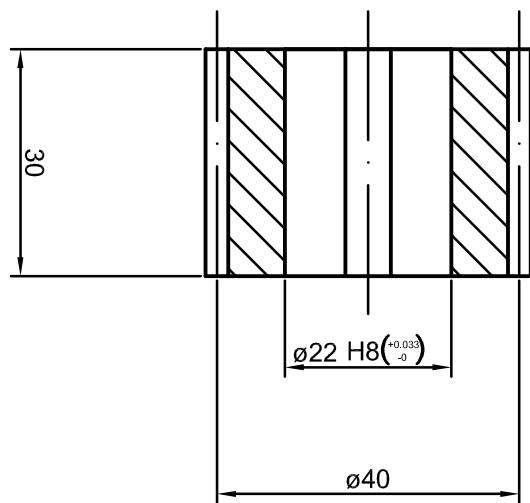
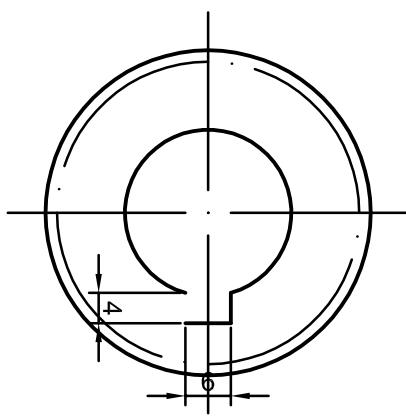
Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.:		Víctor Domínguez		
Escala:			Página: 03.03	
1:1		EJE 3	Hoja:	
			Especialidad:	Mecánica

N7



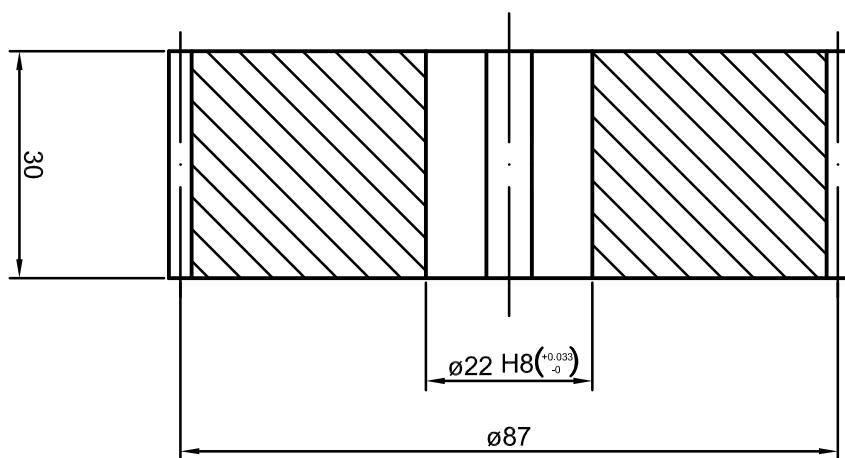
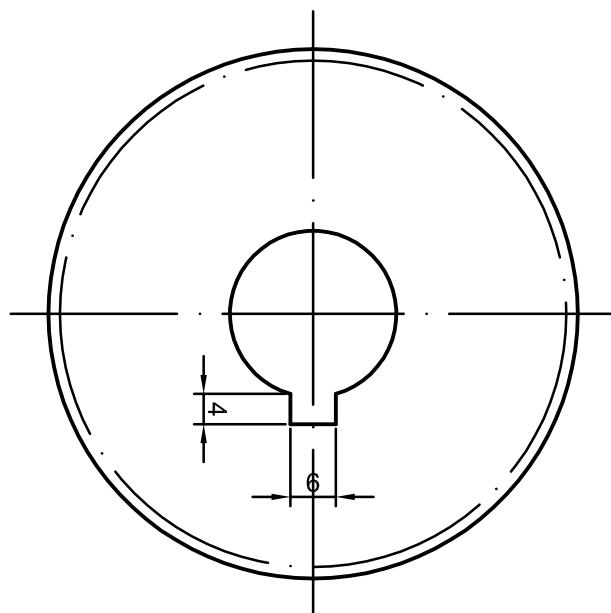
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Plano: 03.04
1:1		ENGRANAJE 1		Hoja: 03
				Especialidad: Mecánica

N7

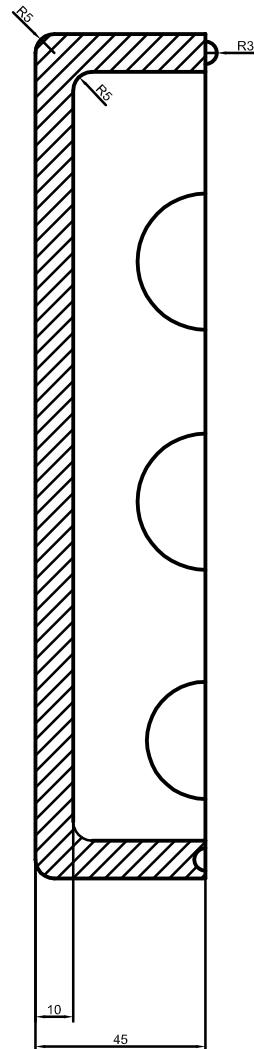
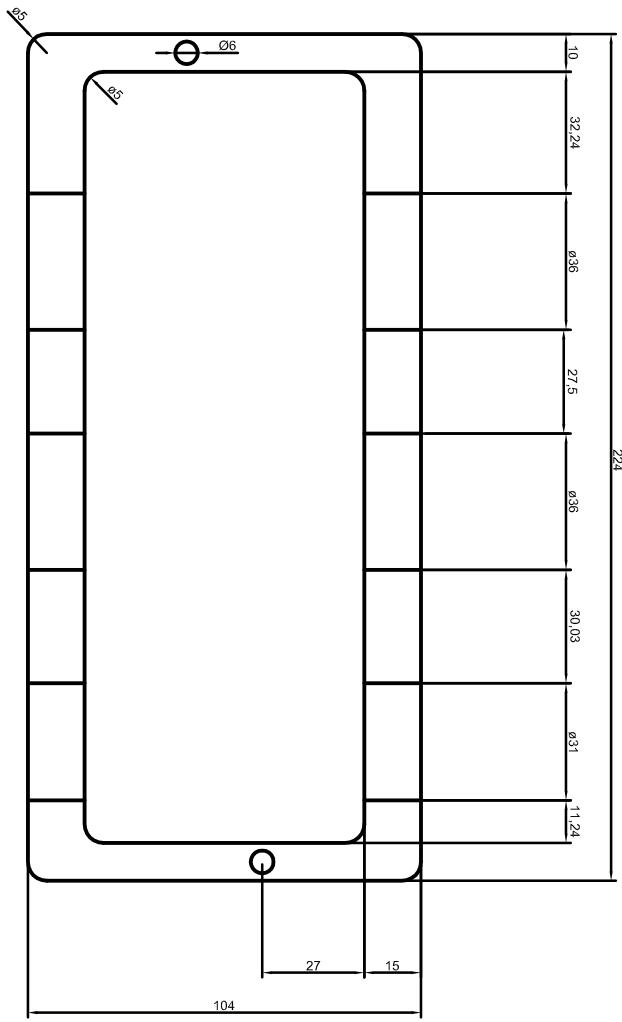


Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				
1:1		ENGRANAJE 2		
				Plano: 03.05
				Hoja:
				Especialidad:
				Mecánica

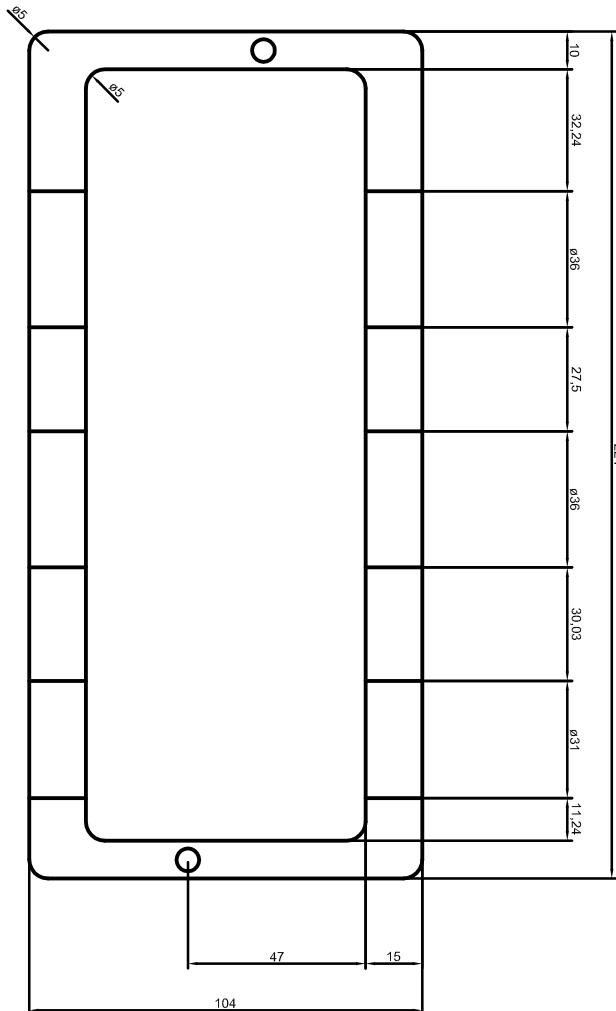
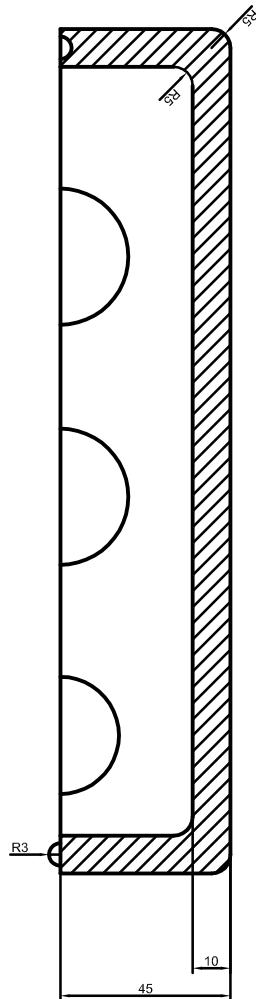
N7



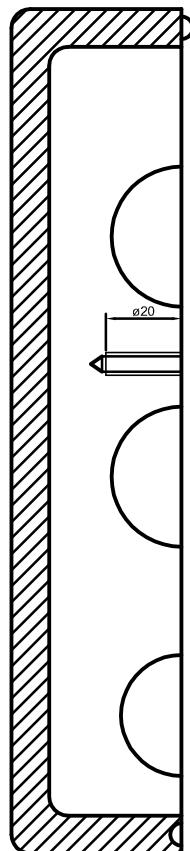
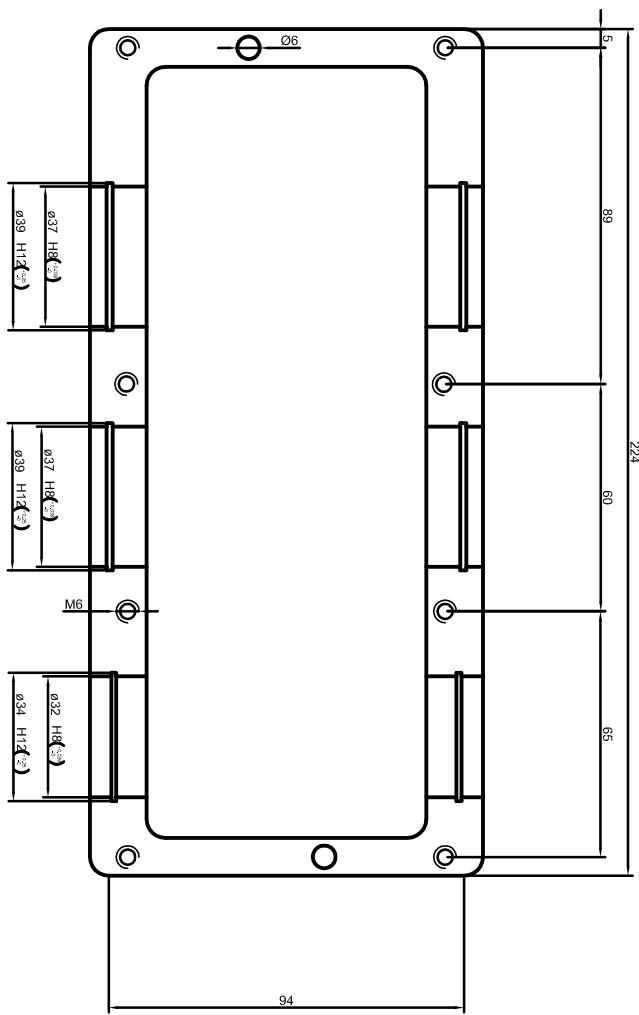
Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	ESCUCHA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.:		Víctor Domínguez		
Escala:			Página: 03.06	
1:1		ENGRANAJE 5	Hoja:	
			Especialidad:	Mecánica



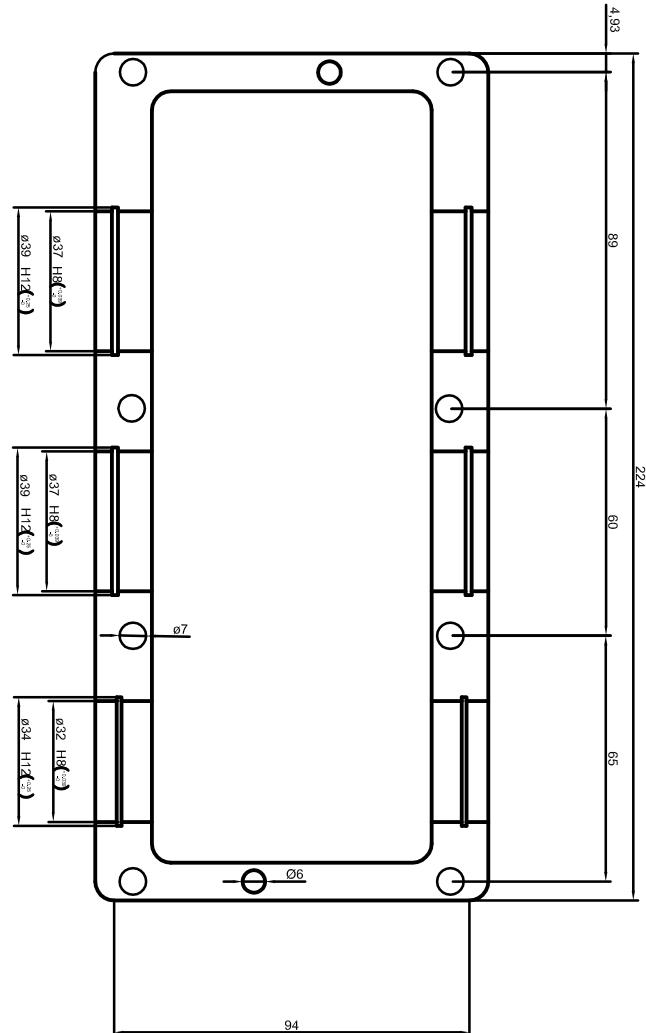
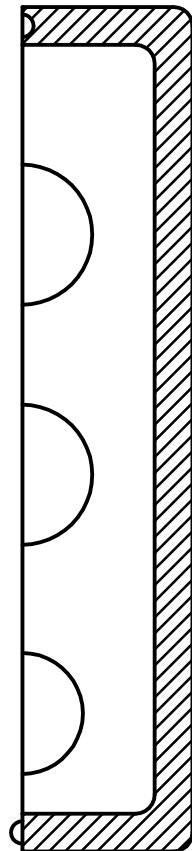
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				Plano: 03.07
1:2		CARCASA INFERIOR 1 FUNDICIÓN		Hoja: Especialidad: Mecánica



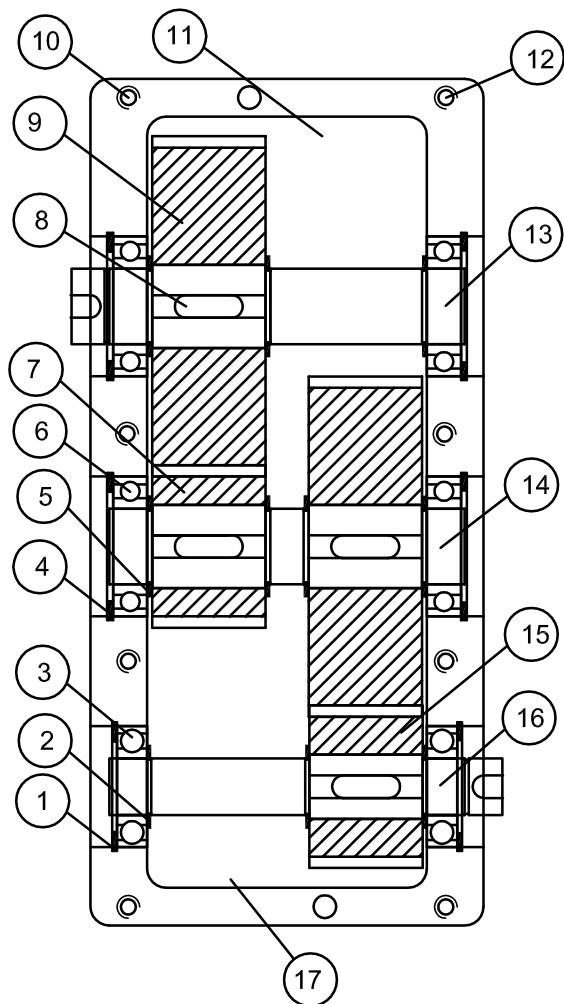
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				Plano: 03.08
1:2		CARCASA SUPERIOR 1 FUNDICIÓN		Hoja: Especialidad: Mecánica



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado		Víctor Domínguez		
Comprob.				
Escala:				Plano: 03.09
1:2	CARCASA INFERIOR 1 MECANIZADO			Hoja: Especialidad: Mecánica



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.		Víctor Domínguez		
Escala:				Plano: 03.10
1:2	CARCASA SUPERIOR 1 MECANIZADO			Hoja: Especialidad: Mecánica



Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	Víctor Domínguez		
Comprob.			
Escala:			Plano: 03.11
1:2	CONJUNTO		Hoja:
			Especialidad: Mecánica

17	Carcasa superior	FG-40																									
16	Eje 1	C45E; 1.1191																									
15	Engranaje 1	M=1;Z=40;Dp=40																									
14	Eje 2	C45E; 1.1191																									
13	Eje 3	C45E; 1.1191																									
12	Arandela helicoidal de presión (forma B)	M6																									
11	Carcasa inferior	FG-40																									
10	Tornillo hexagonal parcialmente roscado DIN 931	M6, L=55mm																									
9	Engranaje 5	M=1;Z=87;Dp=87																									
8	Chaveta 6x6x18 DIN6885 A																										
7	Engranaje 2	M=1;Z=40;Dp=40																									
6	Rodamiento rígido de bolas	d=20;D=37;B=9																									
5	Anillo de seguridad DIN 471	d=20; d4=28,4;s=1,2																									
4	Anillo de seguridad DIN 472	d=37; d4=25,4;s=1,5																									
3	Rodamiento rígido de bolas	d=15;D=32;B=8																									
2	Anillo de seguridad DIN 471	d=15; d4=22,6;s=1																									
1	Anillo de seguridad DIN 472	d=32; d4=20,6;s=1,2																									
Nº pieza	Designación y observaciones	Material y medidas																									
		<table border="1"> <tr> <td>Dibujado</td><td>Fecha</td><td>Nombre</td><td>Firma</td><td>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA</td></tr> <tr> <td>Comprob.</td><td></td><td>Víctor Domínguez</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Escala:</td><td colspan="3">DESIGNACIÓN</td><td>Plano: 03.12</td></tr> <tr> <td></td><td colspan="3"></td><td>Hoja:</td></tr> <tr> <td></td><td colspan="3"></td><td>Especialidad: Mecánica</td></tr> </table>	Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA	Comprob.		Víctor Domínguez			Escala:	DESIGNACIÓN			Plano: 03.12					Hoja:					Especialidad: Mecánica
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA																							
Comprob.		Víctor Domínguez																									
Escala:	DESIGNACIÓN			Plano: 03.12																							
				Hoja:																							
				Especialidad: Mecánica																							

2.5. Materiales

Anillos de seguridad: son piezas que están normalizadas y la propia norma dictamina que material se utiliza. Aunque sería deseable que fueran de un material similar al de los ejes y al de las carcasas.

Arandelas: serán del mismo material que los tornillos, así se utilizarán arandelas de acero inoxidable para evitar la oxidación.

Carcasas: Se utilizará fundición gris que es el tipo de fundición más usual por su bajo costo. Su estructura es del tipo ferriticoperlítica con grafito en forma laminar. Su ductibilidad es muy baja. Se emplea en la fabricación de carcasas, bloques, cuerpos de válvulas, y en general piezas que no requieran una alta resistencia, ni ser resistentes a impacto directo. Muy útil en el caso de partes sometidas a fricción y/o vibración como las bancadas de máquinas de herramientas.

Chavetas: se utilizará el mismo material (C45E) que para los ejes para evitar diferencias de potenciales que puedan incrementar la oxidación de los materiales.

Ejes: se utilizarán barras de acero F-1140 cuyas designaciones simbólica y numérica son C45E y 1.1191 respectivamente, tal y como aparece en el anexo “Catálogo de aceros”. Proporciona una resistencia media de $650\text{-}800 \text{ N/mm}^2$ que es óptima para los esfuerzos que sufrirán en condiciones de trabajo normales. Se necesitarán distintos diámetros para los ejes.

Engranajes: se utilizará el mismo material (C45E) que para los ejes para evitar diferencias de potenciales que puedan incrementar la oxidación de los materiales.

Rodamientos: el proveedor elegirá el material, pero se exigirá que no sufra oxidación con el paso del tiempo.

Tornillos: se utilizarán tornillos de acero inoxidable para evitar la oxidación, dado que se sitúan en el exterior del conjunto.

3. Estudio de mercado

Antes de comenzar cualquier proceso de fabricación, una empresa debe de realizar una serie de gestiones con las que pueda ver justificada una inversión inicial, es decir, conocer primero los aspectos básicos del “mundo” en el que va a entrar. Una forma de conocer las perspectivas futuras que pueden aguardar a un nuevo producto es realizar un estudio de mercado. Dicho estudio es muy recomendable llevarlo a cabo, bien sea un producto totalmente novedoso, bien sea una nueva versión que pretende competir con otras marcas. El enfoque será el mismo y solo variará en pequeños matices.

Un estudio de mercado intenta otorgar una visión a la empresa de la demanda o necesidad del producto elegido, modos de reacción de la sociedad, sectores de la sociedad a los que va ir dirigido y en el caso de existir empresas dedicadas a la fabricación de dicho producto observar la cuota de mercado que podemos satisfacer, hay suficiente demanda, es un mercado oligopólico. En definitiva va a marcar la viabilidad o no de un proyecto con más o menos exactitud.

Establecer un estudio de mercado de un mecanismo tan concreto, como es el reductor de velocidad, no es nada sencillo, debido a que no existen unos indicadores económicos concretos. Según la página web <http://www.europages.es/> en Europa los países en los que hay más empresas proveedoras relacionadas con reductores de velocidad son los siguientes: en Italia hay 85 empresas, en Francia hay 19 empresas, en España hay 16, en Reino Unido hay 7 y en Alemania hay 6. Por lo que la existe una gran competencia y para poder subsistir se debe conseguir una buena calidad a un precio razonable

En este proyecto se tendrá en cuenta un volumen de ventas uniforme. Es decir todos los años habrá la misma demanda, y no habrá estacionalidad. Así por cada tipo de reductor se venderán 1000 unidades. Además se deberá conseguir un precio por reductor de entre 350€ y 400€

4. Fabricación y montaje

4.1. Introducción

En este proyecto se utilizará una producción tipo taller que se caracteriza por dividir el proceso productivo en diferentes áreas, en las cuales se realizan diferentes tipos de operaciones. Otras características destacadas de este tipo de producción son:

- Se pueden producir cuellos de botella.
- Se puede fabricar un gran abanico de productos.
- La maquinaria puede realizar una gran cantidad de operaciones distintas.

Puntualizar que al haber varios tipos de reductores, descritos en el apartado anterior, afectará al proceso productivo.

En las siguientes líneas se detallarán los días laborables que hay en cada año y se calculará el número de horas productivas por cada año. Partiendo de que cada año posee 365 días, se quitan los 54 fines de semana (108 días festivos) y los 30 días personales que corresponden a cada empleado quedan 227 días laborables cada año.

Entonces si cada día posee 24 horas tenemos una disponibilidad al año de 1816 horas en el caso de que sólo exista un turno. Si fueran dos turnos habría 3632 horas disponibles y si fueran tres turnos habría 5448 horas disponibles.

A continuación se describirá, en el análisis del proceso, área por área todas las operaciones y pasos a seguir para la consecución del producto propuesto en este proyecto fin de carrera.

4.2. Análisis del proceso

4.2.1. Proceso

En los siguientes párrafos se describirán las distintas necesidades de fabricación y además se describirá en un breve resumen el proceso productivo de cada pieza.

Las necesidades de producción se basan sobre todo en que entre los tres tipos de reductores hay ciertas similitudes. Así cada tipo de ejes (eje 1, eje 2, eje 3) está incluido en cada reductor reduciendo a tres el número de ejes diferentes. Además, los engranajes de menor diámetro (engranaje 1 y engranaje 2) necesitan como materia prima una barra de acero del mismo diámetro pero se diferencian en el taladro interior.

Tanto las carcasas como los engranajes de mayor diámetro son diferentes en cada clase de reductor. Además se requerirán piezas normalizadas tales como tornillos, arandelas, anillos de seguridad y rodamientos.

En los siguientes párrafos se describirán brevemente los procesos por los que debe pasar cada pieza que conforma el reductor:

Ejes: se comienza con barras de acero de seis metros de longitud que llegarán al área de recepción. Para su posterior mecanización se cortarán un milímetro mayor que la longitud marcada en los planos. Se prepara en el torno CNC uno de esos trozos de barra y se realizan las operaciones de desbastado, acabado y ranurado necesarias para conformar el eje y poder pasar al rectificado. Por último se rectificarán las partes de los ejes marcadas en los planos.

Carcasas: al llegar de la fundición pasarán a la fresadora en la que primero se aplanarán las juntas con un plato. Después se realizarán los agujeros para los tornillos con una broca, rosando los de la carcasa inferior con un macho de roscar. Finalizando con los agujeros de los rodamientos utilizando un mandrino de desbaste y uno de acabado.

Montaje: se comenzará por el montaje de los ejes con los anillos de seguridad, los engranajes y los rodamientos. Primero se colocará el anillo de seguridad posicionado en

el medio del eje (en el eje 2 se colocarán los dos anillos). Despues se introducirán uno o dos engranajes dependiendo del eje con sus respectivas chavetas. Se colocarán los siguientes anillos de seguridad para finalmente introducir los rodamientos. A continuación se pondrá la carcasa inferior sobre la mesa y se ajustarán los tres ejes montados anteriormente. Se engrasará las zonas en contacto de los engranajes y se cerrará con la carcasa superior. Se apretarán los tornillos con sus correspondientes arandelas y por ultimo se introducirán los anillos de seguridad para los agujeros de la carcasa.

4.2.2.Área de recepción

Es evidente que si no hay materia prima no se puede realizar proceso alguno. Por tanto lo primero de todo será aprovisionar y planificar la recepción de materias primas. Será necesario realizar un estudio de las necesidades.

Se debe tener en cuenta que todo lo que se halle en el almacén tiene un sobre coste debido al coste de almacenamiento. Esto se tendrá en cuenta a la hora de decidir el sistema de recepción con los proveedores, por ejemplo para piezas muy voluminosas puede ser aconsejable una recepción casi diaria para no tener unos grandes gastos de almacenaje. O también para piezas de poco volumen puede ser aconsejable comprar en grandes lotes para reducir el coste de esa materia prima.

Entonces se deberá tener material en el almacén suficiente para asegurar la producción durante el período de tiempo que tarden los proveedores en hacer llegar un nuevo pedido y evitar así roturas de stock. Además a la hora de organizar el almacén se tendrá en cuenta si la rotación del stock es alta o baja. Así el stock con mayor rotación se colocará en zonas fácilmente accesibles y cercanas a su punto de utilización.

Por ello se va a proceder a una enumeración de los materiales, explicando en cada caso el sistema de recepción que se les va a aplicar. (Por supuesto se parte de una producción ya iniciada, es consabido que al iniciar la producción se necesitaría de todo y en abundancia. Aquí se va a suponer que la planta ya tiene un rodaje.):

Anillos de seguridad: son piezas normalizadas y que ocupan poco espacio en el almacén, por lo que se podrán comprar lotes grandes si así se obtiene un menor coste. Convendrá que se dispongan lo más cerca posible del área de montaje porque en esa área serán utilizadas para el montaje del reductor.

Carcasas: se contratará la fabricación de las carcasas a una fundición. Se empleará la fundición FG-20 que tiene una gran capacidad para resistir esfuerzos de compresión. Se requerirán las especificaciones, dimensiones y calidades dispuestas en el apartado “Definición del producto”, más concretamente en los planos diseñados expresamente para la fundición. Son dos piezas de grandes dimensiones y además tienen cavidades que encarecen toda la logística de esta pieza. Por ello se deberá tener un stock mínimo de seguridad porque si no se encarecerá el almacenaje del mismo. Convendrá que se dispongan lo más cerca posible del área de mecanizado porque en esa área serán mecanizadas para obtener las tolerancias correspondientes.

Chavetas: es una pieza normalizada y de pequeñas dimensiones cuyo almacenaje es sencillo, así se pedirán en lotes grandes intentando abaratar su coste. Convendrá que se dispongan lo más cerca posible del área de montaje y embalaje porque en esa área serán utilizadas para el montaje del reductor.

Barras de acero: se comprarán barras de acero F-1140 de 6 metros de longitud porque proporciona una elevada dureza sin la necesidad de realizar un tratamiento térmico. Se necesitarán distintos diámetros tanto para los ejes como para los engranajes. Son piezas muy voluminosas y de difícil transporte, por lo que se recibirán según la capacidad del camión y asegurando un stock mínimo para el tiempo que le cueste al proveedor el traer un nuevo pedido. Se almacenarán cerca de las sierras del área de corte para evitar que los operarios realicen desplazamientos innecesarios.

Repuestos para la maquinaria: se destinará una zona para que el equipo de mantenimiento reciba las piezas necesarias para la reparación de las máquinas en caso de avería.

Rodamientos: son piezas de medianas dimensiones, por lo que se comprarán según las necesidades que se tengan antes de recibir el siguiente envío dejando un stock mínimo

de seguridad. Convendrá que se dispongan lo más cerca posible del área de montaje y embalaje porque en esa área serán utilizadas para el montaje del reductor.

Tornillos: son piezas que están normalizadas y que ocupan poco espacio en el almacén, por lo que se podrán comprar lotes grandes si así se obtiene un menor coste. Convendrá que se dispongan lo más cerca posible del área de montaje y embalaje porque en esa área serán utilizadas para el montaje del reductor.

Arandelas: son piezas que están normalizadas y que ocupan poco espacio en el almacén, por lo que se podrán comprar lotes grandes si así se obtiene un menor coste. Convendrá que se dispongan lo más cerca posible del área de montaje y embalaje porque en esa área serán utilizadas para el montaje del reductor.

Engranajes: se contratará la fabricación de los engranajes a un proveedor que no solo posea una buena calidad-precio sino que también se tendrá en cuenta la cercanía. Se empleará el mismo acero que se utiliza para los ejes, el F-1140. Se requerirán las especificaciones, dimensiones y calidades dispuestas en el apartado “Definición del producto”. Son piezas de medianas dimensiones y su almacenamiento es relativamente sencillo, por ello se podrá comprar lotes pequeños. Por ejemplo el proveedor encontrado reduce el precio de los engranajes si en vez de comprarlos uno a uno se compran en lotes de 25, lo cual es beneficioso para la empresa.

Convendrá que se dispongan lo más cerca posible del área de montaje y embalaje porque en esa área serán mecanizadas para obtener las tolerancias correspondientes.

En las siguientes tablas se especificarán las necesidades de todas las piezas que componen los tres tipos de reductores. Se comenzará por las piezas que serán fabricadas:

Pieza	Necesidades de fabricación	Unidades	Observaciones
Carcasa inferior 1	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 1
Carcasa inferior 2	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 2
Carcasa inferior 3	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 3
Carcasa superior 1	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 1
Carcasa superior 2	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 2
Carcasa superior 3	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 3
Eje 1	3000	Unidades/año	Se emplea en los tres tipos de reductores
Eje 2	3000	Unidades/año	Se emplea en los tres tipos de reductores
Eje 3	3000	Unidades/año	Se emplea en los tres tipos de reductores
Engranaje 1	3000	Unidades/año	Se emplea en los tres tipos de reductores
Engranaje 2	3000	Unidades/año	Se emplea en los tres tipos de reductores
Engranaje 3	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 1
Engranaje 4	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 2
Engranaje 5	1000	Unidades/año	Se emplea en el reductor nº 3

Piezas normalizadas	Norma	Necesidades de compra	Unidades	Observaciones
Tornillos hexagonales parcialmente roscados	DIN 931 / ISO 4014	24000	Unidades/año	Se necesitan 8 tornillos por cada reductor
Arandela helicoidal de presión (forma B)	DIN 127	24000	Unidades/año	Se necesitan tantas como tornillos (8)
Anillo de seguridad para ejes (medida nominal d1=15 mm)	DIN 471	9000	Unidades/año	Se necesitan 3 anillos por cada reductor
Anillo de seguridad para ejes (medida nominal d1=20 mm)	DIN 471	21000	Unidades/año	Se necesitan 7 anillos por cada reductor
Anillo de seguridad para agujeros (medida nominal d1=32 mm)	DIN 472	6000	Unidades/año	Se necesitan 2 anillos por cada reductor
Anillo de seguridad para agujeros (medida nominal d1=37 mm)	DIN 472	12000	Unidades/año	Se necesitan 4 anillos por cada reductor
Chavetas 6x6x18 DIN 6885 A	DIN 6885 A	12000	Unidades/año	Se necesitan 4 chavetas por cada reductor
Rodamiento de diámetro interior 15 mm		6000	Unidades/año	Se necesitan 2 rodamientos por cada reductor
Rodamiento de diámetro interior 20 mm		12000	Unidades/año	Se necesitan 4 rodamientos por cada reductor

4.2.3.Área de corte

En éste área se realizarán operaciones de corte para adecuar las dimensiones de las materias primas antes de que se mecanicen. En este caso las barras de acero (materia prima) se cortarán a la longitud requerida para los ejes. Así cada reductor tiene un eje de 94 mm de longitud y dos ejes de 104 mm de longitud, y dado que después del corte se mecanizan es necesario cortar varios milímetros de más en la medida. Por lo que se cortarán piezas de 97 y 107 milímetros respectivamente.

Además hay que tener en cuenta que el diámetro es distinto, un eje necesita un tocho de 20 mm de diámetro y los otros dos ejes necesitan uno de 25 mm de diámetro. Por lo que primero se cortará una barra de 20 mm de diámetro en 5 tochos de 107 mm de longitud. Para seguir con una barra de 25 mm de diámetro y cortarla en 6 tochos de 97 mm de longitud. Y finalmente cortar otra barra de 25 mm en 5 tochos de 107 mm.

Debido a que se cortan un número diferente de tochos en las barras, a la sexta vez que se repita el ciclo habrá 5 tochos más de 97 mm que de los demás. Por lo que en la sexta repetición del ciclo no se cortarán tochos de 97 mm.

Se comenzará por calcular los tiempos de cada operación, así en la siguiente tabla se introducirán los parámetros de corte seleccionados y se obtendrá el tiempo de corte. Entonces el tiempo de corte es la relación entre el diámetro de la barra y la velocidad de avance que aplique el operario y que se asignará de 5mm/s:

$$Tiempo = \frac{\text{Diámetro}}{\text{Avance}}$$

Para barras de diámetro 20 mm: $Tiempo = \frac{20\text{ mm}}{5\text{ mm/s}} = 4\text{ segundos}$

Para barras de diámetro 25 mm: $Tiempo = \frac{25\text{ mm}}{5\text{ mm/s}} = 5\text{ segundos}$

Se presentan los resultados en la siguiente tabla:

Parámetros de corte	Eje 20 mm	Eje 25 mm	Unidades
Diámetro a cortar	20	25	mm
Velocidad de avance	5	5	mm/s
Tiempo de corte	4	5	segundos

Una vez calculado el tiempo de corte se asignarán los tiempos de las restantes operaciones y finalmente se sumarán obteniendo el tiempo total por año. Entonces una vez asignados el resto de tiempos se suman obtiene el tiempo que cuesta cortar una barra:

Para una barra de 20 mm: $Tiempo = 90 + 20 + 4 \times 5 + 10 + 20 \times 4 = 220$ segundos

Para una barra de 25 mm: $Tiempo = 90 + 20 + 5 \times 6 + 10 + 20 \times 4 = 230$ segundos

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Coger la barra de acero	90	segundos	Con la ayuda del polipasto
Posicionar la barra en la sierra para cortarla a la medida indicada	20	segundos	Se utilizará un pie de rey para asegurar la medida
Corte barra 20 mm	4	segundos	
Corte barra 25 mm	5	segundos	

Dejar el trozo cortado en una mesa transportadora	10	segundos	
Posicionar el resto de la barra para realizar el siguiente corte	20	segundos	Se utilizará un pie de rey para asegurar la medida
Suma total de cortar una barra de 20 mm	220	segundos	
Suma total de cortar una barra de 25 mm	230	segundos	
Tiempos improductivos en el eje de 20 mm	44	segundos	Se han calculado como el 20% del tiempo de corte
Tiempos improductivos en el eje de 25 mm	46	segundos	Se han calculado como el 20% del tiempo de corte
Tiempo total año	120,67	horas	

Y se obtiene el tiempo total al año sumando cada una de las operaciones ponderadas de la siguiente manera: se suman los tiempos de cortar una barra y los tiempos improductivos ponderándolos por el número de piezas a cortar entre el número de piezas que se obtienen de una barra.

Entonces la sierra tiene una baja ocupación ya que sólo se usa durante unas 126,67 horas al año, mientras que un turno tiene 1816 horas. Así el operario encargado del corte deberá desempeñar otras ocupaciones además de la sierra. Por ello se comprueba que los mismos operarios del torno pueden realizar el corte de las barras de acero.

El procedimiento para realizar la operación de corte será el siguiente:

- Con la ayuda de un polipasto se cogerá la barra de acero del área de recepción y se acercará a la sierra.
- Se pondrá la barra de acero sobre la bancada ajustando la medida a cortar con los instrumentos que incluye la propia máquina. La medida de corte será aquella marcada en los planos más 3 milímetros para poder mecanizar la pieza posteriormente. Es decir, se realizarán los cortes a 97 mm y a 107 mm teniendo en cuenta que del segundo es necesario el doble de piezas que del primero.
- Se seleccionarán los parámetros de corte adecuados para la pieza a cortar y se accionará la sierra bajándola hasta realizar el corte a la barra.
- Se dejará el trozo de barra cortado sobre el contenedor y se proseguirá el corte de los demás trozos hasta terminar con el resto de la barra que quede sobre la sierra.
- Finalmente el operario llevará el contenedor con todos los trozos cortados hasta el torno para pasar a la siguiente fase, la mecanización de los ejes.

No se requiere una elevada cualificación por lo que se exigirá a los operarios una mínima formación. Por ello un operario con la cualificación de peón sería capaz de desempeñar las funciones indicadas anteriormente.

4.2.4.Área de mecanizado

En éste área se realizarán operaciones de mecanizado, ya sean de torno o de fresado. Las piezas se desbastarán para conseguir las dimensiones indicadas en el diseño del reductor, y así pasar al acabado final.

Se comprobará si es posible el uso de tornos CNC debido a que sus mecanismos de funcionamiento permiten ajustar al máximo las condiciones de mecanizado y por lo tanto conseguir el mejor tiempo de torneado posible. Pero si no se consiguen unas tasas

de ocupación adecuadas se decidirá el uso de un torno universal cuyo coste es mucho menor que el de un torno CNC.

Además será necesario realizar operaciones de fresado para el mecanizado de los ejes y de las carcasas. Para adecuar el número de éstas máquinas al objetivo de producción se asignará un tiempo predeterminado para cada operación.

A continuación seguirá una breve descripción de los seis parámetros clave que hay en el torneado:

1. **Velocidad de corte (Vc).** Se define como la velocidad lineal en la periferia de la zona que se está mecanizando. Su elección viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material de la pieza y las características de la máquina. Una velocidad de corte alta permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta. La velocidad de corte se expresa en metros/minuto.
2. **Velocidad de rotación de la pieza (N).** Normalmente expresada en revoluciones por minuto. Se calcula a partir de la velocidad de corte y del diámetro mayor de la pasada que se está mecanizando.
3. **Avance (F).** Definido como la velocidad de penetración de la herramienta en el material. En el torneado suele expresarse en mm/Rev. No obstante para poder calcular el tiempo de torneado es necesario calcular el avance en mm/min de cada pasada.
4. **Profundidad de pasada.** Es la distancia radial que abarca una herramienta en su fase de trabajo. Depende de las características de la pieza y de la potencia del **torno**.
5. **Potencia de la máquina.** Está expresada en Kw, y es la que limita las condiciones generales del mecanizado, cuando no está limitado por otros factores.
6. **Tiempo de torneado (T).** Es el tiempo que tardan todas las herramientas en realizar el mecanizado sin tener en cuenta otras cuestiones como posibles paradas de control o el tiempo poner y quitar la pieza del cabezal que puede

variar dependiendo de cada pieza y máquina. Se calcula a base de ir sumando los tiempos parciales de cada herramienta.

Estos parámetros están relacionados por las fórmulas siguientes:

$$V_c[m/min] = \frac{N[rpm] \times D[mm] * \pi}{1000}$$

$$F[mm/min] = N[rpm] \times F[mm/vuelta]$$

$$T[min] = \frac{\text{LongitudDeMecanizado}[mm]}{F[mm/min]}$$

Generalmente, la velocidad de corte óptima de cada herramienta y el avance de la misma vienen indicados por el fabricante de la herramienta o, en su defecto, en los prontuarios técnicos de mecanizado.

TORNO

A continuación se calcularán los tiempos de torneado desglosándolos en operaciones y utilizando las fórmulas descritas anteriormente. Se comenzará por el cálculo de la longitud de mecanizado sumando el recorrido que realiza la herramienta sobre la pieza en cada operación:

Cálculo longitud de mecanizado	Eje 94 mm longitud	Eje 104 mm longitud	Unidades
Refrentado	50	50	Milímetros
Desbaste (4 pasadas)	376	416	Milímetros
Acabado	94	104	Milímetros

Longitud de mecanizado	520	570	Milímetros
------------------------	-----	-----	------------

En la tabla siguiente se calculará el tiempo de torneado utilizando las fórmulas anteriormente descritas y desglosando cada parámetro de torneado para ambos ejes:

Parámetros torneado	Eje 94 mm longitud	Eje 104 mm longitud	Unidades
N (rpm)	1000	1000	rpm
Diámetro (mm)	25	25	Milímetros
Avance, F (mm/vuelta)	0,5	0,5	mm/vuelta
Longitud de mecanizado (mm)	520	570	Milímetros
Velocidad de corte (metros/minuto)	78,5	78,5	metros/minuto
Avance, F (mm/minuto)	500	500	mm/minuto
Tiempo de torneado (minutos)	62,4	68,4	Segundos

Una vez calculado el tiempo de torneado se procederá a detallar el procedimiento a seguir en el mecanizado de los ejes. Además se calculará el tiempo dedicado en el torno CNC que se recoge en la tabla de la página siguiente junto con el tiempo que el operario invertirá en cada una de las siguientes operaciones:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Programa de cada pieza (3 ejes)	1800	segundos/programa	Se realiza una vez
Preparación de herramientas en el portaherramientas	180	segundos/herramienta	Se realiza cuando las herramientas sufran desgaste en el filo
Cogida de la pieza	60	segundos/cogida	En los ejes hay que hacer dos cogidas
Cierre de las medidas de seguridad	10	segundos	Se hace tantas veces como cogidas
Activación del programa	10	segundos	Se hace tantas veces como cogidas
Torneado de los ejes de 94 mm de longitud	62,4	segundos/pieza	
Torneado de los ejes de 104 mm de longitud	68,4	segundos/pieza	
Tiempo total	567,1	horas	Suma de los tiempos anteriores ponderados por el número de repeticiones
Tiempo dedicado a mantenimiento	56,71	horas	Se dedicará a mantenimiento un 10% del tiempo total
Tiempo total anual en el torno CNC	623,81	horas	

Una vez obtenido el tiempo de ocupación del torno en un año (623,81 horas) se comparará con el tiempo disponible en el mismo espacio de tiempo. Así como ya se calculó anteriormente durante un año se disponen de 1816 horas, lo cual indica que el tiempo ocioso del torno CNC es muy alto. Entonces se debe considerar otra alternativa a la del torno CNC, por lo que se realizarán los cálculos de tiempo para un torno universal con el que se debería conseguir reducir los tiempos ociosos de la máquina a la par que se abarata la inversión inicial.

Tal y como se ha hecho antes se calculará la longitud de mecanizado pero esta vez en cada operación. Esto es debido a que en el torno universal es el operario el que debe reajustar la máquina para poder pasar de una operación a otra.

Longitud de mecanizado	Eje 94 mm longitud	Eje 104 mm longitud	Unidades
Desbaste (4 pasadas)	376	416	Milímetros
Acabado	94	104	Milímetros
ranurado	5,2	5,2	Milímetros
Refrentado (x2)	50	50	Milímetros

En la tabla siguiente se calculará el tiempo de cada operación para el mecanizado de los ejes, incluyendo además los parámetros de mecanizado. Para calcular el tiempo se utilizarán las longitudes de mecanizado descritas en la tabla anterior.

Parámetros torneado	Eje 94 mm longitud	Eje 104 mm longitud	Unidades
N	1000	1000	rpm
Diámetro	25	25	Milímetros
Avance, F	0,5	0,5	mm/vuelta
Velocidad de corte	78,5	78,5	metros/minuto
Avance, F	500	500	mm/minuto
Tiempo de desbaste	45,12	49,92	Segundos
Tiempo de acabado	11,28	12,48	Segundos
Tiempo de ranurado	0,624	0,624	Segundos
Tiempo de refrentado	6	6	Segundos

Una vez calculado el tiempo de cada operación se procederá a detallar el procedimiento a seguir en el mecanizado de los ejes. Además se calculará el tiempo dedicado en el torno universal que se recoge en la tabla de la página siguiente junto con el tiempo que el operario invertirá en cada una de las siguientes operaciones:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Preparación de los útiles sobre la mesa	300	segundos/día	Se realiza cada día al empezar la jornada
Preparación de herramientas en el portaherramientas	180	segundos/herramienta	Se realiza cuando se cambia de operación en el torno
Cogida de la pieza con las garras autocentrantes	60	segundos/cogida	En los ejes hay que hacer dos cogidas
Cierre de las medidas de seguridad	10	segundos	Se hace tantas veces como cogidas
Poner los parámetros de torneado adecuados y encendido	20	segundos	Se hace tantas veces como operaciones
Operación de desbaste de los ejes de 94 mm de longitud	45,12	segundos/pieza	
Operación de acabado de los ejes de 94 mm de longitud	11,28	segundos/pieza	
Operación de ranurado de los ejes de 94 mm de longitud	1,56	segundos/pieza	
Operación de refrentado de los ejes de 94 mm de longitud	6	segundos/pieza	
Operación de desbaste de los ejes de 104 mm de longitud	49,92	segundos/pieza	
Operación de acabado de los ejes de 104 mm de longitud	12,48	segundos/pieza	

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Operación de ranurado de los ejes de 104 mm de longitud	0,624	segundos/pieza	
Operación de refrentado de los ejes de 104 mm de longitud	6	segundos/pieza	
Tiempos improductivos en el eje de 94 mm	12,79	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempos improductivos en el eje de 104 mm	13,80	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempo total	2570,92	horas	Suma de todo el tiempo dedicado
Tiempo mantenimiento	257,09	horas	Se dedicará a mantenimiento un 10% del tiempo total
Tiempo total año	2828,02	horas	

El tiempo total se obtiene de una suma en la cual cada sumando ha sido ponderado por el número de veces que se repite tal y como se indica a continuación: todos los días se preparan los útiles sobre la mesa por lo que será ponderado con los 227 días del año, por cada eje se ha de preparar 4 herramientas y siendo que se fabrican 9000 ejes al año se ponderará este valor por 36000, tanto para coger el eje como para cerrar las medidas de seguridad y encender el torno se necesita hacerlo 2 veces por eje por lo tanto se ponderarán por 18000, las operaciones de mecanizado del eje de 94 mm se realizan

3000 veces y las del eje de 104 mm se realizan 6000 veces al año porque cada reductor tiene 2 ejes de esta longitud.

Entonces se obtiene que para un torno universal son necesarias 2828,02 horas al año para mecanizar los ejes. Dado que un turno dispone al año de 1816 horas se requerirá de un segundo turno para poder ocupar la máquina en todo el tiempo de mecanizado. Así con dos turnos en el torno dispondremos de 3632 horas al año y se cubrirá el tiempo total de ocupación del torno.

Un factor a tener en cuenta es la vida útil de las herramientas, ya que debido al desgaste o roturas de la herramienta se debe reemplazar. La vida media de una herramienta es de 100 horas trabajando, de modo que calculando las horas de trabajo por año de cada herramienta se obtiene el número de herramientas utilizadas.

La herramienta de desbaste trabaja las siguientes horas:

$$\frac{(45,12 + 49,42)\text{segundos}}{\text{pieza}} \times \frac{9000\text{piezas}}{3600\text{segundos}} = 236,35 \text{ horas}$$

Entonces serían necesarias 3 herramientas al año, pero para asegurar que la producción no para por la falta de herramientas se comprarán 6 herramientas al año.

De todas las operaciones, la de desbaste es la que más tiempo necesita, y siendo que las herramientas son pequeñas y no se deterioran con el tiempo se comprarán el mismo número de herramientas para las demás operaciones. En el caso de que hubiera un exceso de herramientas no se comprarían más hasta que se vayan desgastando.

FRESADORA

Al igual que con el torno, para la fresadora se calculará el tiempo total en el que se encuentra ocupada la máquina para determinar tanto el número de turnos como el número de máquinas.

Primero se calculará la longitud de mecanizado que realizará la fresa en cada operación:

Longitud de mecanizado	Valores	Unidades
Chavetero en los ejes	72	Milímetros
Planeado carcasa	536	Milímetros
Taladrado de los agujeros de las carcasa	520	Milímetros
Mandrinado de los agujeros de los rodamientos	212	Milímetros

A continuación se calcularán los parámetros de fresado y el tiempo que cada operación necesita:

Parámetros torneado	Valores	Unidades
N	1000	rpm
Avance, F	0,5	mm/vuelta
Avance, F	500	mm/min
Tiempo de fresado del chavetero	8,64	Segundos
Tiempo de planeado de la junta de las carcasa	64,32	Segundos

Tiempo de taladrado de los agujeros de las carcassas	62,4	Segundos
Tiempo de madrinado de los agujeros de los rodamientos	25,44	Segundos

Una vez calculado el tiempo de cada operación se procederá a detallar el procedimiento a seguir en el fresado. Además se calculará el tiempo dedicado en la fresadora que se recoge en la tabla de la página siguiente junto con el tiempo que el operario invertirá en cada una de las siguientes operaciones:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Preparación de los útiles sobre la mesa	300	segundos/día	Se realiza cada día al empezar la jornada
Preparación de herramientas en el portaherramientas	180	segundos/herramienta	Se realiza cuando se cambia de operación
Amarre de la pieza a la bancada	60	segundos/amarre	
Cierre de las medidas de seguridad	10	segundos	Se hace tantas veces como amarres
Poner los parámetros de fresado adecuados y encendido	20	segundos	Se hace tantas veces como operaciones
Operación de fresado del chavetero	8,64	segundos/pieza	

Operación de planeado de la junta de las carcasas	64,32	segundos/pieza	
Operación de taladrado de los agujeros de las carcasas	62,4	segundos/pieza	
Operación de mandrinado de los agujeros de los rodamientos	25,44	segundos/pieza	

Además se añaden los tiempos improductivos y el tiempo de mantenimiento:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Tiempos improductivos en la operación del chavetero	1,728	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempos improductivos en la operación de planeado	12,864	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempos improductivos en la operación de taladrado	12,48	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempos improductivos en la operación de mandrinado	5,088	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempo total	479,72	horas	Suma de todo el tiempo dedicado

Tiempo mantenimiento	47,97	horas	Se dedicará a mantenimiento un 10% del tiempo total
Tiempo total año	527,69	horas	

El tiempo total se obtiene de una suma en la cual cada sumando ha sido ponderado por el número de veces que se repite tal y como se indica a continuación: todos los días se preparan los útiles sobre la mesa por lo que será ponderado con los 227 días del año, la preparación de las herramientas y el poner los parámetros a la fresa se realiza cada 10 piezas en cada operación entonces se ponderará por $4*3000/10$, hay 4 operaciones diferentes a realizar por cada reductor y siendo que se fabrican 3000 reductores al año se ponderará por 15000 tanto para el amarre de la pieza a la bancada como para cerrar las medidas de seguridad, las operaciones de fresado se ponderarán por 3000 que es el número de reductores por año debido a que las longitudes de mecanizado se calcularon para cada reductor.

Entonces se obtiene que para una fresadora universal son necesarias 692,69 horas al año. Dado que un turno dispone al año de 1816 horas en la fresadora será necesario un turno ya que cubre las necesidades de fabricación con holgura.

Un factor a tener en cuenta es la vida útil de las herramientas, ya que debido al desgaste o roturas de la herramienta se debe reemplazar. Se considerará que la vida media de una herramienta de fresadora es de 100 horas trabajando al igual que en el torno, de modo que calculando las horas de trabajo por año de cada herramienta se obtiene el número de herramientas utilizadas.

La herramienta de planeado trabaja las siguientes horas:

$$\frac{64,32 \text{ segundos}}{\text{pieza}} \times \frac{3000 \text{ piezas}}{3600 \text{ segundos}} = 53,6 \text{ horas}$$

Entonces con una herramienta al año sería suficiente, pero para asegurar que la producción no para por la falta de herramientas se comprarán 4 herramientas al año. Como la herramienta de planear tiene 4 plaquitas se comprarán 4 veces esa cantidad, es decir 16 plaquitas.

De todas las operaciones, la de planeado es la que más tiempo necesita, y siendo que las herramientas son pequeñas y no se deterioran con el tiempo se comprarán el mismo número de herramientas para las demás operaciones excepto en el mandrinado y en el taladrado ya que se compran por juegos completos. Así para estas operaciones se comprarán 2 juegos cada año. En el caso de que hubiera un exceso de herramientas no se comprarían más hasta que se vayan desgastando.

Además cabe reseñar que se mecanizarán las piezas en series de 10, es decir, se preparará la máquina con la herramienta correspondiente y se realizarán 10 piezas que necesiten la misma operación (chavetero, planeado, taladrado...). Esto se realizará así para reducir el tiempo consumido en la preparación de las herramientas, que constituye un tiempo en el que la máquina no está siendo productiva.

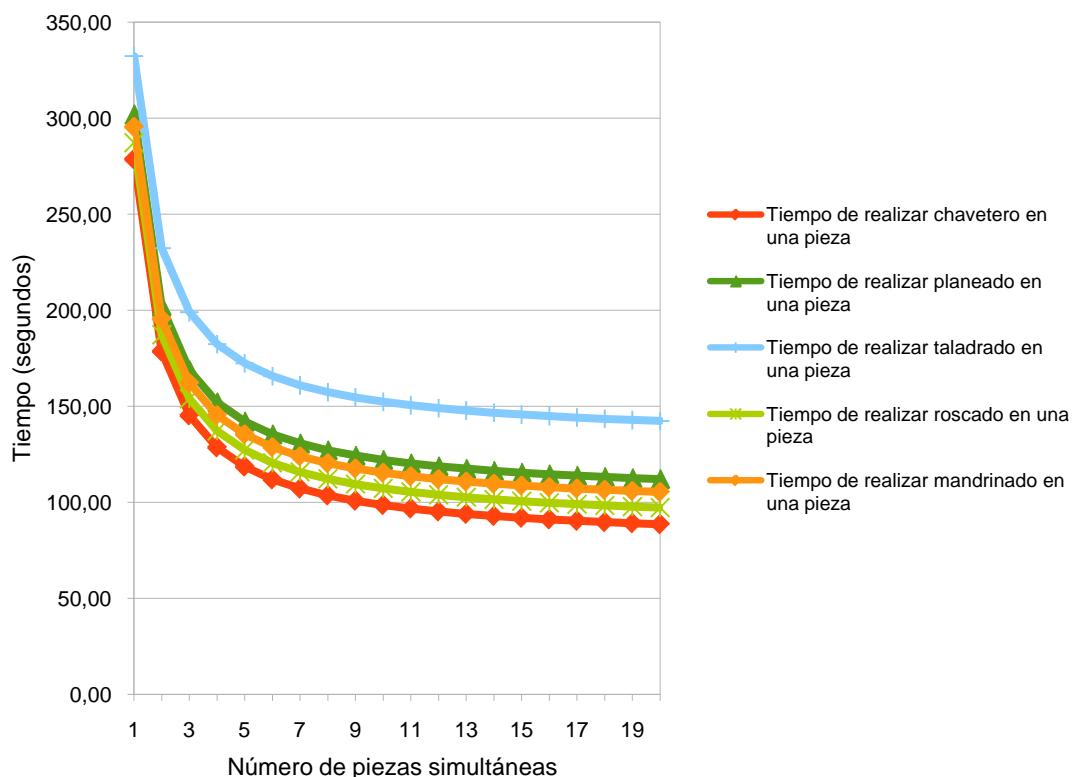
En la siguiente tabla se demuestra el por qué se han elegido series de 10 piezas, para ello se compara el tiempo que cuesta realizar una pieza según vaya incrementándose la serie. Así a partir de una serie de 10 piezas el tiempo se reduce muy poco en comparación con las series más pequeñas en las que el tiempo se reduce en intervalos muy elevados.

Número de piezas simultaneas	Tiempo de realizar chavetero en una pieza	Tiempo de realizar planeado en una pieza	Tiempo de realizar taladrado en una pieza	Tiempo de realizar roscado en una pieza	Tiempo de realizar mandrinado en una pieza
1	278,64	302,16	332,40	287,28	295,44
2	178,64	202,16	232,40	187,28	195,44
3	145,31	168,83	199,07	153,95	162,11

4	128,64	152,16	182,40	137,28	145,44
5	118,64	142,16	172,40	127,28	135,44
6	111,97	135,49	165,73	120,61	128,77
7	107,21	130,73	160,97	115,85	124,01
8	103,64	127,16	157,40	112,28	120,44
9	100,86	124,38	154,62	109,50	117,66
10	98,64	122,16	152,40	107,28	115,44
11	96,82	120,34	150,58	105,46	113,62
12	95,31	118,83	149,07	103,95	112,11
13	94,02	117,54	147,78	102,66	110,82
14	92,93	116,45	146,69	101,57	109,73
15	91,97	115,49	145,73	100,61	108,77
16	91,14	114,66	144,90	99,78	107,94
17	90,40	113,92	144,16	99,04	107,20
18	89,75	113,27	143,51	98,39	106,55
19	89,17	112,69	142,93	97,81	105,97
20	88,64	112,16	142,40	97,28	105,44

Y, de una forma más visual, en la siguiente gráfica se representan los valores obtenidos en la tabla anterior vislumbrando así el momento en el que la curva tiende a una línea recta:

Tiempos en cada operación según el número de piezas simultáneas



ROSCADORA

En la roscadora se realizarán las operaciones de roscado en la carcasa inferior. Después de realizar los agujeros en la fresa se roscarán los de las carcasas inferiores como paso final antes del montaje.

Se empleará una roscadora de sobremesa debido a que es una pieza que no posee unas grandes dimensiones y se puede manejar con cierta facilidad.

A continuación se calcularán los tiempos de roscado desglosándolos en operaciones y utilizando las fórmulas descritas anteriormente. Se comenzará por el cálculo de los parámetros de roscado:

Parámetros roscado	Valores	Unidades
N	500,00	rpm
Avance, F	0,20	mm/vuelta
Avance, F	100,00	mm/min
Longitud de roscado	144,00	mm
Tiempo de roscado de los agujeros	86,40	segundos

Una vez calculado el tiempo de roscado se procederá a detallar el procedimiento a seguir en el roscado de las carcasas. Además se calculará el tiempo dedicado en la roscadora que se recoge en la tabla de la página siguiente junto con el tiempo que el operario invertirá en cada una de las siguientes operaciones:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Preparación de los útiles sobre la mesa	300,00	segundos/día	Se realiza cada día al empezar la jornada

Preparación de herramientas en el portaherramientas	180,00	segundos/herramienta	Se realiza cada día al empezar la jornada
Poner los parámetros de roscado adecuados y encendido	20,00	segundos	Se hace tantas veces como operaciones
Operación de roscado	86,40	segundos	
Tiempos improductivos al año	17,28	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempo total	133,33	horas	Suma de todo el tiempo dedicado
Tiempo mantenimiento	13,33	horas	Se dedicará a mantenimiento un 10% del tiempo total
Tiempo total año	146,67	horas	

Así el tiempo total, que es de 146,67 horas, es pequeño en comparación con el tiempo que tiene un turno al año que son 1816 horas. Por ello el mismo operario que realiza las operaciones de fresado realizará también las de roscado. Tal y como se demostrará a lo largo de este proyecto este mismo operario se ocupará también de la rectificadora cilíndrica.

Un factor a tener en cuenta es la vida útil de las herramientas y al igual que en apartados anteriores se calculará el número de horas de trabajo que sufre el macho de roscar:

$$\frac{86,4 \text{ segundos}}{\text{pieza}} \times \frac{3000 \text{ piezas}}{3600 \text{ segundos}} = 72 \text{ horas}$$

Entonces si cada herramienta durase una media de 100 horas se necesitaría una herramienta al año, pero para asegurar que la producción no para por la falta de herramientas se comprarán 2 herramientas al año.

El procedimiento para realizar las operaciones de mecanizado será el siguiente:

• Primero se comenzará el mecanizado de los ejes en el torno para pasar después al mecanizado de los chaveteros en la fresadora.

• Se preparan las herramientas adecuadas para las operaciones que se van a llevar a cabo en el torno. Se necesitarán una herramienta de desbaste, otra de acabado, otra de ranurado y otra para refrentar. Para realizar cada operación se debe cambiar de herramienta por lo que si están a mano será más rápido.

• Se cogerá la pieza salida del área de corte en las garras del torno. Debido a que hay que refrentar las caras de ambos extremos se cogerá primero por un lado para refrentar y después se cogerá del otro lado para refrentar la otra cara.

• Se realizarán las operaciones dichas anteriormente en el torno hasta conseguir las dimensiones marcadas en los planos.

• Una vez conseguidas las dimensiones se realizarán los chaveteros en la fresadora con la herramienta de corte recto.

• Por otro lado, las carcasa deberán pasar por la fresadora para realizar sobre ellas las siguientes operaciones: planeado de la unión entre ambas carcasa, taladrado de los agujeros donde irán los tornillos y mandrinado con un mandril de acabado de los agujeros en donde encajarán los engranajes.

• Además de recibir esas operaciones en la fresadora, las carcasa deberán pasar por la roscadora para roscar los agujeros que se habían taladrado anteriormente.

Los tornos y las fresadoras universales exigen un buen profesional conocedor de los factores que intervienen en el mecanizado en el torno, y que son los siguientes:

- Prestaciones del torno
- Prestaciones y disponibilidad de herramientas
- Sujeción de las piezas
- Tipo de material a mecanizar y sus características de mecanización
- Uso de refrigerantes
- Cantidad de piezas a mecanizar
- Acabado superficial y rugosidad
- Tolerancia de mecanización admisible.

Además deberá conocer bien los parámetros tecnológicos del torneado que son:

- Velocidad de corte óptima a que debe realizarse el torneado
- Avance óptimo del mecanizado
- Profundidad de pasada
- Potencia del torno
- Velocidad de giro (RPM) del cabezal

A todos estos requisitos deben unirse una correcta interpretación de los planos de las piezas y la técnica de programación que utilice de acuerdo con el equipo que tenga el torno.

4.2.5.Área de acabado final

En éste área se pulirá la pieza para conseguir una calidad superficial exigida en los planos para el montaje de los rodamientos sobre el eje. Se empleará una rectificador cilíndrica de exteriores que utiliza como herramienta una muela para dejar un acabado óptimo para el montaje de los rodamientos sobre los ejes.

A continuación se calcularán los tiempos de rectificado desglosándolos en operaciones y utilizando las fórmulas descritas anteriormente. Se comenzará por el cálculo de los parámetros de rectificado y de la longitud de rectificado sumando el recorrido que realiza la herramienta sobre la pieza en cada operación:

Parámetros torneado	Eje de 15 mm de diámetro	Eje de 20 mm de diámetro	Unidades
N	400	400	rpm

Avance, F	0,1	0,1	mm/vuelta
Avance, F	40	40	mm/min
Longitud de rectificado	94,25	125,66	Milímetros
Tiempo de rectificado	141,37	188,50	segundos

Una vez calculado el tiempo de rectificado se procederá a detallar el procedimiento a seguir. Además se calculará el tiempo dedicado en la rectificadora que se recoge en la tabla de la página siguiente junto con el tiempo que el operario invertirá en cada una de las siguientes operaciones:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Preparación de los útiles sobre la mesa	300	segundos/día	Se realiza cada día al empezar la jornada
Preparación de la muela	180	segundos/herramienta	Se realiza cuando se cambia de operación
Cogida de la pieza con las garras autocentrantes	60	segundos/cogida	
Cierre de las medidas de seguridad	10	segundos	Se hace tantas veces como cogidas
Poner los parámetros de acabado adecuados y encendido	20	segundos	Se hace tantas veces como operaciones

Rectificado de ejes de 15 mm de diámetro	141,37	segundos	
Rectificado de ejes de 20 mm de diámetro	188,50	segundos	
Tiempos improductivos en el eje de 15 mm de diámetro	28,27	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempos improductivos en el eje de 20 mm de diámetro	37,70	segundos/pieza	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempo total	773,63	horas	Suma de todo el tiempo dedicado
Tiempo mantenimiento	77,36	horas	Se dedicará a mantenimiento un 10% del tiempo total
Tiempo total año	850,99	horas	

El tiempo total se obtiene de una suma en la cual cada sumando ha sido ponderado por el número de veces que se repite tal y como se indica a continuación: todos los días se preparan los útiles sobre la mesa y se prepara la muela en el portaherramientas por lo que serán ponderados por los 227 días del año, tanto para la cogida del eje como para cerrar las medidas de seguridad y encender la rectificadora se necesita hacerlo 1 vez por eje por lo tanto se ponderarán por 9000, las operaciones de rectificado del eje de 15 mm se realizan 3000 veces y las del eje de 20 mm se realizan 6000 veces al año porque cada reductor tiene 2 ejes de este diámetro.

Entonces se obtiene que para una rectificadora cilíndrica son necesarias 850,99 horas al año. Dado que un turno dispone al año de 1816 horas, la máquina está ocupada la mitad del tiempo por lo que habrá un operario que se ocupará de la fresadora, la roscadora y

de la rectificadora dado que la suma de ambos tiempos no supera el tiempo al año de un turno:

$$527,69 + 146,67 + 850,99 = 1525,35 \text{ horas} < 1816 \text{ horas}$$

Un factor a tener en cuenta es la vida útil de las herramientas, en este caso las herramientas utilizadas son muelas para rectificar. Para el siguiente cálculo se considerará que la vida media de las muelas es mayor que la de las herramientas del torno y de la fresadora, por ello se estimará que cada muela de rectificar tiene una vida media de 300 horas. Y trabaja las siguientes horas:

$$\frac{(141,37 \times 3000 + 188,5 \times 6000)}{3600} = 431,97 \text{ horas}$$

Entonces serían necesarias 2 herramientas al año, además la producción queda asegurada ya que se desgastaría una herramienta y la otra estaría todavía a medio uso.

Se exigirá una buena cualificación debido a que la utilización de este tipo de máquinas requiere entender y comprender el trabajo sobre metal. Por ello se exigirá a los operarios la cualificación de oficial de primera o de segunda.

4.2.6.Área de montaje y embalaje

En éste área se realizará el montaje de todas las piezas y también se engrasarán los engranajes para evitar fricciones durante su funcionamiento. Además se embalarán los distintos tipos de engranajes para su almacenaje y transporte hasta el cliente. De esta manera se evitarán posibles desperfectos causados desde que el producto sale de la fábrica hasta que llega a su cliente correspondiente.

A continuación se calcularán los tiempos dedicados en éste área desglosándolos en operaciones:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Preparación de los útiles sobre la mesa	300	segundos/día	Se realiza cada día al empezar la jornada
Montaje en el eje 2 de los engranajes con sus chavetas, los anillos de seguridad y los rodamientos	300	segundos	Se comienza desde el medio del eje hasta sus extremos. Además se añadirá la grasa lubricante.
Colocar el eje 2 montado en la carcasa inferior	20	segundos	
Montaje en el eje 1 del engranaje con su chaveta, los anillos de seguridad y los rodamientos	250	segundos	Se comienza desde el medio del eje hasta sus extremos. Además se añadirá la grasa lubricante.
Colocar el eje 1 montado en la carcasa inferior	20	segundos	
Montaje en el eje 3 del engranaje con su chaveta, los anillos de seguridad y los rodamientos	250	segundos	Se comienza desde el medio del eje hasta sus extremos. Además se añadirá la grasa lubricante.
Colocar el eje 3 montado en la carcasa inferior	20	segundos	

Y finalmente se obtiene el tiempo total por año:

Operaciones	Tiempo	Unidades	Observaciones
Colocar la carcasa superior sobre el conjunto	20	segundos	
Atornillar las carcasa	160	segundos	Atornillar los tornillos con las arandelas
Colocar los anillos de seguridad en los agujeros	30	segundos	Utilizando las pinzas
Cubrir el reductor con papel de burbujas	60	segundos	
Recubrir con cartón ondulado	60	segundos	
Tiempos improductivos al año	202,12	horas	Se han calculado como el 20% del tiempo de mecanizado
Tiempo mantenimiento	101,06	horas	Se dedicará a mantenimiento un 10% del tiempo total
Tiempo total año	1212,70	horas	

El procedimiento para realizar la operación de montaje será el siguiente:

- Se reunirán sobre la mesa de montaje todas las piezas necesarias: los anillos de seguridad, la carcasa superior e inferior, los tres tipos de ejes, los cuatro engranajes dependiendo de qué tipo de reductor se vaya a montar, los tornillos y las arandelas y las chavetas. Además se reunirán también las herramientas utilizadas: alicates para los anillos de seguridad, un martillo de goma para el caso en el que el ajuste entre rodamiento y eje sea muy ajustado, un atornilladillo eléctrico para apretar los tornillos.

- Se colocará la carcasa inferior sobre los útiles de la mesa para que no tenga libertad de movimientos.
- Se montará el eje 2 primero para facilitar el encaje de los engranajes. Así se montarán los anillos de seguridad, los engranajes con sus chavetas y los rodamientos desde la parte media del eje hacia los extremos.
- Se colocará sobre la carcasa inferior en su lugar indicado.
- Se realizará la misma operación con el resto de ejes.
- Se colocará la carcasa superior encajando correctamente y se atornillarán los tornillos con sus arandelas.
- Finalmente se introducirán los anillos de seguridad para agujeros.

No se requiere de una gran cualificación por lo que se buscarán peones para realizar las tareas descritas anteriormente.

4.2.7.Área de almacenaje

En éste área se almacenará el producto ya terminado y empaquetado esperando a ser transportado hasta el cliente. Debido a que al producto no le afectan los cambios de temperatura que se puedan producir dentro de la nave, se almacenará en unas estanterías que puedan soportar cargas pesadas cuyas dimensiones son:

Altura: 1981 mm; Anchura: 3078 mm; Fondo: 468 mm

Superficie de cada estante: $3078\text{ mm} \times 468\text{ mm} = 1440504\text{ mm}^2$

Y las dimensiones de cada reductor son las siguientes:

Superficie reductor 1: $193,5\text{ mm} \times 104\text{ mm} = 20124\text{ mm}^2$

Superficie reductor 2: $209\text{ mm} \times 104\text{ mm} = 20124\text{ mm}^2$

$$\text{Superficie reductor 3: } 224 \text{ mm} \times 104 \text{ mm} = 23296 \text{ mm}^2$$

Entonces obtenemos el número de reductor que se poden almacenar en cada estantería, teniendo en cuenta que cada una tiene 4 estantes con la superficie anteriormente descrita. Además como el fondo de la estantería es más del doble que el de un reductor, se podrán colocar dos filas de reductores en cada estante:

$$\frac{468 \text{ mm}}{224 \text{ mm}} = 2,09 \text{ reductores} ; \quad \frac{3078 \text{ mm}}{104 \text{ mm}} = 29,6 \text{ reductores}$$

$$29 \times 2 = 58 \text{ reductores/estante}$$

Por lo que se pueden almacenar 58 reductores por cada estante. Como la estantería tiene 4 estantes caben 232 reductores por estantería. Si se tiene una demanda de 3000 reductores al año, cada mes se requerirán 250 reductores. Así en una sola estantería se puede almacenar casi toda la producción de un mes.

4.2.8. Relación de tiempos y costes por máquina

En este apartado se mostrarán, área por área, el tiempo que se dedicará por pieza en cada una de las máquinas disponibles. También se deberán conocer los costes que conlleva cada pieza en todas las operaciones que se le realizan hasta que se consigue el producto final.

ÁREA DE CORTE

Primero se realizarán los cálculos para obtener el tiempo por pieza en esta área:

Para las barras de 20 milímetros, se suma el tiempo de cortar una barra y el tiempo improductivo y se divide entre el número de trozos obtenidos:

$$\frac{(220 \text{ segundos} + 44 \text{ segundos})}{6 \text{ barras} * 60 \text{ segundos/minutos}} = 0,73 \text{ minutos}$$

Y lo mismo para las barras de 25 milímetros:

$$\frac{(225 \text{ segundos} + 45 \text{ segundos})}{5 \text{ barras} * 60 \text{ segundos/minutos}} = 0,9 \text{ minutos}$$

Área de corte	Barras de 20 mm	Barras de 25 mm	Tiempo promedio
Sierra de cinta	0,73	0,90	0,84
Tiempo total en el área	0,73	0,90	0,84

*Tiempo medido en minutos por unidad fabricada

A continuación se calcularán los costes de corte por unidad fabricada. Entonces los costes serán el resultado de sumar los siguientes costes y dividirlos por el número de unidades fabricadas, que en este caso son 9000 ejes:

- El coste de la sierra de cinta dividido por 5 que son los años de amortización de la máquina.
- El coste del polipasto eléctrico entre 5 años.
- El coste de la hoja de sierra
- El coste del camino de rodillos entre 5 años.
- El coste salarial ponderado por la relación entre el tiempo dedicado en corte con respecto al total ($126,67/(126,67+2828,02)=0,05$).
- El coste de los elementos de seguridad ponderado por la relación entre el tiempo dedicado en corte con respecto al total.
- Los costes indirectos que son calculados como el 20% de los costes directos.
- El coste en electricidad de la máquina.

Área de corte	Costes directos	Costes indirectos	Coste total por unidad fabricada
Sierra de cinta	0,34 €	0,07 €	0,41 €

*Coste medido en euros por unidad fabricada

ÁREA DE MECANIZADO

Primero se realizarán los cálculos para obtener el tiempo por pieza en esta área:

Para los ejes de 94 milímetros, se suma el tiempo de preparación de las herramientas multiplicado por 4 veces que se cambia de herramienta más el tiempo de la cogida de la pieza por 2 veces más el cierre de las medidas de seguridad por 2 veces más el tiempo de poner los parámetros de torneado por 4 veces más el tiempo de cada operación y el tiempo improductivo:

$$\frac{(300 \times 4 + 180 \times 2 + 60 \times 2 + 20 \times 4 + 45,12 + 11,28 + 1,56 + 6 + 12,79) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}}$$

$$= 16,95 \text{ minutos}$$

Y lo mismo para los ejes de 104 milímetros:

$$\frac{(300 \times 4 + 180 \times 2 + 60 \times 2 + 20 \times 4 + 49,92 + 12,48 + 0,624 + 6 + 12,79) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}}$$

$$= 17,05 \text{ minutos}$$

Para determinar el tiempo por unidad fabricada de los chaveteros se suma el tiempo de preparación de las herramientas entre 10 (que es la serie) más el tiempo de amarre de la pieza más el tiempo de cierre de las medidas de seguridad más el tiempo de poner los parámetros de fresado entre 10 (que es la serie) más el tiempo de fresado del chavetero más el tiempo improductivo:

$$\frac{\left(\frac{180}{10} + 60 + 10 + \frac{20}{10} + 8,64 + 1,728\right) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 1,67 \text{ minutos}$$

Área de mecanizado	Ejes		
	Longitud 94 mm	Longitud 104 mm	Chavetero
Torno universal	16,95	17,05	0,00
Fresadora universal	0,00	0,00	1,67
Tiempo total por pieza	35,67		

*Tiempo medido en minutos por unidad fabricada

Para determinar el tiempo por unidad fabricada en el planeado, en el taladrado y en el mandrinado es similar al cálculo del tiempo del chavetero:

$$\frac{\left(\frac{180}{10} + 60 + 10 + \frac{20}{10} + 64,32 + 12,86\right) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 2,79 \text{ minutos}$$

$$\frac{\left(\frac{180}{10} + 60 + 10 + \frac{20}{10} + 62,4 + 12,48\right) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 2,75 \text{ minutos}$$

$$\frac{\left(\frac{180}{10} + 60 + 10 + \frac{20}{10} + 25,44 + 5,088\right) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 2,01 \text{ minutos}$$

Y el tiempo de roscado se calcula como la suma de poner los parámetros de roscado más la operación de roscado más el tiempo improductivo:

$$\frac{(20 + 86,4 + 17,28) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 2,06 \text{ minutos}$$

Área de mecanizado	Carcasas			
	Planeado	Taladrado	Mandrinado	Roscado
Torno universal	0,00	0,00	0,00	0,00
Fresadora universal	2,79	2,75	2,01	0,00
Roscadora	0,00	0,00	0,00	2,06
Tiempo total por pieza	9,60			

*Tiempo medido en minutos por unidad fabricada

Tiempo total en el área de mecanizado	45,27
---------------------------------------	-------

A continuación se calcularán los costes de mecanizado para los ejes y para las carcasas por unidad fabricada. Entonces los costes serán el resultado de sumar los siguientes costes y dividirlos por el número de unidades fabricadas, que en este caso son 9000 ejes y 3000 carcasas:

Para los ejes:

- El coste del torno universal más una parte proporcional de la fresadora universal dividido todo ello por 5 que son los años de amortización de la máquina.
- El coste de todos los consumibles del torno (portaplaquitas, plaquitas,...) más la fresa de corte recto y la fresa de cilindrado frontal.
- El coste de la llave allen y del destornillador para las plaquitas.
- El coste salarial de los operarios del torno ponderado por la relación entre el tiempo dedicado en el torno con respecto al total (0,95) más el del operario de la fresa por la relación de tiempo entre el chavetero y el total del operario.
- El coste de los elementos de seguridad ponderado por la relación entre el tiempo dedicado en el torno con respecto al total.
- Los costes indirectos que son calculados como el 20% de los costes directos.
- El coste en electricidad de la máquina.

Área de mecanizado	Ejes	
	Mecanizado	Chavetero
Torno universal	4,71 €	0,00 €
Fresadora universal	0,00 €	0,29 €
Costes indirectos	0,94 €	0,06 €
Coste total por pieza	5,99 €	

*Coste medido en euros por unidad fabricada

Para las carcasas:

- El coste de una parte proporcional de la fresadora universal más la roscadora dividido todo ello por 5 que son los años de amortización de la máquina.
- El coste correspondiente de los consumibles a cada operación.
- El coste salarial del operario de la fresa por la relación de tiempo entre cada operación y el total del operario.
- El coste de los elementos de seguridad ponderado por la relación entre el tiempo dedicado en la fresa con respecto al total.
- Los costes indirectos que son calculados como el 20% de los costes directos.
- El coste en electricidad de la máquina.

Área de mecanizado	Carcasas			
	Planeado	Taladrado	Mandrinado	Roscado
Torno universal	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Fresadora universal	1,02 €	0,98 €	0,31 €	0,00 €
Roscadora	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,75 €
Costes indirectos	0,20 €	0,20 €	0,06 €	0,00 €

Coste total por pieza	3,52 €
-----------------------	--------

*Coste medido en euros por unidad fabricada

ÁREA DE ACABADO FINAL

Primero se realizarán los cálculos para obtener el tiempo por pieza en esta área:

Para los ejes de 15 milímetros de diámetro, se suma el tiempo de cogida de la pieza más el tiempo de cierre de las medidas de seguridad más el tiempo de poner los parámetros de acabado más el tiempo de rectificado y el improductivo:

$$\frac{(60 + 10 + 20 + 141,37 + 28,27) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 4,33 \text{ minutos}$$

Para los ejes de 20 milímetros de diámetro el cálculo es similar:

$$\frac{(60 + 10 + 20 + 188,5 + 37,7) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 5,27 \text{ minutos}$$

Área de acabado	Ejes de 15 mm	Ejes de 20 mm	Tiempo promedio
Rectificadora cilíndrica	4,33	5,27	4,96

*Tiempo medido en minutos por unidad fabricada

A continuación se calcularán los costes de rectificado por unidad fabricada para los ejes. Entonces los costes serán el resultado de sumar los siguientes costes y dividirlos por el número de unidades fabricadas, que en este caso son 9000 ejes:

- El coste de la rectificadora cilíndrica dividido por 5 años.
- El coste de los consumibles, en este caso la muela para rectificadoras.
- El coste salarial del operario de la rectificadora por la relación de tiempo entre cada operación y el total del operario.

- El coste de los elementos de seguridad ponderado por la relación entre el tiempo dedicado en la rectificadora con respecto al total.
- Los costes indirectos que son calculados como el 20% de los costes directos.
- El coste en electricidad de la máquina.

Área de acabado	Costes directos	Costes indirectos	Coste total por unidad fabricada
Rectificadora cilíndrica	1,43 €	0,29 €	1,71 €

*Coste medido en euros por unidad fabricada

ÁREA DE MONTAJE

Primero se realizarán los cálculos para obtener el tiempo por pieza en esta área:

Para el conjunto completo del reductor, se suma el tiempo de montaje de los engranajes con sus chavetas, de los anillos de seguridad y de los rodamientos en los ejes más el tiempo de colocar los ejes montados en la carcasa más el tiempo de atornillar los tornillos más el tiempo de embalaje y el improductivo:

$$\frac{(300 + 20 * 4 + 250 * 2 + 160 + 30 + 60 + 60) \text{ segundos}}{60 \text{ segundos/minutos}} = 23,8 \text{ minutos}$$

Área de montaje	Reducer
Banco de montaje	23,80

*Tiempo medido en minutos por unidad fabricada

A continuación se calcularán los costes de montaje por unidad fabricada. Entonces los costes serán el resultado de sumar los siguientes costes y dividirlos por el número de unidades fabricadas, que en este caso son 3000 reductores:

- El coste de la atornilladora dividido por 5 años.
- El coste de los alicates para los anillos de seguridad
- El coste de la cinta para embalar.
- El coste del banco de trabajo dividido por 5 años.
- El coste salarial del operario de montaje.
- El coste de los elementos de seguridad.
- Los costes indirectos que son calculados como el 20% de los costes directos.
- El coste en electricidad de la máquina.

Área de montaje	Costes directos	Costes indirectos	Coste total por unidad fabricada
Banco de montaje	6,67 €	1,33 €	8,01 €

*Coste medido en euros por unidad fabricada

Una vez calculados los tiempos por unidad fabricada en cada puesto se puede observar donde hay cuellos de botella. Primero el tiempo para el corte de una unidad fabricada es de 0,84 minutos. En el torno se dedica por pieza fabricada 17 minutos, además cada día hay que mecanizar 40 ejes. En la fresadora por eje se dedica 1,65 minutos y por carcasa se dedica (la suma de planear, taladrar y mandrinar) 7,08 minutos. En la roscadora se dedica por unidad fabricada 2,06 minutos y en el montaje se dedican 23,8 minutos.

Comparando los tiempos por puesto se observa que en el torno, como hay que mecanizar más ejes que reductores hay que montar en el montaje, se crea un cuello de botella. Esto es el proceso más lento de la fabricación y se deberá asegurar que en los almacenes intermedios después de este cuello de botella existan las suficientes piezas para asegurar que no se para de producir.

4.2.9. Transporte interno

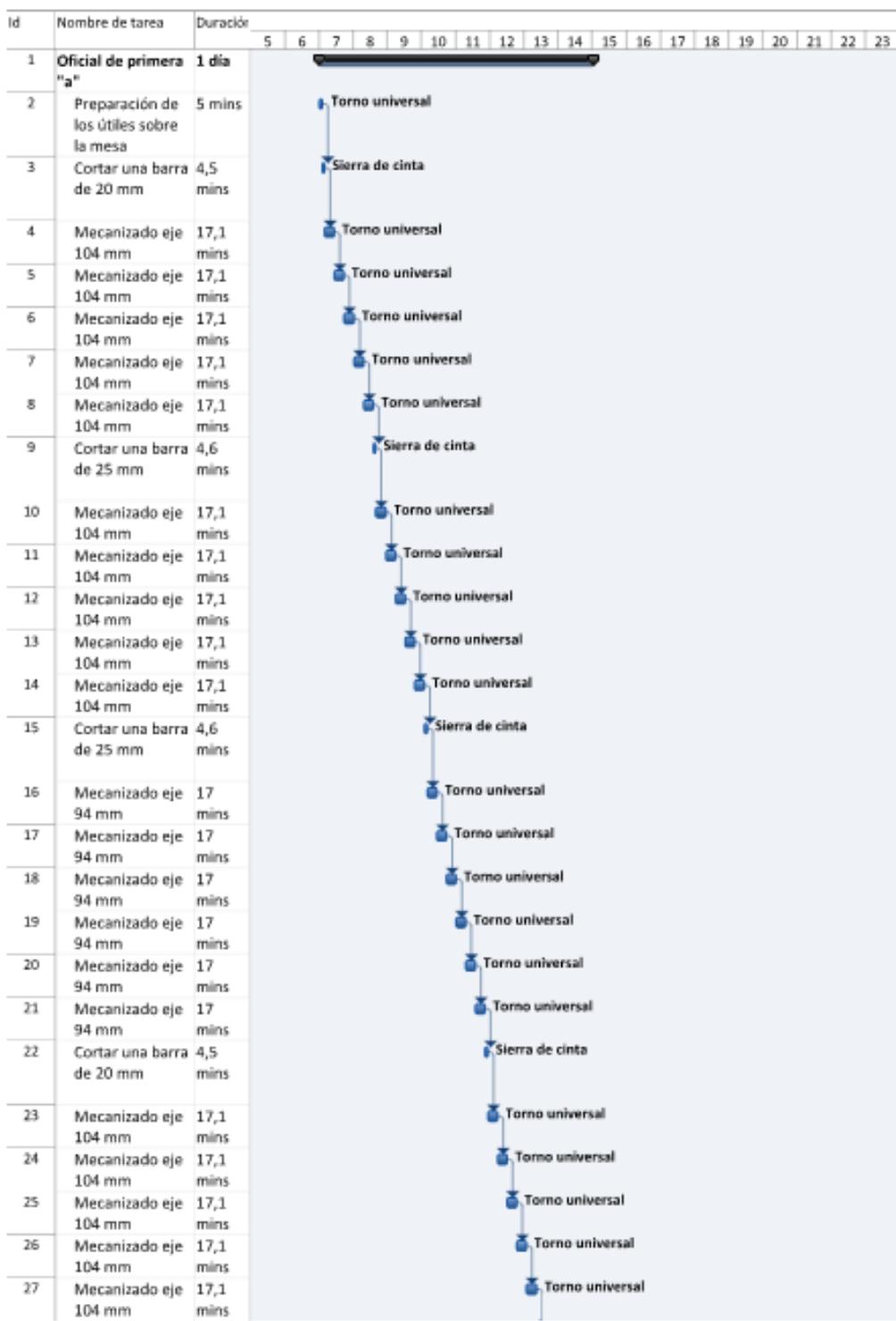
El movimiento de todas las piezas dentro de la nave se realiza mediante el uso de contenedores con estantes que permiten mover grandes volúmenes de un punto a otro. Serán los propios operarios los que una vez desempeñadas las operaciones necesarias en cada puesto de trabajo transporten el material hasta el siguiente puesto de la siguiente manera:

El operario del torno está encargado también del corte por lo que realizará el transporte de las piezas recién cortadas desde la sierra hasta el torno. Y una vez mecanizadas las transportará hasta la fresadora.

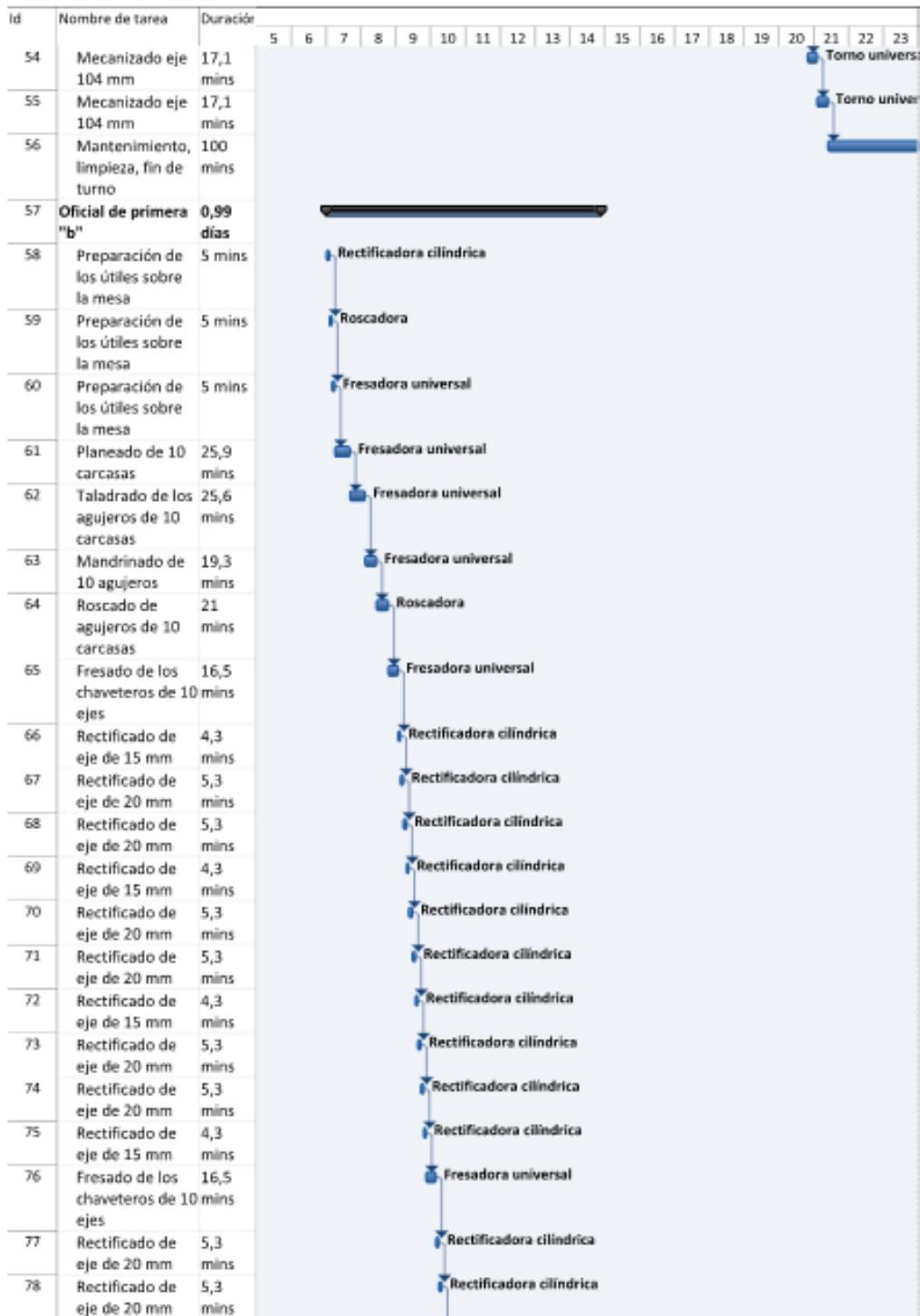
El operario de la fresadora está encargado también de la roscadora y de la rectificador por lo que realizará el transporte de las piezas que maneje entre esas tres máquinas.

Y el operario de montaje recogerá todas las piezas necesarias tanto del área de recepción como del área de acabado final y del área de mecanizado.

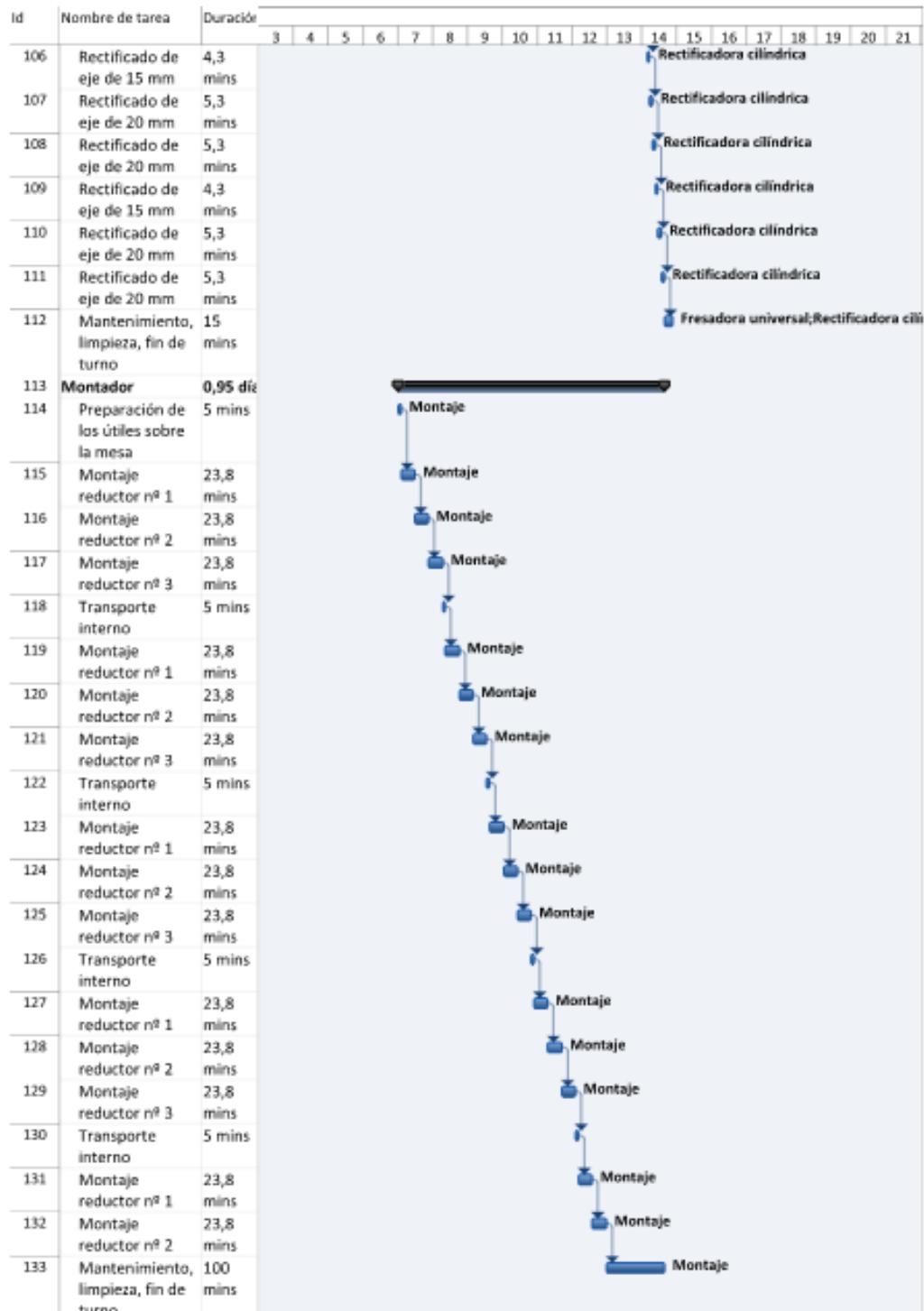
4.3. Cronograma Gantt



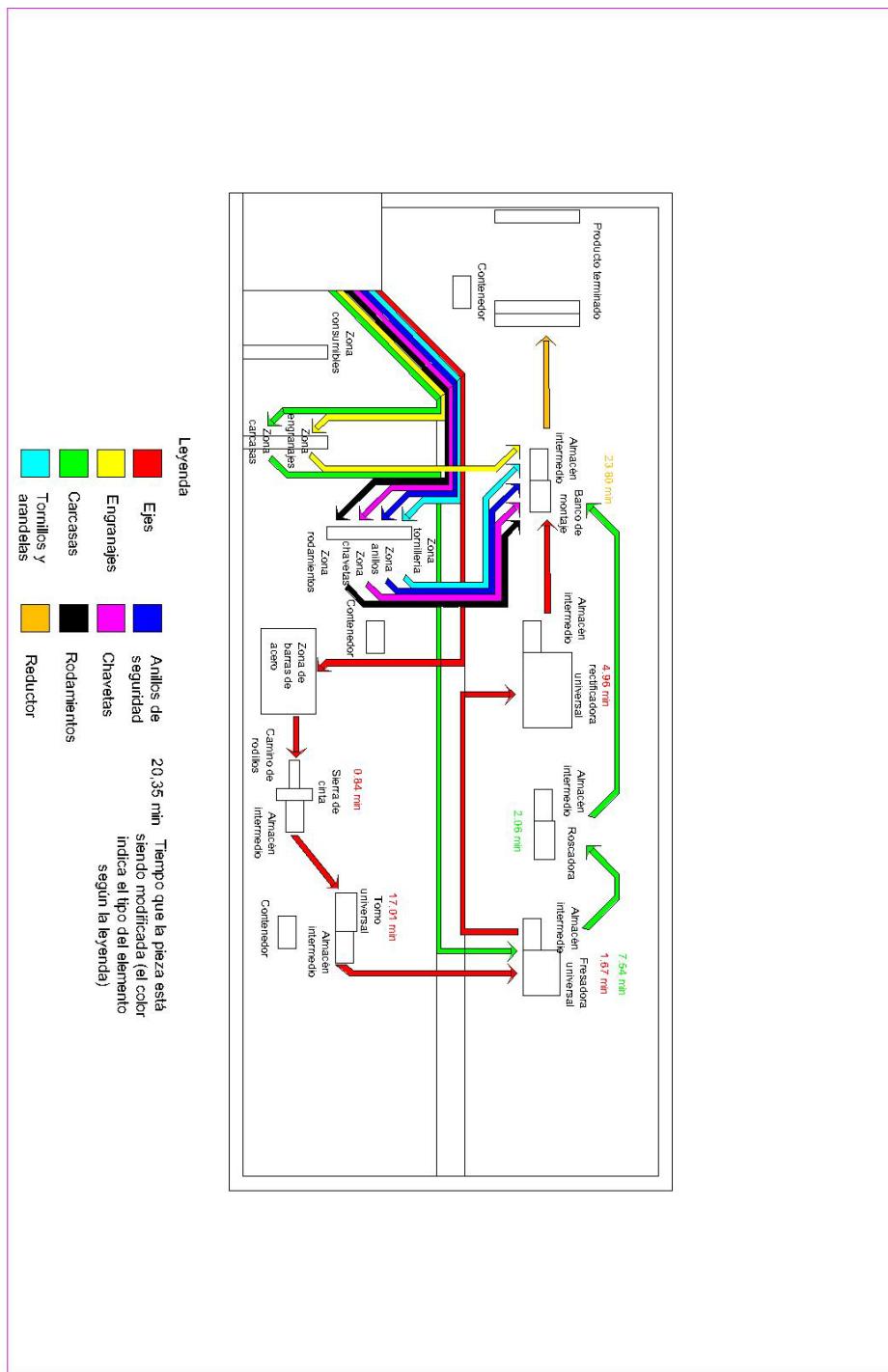




Id	Nombre de tarea	Duración																		
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
79	Rectificado de eje de 15 mm	4,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
80	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
81	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
82	Rectificado de eje de 15 mm	4,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
83	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
84	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
85	Rectificado de eje de 15 mm	4,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
86	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
87	Fresado de los chaveteros de 10 ejes	16,5 mins						■	Fresadora universal											
88	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
89	Rectificado de eje de 15 mm	4,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
90	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
91	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
92	Rectificado de eje de 15 mm	4,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
93	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
94	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
95	Rectificado de eje de 15 mm	4,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
96	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
97	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
98	Planeado de 10 carcasa	25,9 mins						■	Fresadora universal											
99	Taladrado de los agujeros de 10 carcasa	25,6 mins						■	Fresadora universal											
100	Mandrinado de 10 agujeros	19,3 mins						■	Fresadora universal											
101	Roscado de agujeros de 10 carcasa	21 mins						■	Roscadora											
102	Fresado de los chaveteros de 10 ejes	16,5 mins						■	Fresadora universal											
103	Rectificado de eje de 15 mm	4,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
104	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											
105	Rectificado de eje de 20 mm	5,3 mins						■	Rectificadora cilíndrica											



4.4. Diagrama de flujo de materiales



4.5. Control de fabricación

En este apartado se dictaminará el método a seguir para asegurar la calidad del producto y evitar así la insatisfacción de los clientes. Para ello se realizarán inspecciones a lo largo de todos los procesos de producción.

Primeramente se inspeccionarán todas las piezas llegadas desde el exterior (la materia prima, los productos subcontratados, etc.). Para ello se realizará una inspección visual comprobando que todo está en un nivel adecuado a las especificaciones.

En el área de mecanizado se comprobarán las roscas mediante unas galgas.

En el área de acabado final se utilizará un pie de rey para comprobar que los ejes y las cavidades de los rodamientos en las carcasa tienen un diámetro correcto.

Finalmente se realizará una prueba de funcionamiento del reductor mediante un motor eléctrico. En ésta prueba se comprobará que se transmite correctamente el par de giro del motor eléctrico.

Además, se tendrá en cuenta si el cliente requiere de una inspección extra a las ya mencionadas.

4.6. Estudio básico de seguridad laboral

Se seguirá la siguiente metodología para la realización de estudios periódicos de la seguridad laboral en la fábrica.

Metodología de evaluación

La metodología utilizada pretende facilitar la identificación y evaluación de riesgos de acuerdo, tanto a las exigencias legales como a los criterios preventivos.

Consta de dos partes. La primera tiene por objeto evaluar el modelo de gestión preventiva de la empresa.

La segunda pretende evaluar el grado de control de los diferentes riesgos existentes, por lo que debe ser aplicada en las diferentes áreas que constituyen el centro de trabajo.

Consta de cuestionarios, que valoran aspectos de las condiciones de seguridad e higiene.

La valoración de cada aspecto de la empresa se realiza evaluando todas las respuestas del cuestionario correspondiente, dando una calificación global así como una serie de recomendaciones y medidas correctoras.

La tabla de valoración para cada cuestionario es la siguiente:

VALORACIÓN GLOBAL	SIGNIFICADO
CORRECTO	No se ha detectado anomalía alguna
MEJORABLE	Se han detectado anomalías a mejorar
DEFICIENTE	Se ha detectado alguna anomalía determinante del posible riesgo
MUY DEFICIENTE	Se ha detectado alguna anomalía determinante y decisoria por ella misma en el posible riesgo, o la confluencia de varias determinantes específicas (si no se especifica, 3 o más)

A modo de resumen, se indica el significado de cada uno de los puntos analizados.

GESTIÓN PREVENTIVA

La respuesta a los cuestionarios que componen el área de la gestión preventiva informará sobre el estado de los factores clave que estructuran una buena política empresarial de prevención.

CONDICIONES DE SEGURIDAD

Lugares de trabajo: Hace referencia a aquellas zonas de paso, en general a nivel del suelo, que son utilizadas por los trabajadores en los desplazamientos desde o hacia los puestos de trabajo.

Se incluyen los espacios de trabajo en altura y las plataformas, aunque en ellas se realicen trabajos ocasionales.

También se aplica en aquellos lugares de trabajo donde haya escaleras fijas y manuales, ya sean de uso frecuente o esporádico.

Aparatos y equipos de elevación: Se debe llenar este cuestionario cuando se utilicen aparatos y equipos de elevación, tanto de personas como de objetos. Se incluirán tanto los equipos como los útiles y las propias cargas que se utilizan en la elevación, salvo los palets, que aparecen en el cuestionario de almacenamiento.

Vehículos de transporte: Hace referencia a todos aquellos vehículos a motor que se desplazan por el lugar de trabajo.

Instalación eléctrica: Se considera el conjunto de la instalación eléctrica de la empresa, en la que además de las instalaciones habituales en baja tensión. Pueden existir instalaciones de alta tensión.

Se aplica por área de trabajo, aunque en muchas ocasiones es necesario considerar la instalación eléctrica en su conjunto.

Aparatos a presión: Se debe aplicar a todos los aparatos incluidos en el Reglamento de Aparatos a Presión.

Instalación de gases: Se debe llenar si se dispone a sea en instalación fija o en recipientes móviles, de cualquier suministro de gases combustibles (propano, butano, etc.) para procesos (cloro, amoniaco, etc.) para equipos de laboratorio, soldadura oxiacetilénica, depósitos criogénicos de nitrógeno para inertización, gases medicinales, etc.

Incendios: Se debe cumplimentar cuando en la empresa coexistan, en tiempo y espacio suficiente para iniciarse y propagarse un fuego, productos que puedan arder, sean combustibles o inflamables (punto de inflamación <55 °C), con focos de ignición de cualquier tipo (eléctricos, mecánicos, térmicos, químicos).

CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES

Ventilación industrial y climatización: Especialmente dirigida a aquellas empresas en las que se manipulan sustancias químicas o se generan polvo, humos, etc., en cualquier operación.

Se analizan aquellos factores que inciden en la obtención de unas condiciones ambientales de calidad en los espacios interiores climatizados.

Identificación de los riesgos

La valoración cuantitativa de los riesgos deberá hacerse efectuando las mediciones necesarias (ruido, iluminación, temperatura, contaminantes, dimensiones, etc.) utilizando los métodos de valoración oportunos (Normas UNE, guías del INSHT, normas internacionales, guías adecuadas).

En aquellos casos en los cuales el riesgo no sea cuantificable mediante la utilización de mediciones totalmente objetivas, se utiliza una metodología que, basada en los criterios indicados en el artículo 5 del RD 39/1997 "Reglamento de los Servicios de Prevención", permite determinar una medida orientativa del nivel de riesgo.

Dicha metodología consta de los siguientes pasos:

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO TENIENDO EN CUENTA LA SIGUIENTE LISTA (NO EXHAUSTIVA)

1. Caídas de personas a distinto nivel

2. Caídas de personas al mismo nivel
3. Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
4. Caídas de objetos en manipulación.
5. Caldas de objetos desprendidos.
6. Pisadas sobre objetos.
7. Choques contra objetos inmóviles.
8. Choques contra objetos móviles.
9. Golpes/cortes por objetos o herramientas.
10. Proyección de fragmentos o partículas.
11. Atrapamiento puro entre objetos.
12. Atrapamiento por vuelco de máquinas. trad. maq.
13. Sobreesfuerzos.
14. Exposición a temperaturas ambientales extremas.
15. Contactos térmicos.
16. Exposición a contactos eléctricos.
17. Exposición a sustancias nocivas o toxicas.
18. Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas
19. Exposición a radiaciones.
20. Explosiones.
21. Incendios
22. Accidentes causados por seres vivos.
23. Atropellos o golpes con vehículos.
24. Fatiga visual.
25. Deslumbramientos.
26. Exposición a contaminantes biológicos.

27. Exposición a contaminantes químicos.
28. Discomfort
29. Reflejos.
30. Estrés.
31. Fatiga pastoral.
32. Exposición al ruido.
33. Fatiga mental.
34. Cortes.
35. Fatiga física.
36. Exposición a vibraciones.

Estimación y valoración de cada riesgo

Estimación de cada riesgo

Para cada riesgo detectado debe determinarse la severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

SEVERIDAD DEL DAÑO

Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse:

- Partes del cuerpo que se verán afectadas.
- Naturaleza del daño, graduándolo entre ligeramente dañino, dañino y extremadamente dañino.

PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL DAÑO

La probabilidad de que ocurra el daño se gradúa desde baja hasta alta. Con el siguiente criterio:

Probabilidad alta: el daño ocurrirá siempre o casi siempre. Probabilidad media: el daño ocurrirá en algunas ocasiones. Probabilidad baja: el daño ocurrirá raras veces.

Valoración de cada riesgo

PROBABILIDAD		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Baja	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	
Media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante	
Alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable	

RIESGO	ACCIÓN Y TEMPORALIZACIÓN
Trivial	No se requiere acción específica.
Tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. <i>Se</i> requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.

Importante	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Los niveles de riesgo indicados en el cuadro anterior, deberán tomarse como base para establecer un programa de mejoras y medidas correctoras así como el orden de prioridad de las mismas.

5. Presupuesto

5.1. Coste de personal

Además al salario neto que cobre un operario hay que añadirle el porcentaje de la Seguridad Social y el que se paga por el IRPF. Por lo tanto, se hablará de salarios brutos, y de ahí se tendrá que reducir el porcentaje que le corresponda según sea la cuantía de lo que se cobre. Por lo general, cada trabajador debe descontar de su sueldo el 10 % para cotizar a la Seguridad Social y las retenciones de Hacienda (IRPF), que oscilan alrededor del 20%. Del resto de su cotización a la Seguridad Social se hará cargo la empresa, que será un 33%. Esa cantidad serán los gastos totales para la empresa por cada trabajador.

A continuación se adhiere una tabla de salarios:

Número	Categoría	Remuneración bruta anual	Seguridad social (33%)
1	Peón	14.779,23 €	4.877,15 €
2	Oficial primera	15.844,22 €	5.228,59 €
3	Oficial primera	15.844,22 €	5.228,59 €
4	Oficial segunda	15.520,31 €	5.121,70 €

Coste total de personal	152.004,77 €
-------------------------	--------------

5.2. Coste de maquinaria

Número	Artículo	Cantidad	Precio	Características
1	Sierra de cinta OPTIMUN MDO. S181	1	951,57 €	Capacidad de corte de 178 mm, Potencia del motor 1 CV
2	Tono paralelo OPTIMUM MOD. D-420 x 1000+B11	1	7.411,77 €	16 velocidades, 1000 mm entre puntos
3	Fresadora universal FU 1120/1250	1	11.287,89 €	Recorrido X,Y,Z 800,320,380
4	Rectificadora cilíndrica GER MOD A-2 HIDRAULICA	1	1.935,15 €	Potencia motor 3 CV
5	Atornilladora inalámbrica BOSCH GSB	1	499,00 €	80 Nm de par de apriete
6	Polipasto eléctrico	1	219,99 €	400 kg / 800 kg
7	Roscadora talleres LA FA	1	385,00 €	380 voltios

Coste total de
maquinaria

22.690,37 €

5.3. Coste de consumibles

Los costes de consumibles se han calculado atendiendo al consumo anual de los mismos:

Número	Artículo	Cantidad	Precio	Características
1	Hoja de sierra	2	55,92 €	2910 X 27 X 0.9 PASO 6/10
2	Portaplaquitas ISO 2 (cilindrar)	1	46,50 €	12x12
3	Plaquita ISO 2 (cilindrar)	6	5,30 €	12x12
4	Base ISO 2 (cilindrar)	2	7,50 €	12x12
5	Tornillo fijación plaquita ISO 2 (cilindrar)	2	2,35 €	12x12
6	Tornillo fijación base ISO 2 (cilindrar)	2	4,75 €	12x12
7	Portaplaquitas DIN 4975 (acabar)	1	46,50 €	12x12
8	Plaquita DIN 4975 (acabar)	6	5,30 €	12x12
9	Base DIN 4975 (acabar)	2	7,50 €	12x12
10	Tornillo fijación plaquita DIN 4975 (acabar)	2	2,35 €	12x12
11	Tornillo fijación base DIN 4975 (acabar)	2	4,75 €	12x12

12	Portaplaquitas ISO 6 (escuadrar)	1	46,50 €	12x12
13	Plaquita ISO 6 (escuadrar)	6	4,20 €	12x12
14	Tornillo fijación plaquita ISO 6 (escuadrar)	2	2,35 €	12x12
15	Portaplaquitas ISO 9 (mandrinar)	1	67,00 €	12x12
16	Plaquita ISO 9 (mandrinar)	6	4,70 €	12x12
17	Tornillo fijación plaquita ISO 9 (mandrinar)	2	2,35 €	12x12
18	Portaplaquitas ranurar	1	48,50 €	12x12
19	Plaquita ranurar	6	4,30 €	12x12
20	Tornillo fijación plaquita ranurar	2	2,35 €	12x12
21	Fresa de planear cuadrada	1	131,60 €	Diámetro 40mm, 4 plaquitas
22	Plaquita para fresa de planear	16	7,15 €	SEHX 1204
23	Tornillo para plaquita de fresa de planear	8	4,80 €	TX50
24	Portabrocas	1	40,00 €	0-10 mm
25	Juego de brocas	2	57,30 €	Diámetro 0-10 mm
26	Fresa de corte recto (circular, para chavetero)	4	63,15 €	Ancho 6 mm

27	Fresa cilindrado frontal	4	13,40 €	Diámetro 6 mm
28	Mandril de precisión	2	218,00 €	Diámetro de 10 a 220 mm
29	Macho para roscar	2	23,27 €	Métrica 6
30	Muela para rectificadora	2	21,00 €	Diámetro 250 mm, ancho 40 mm
31	Taladrina	6	60,60 €	Envases de 10 litros

Coste total de consumibles	2.215,48 €
----------------------------	------------

5.4. Costes de protección individual

Número	Artículo	Cantidad	Precio	Características
1	Guantes anticortes	5	14,25 €	Resisten a la abrasión, a los desgarros, cortes y perforaciones.
2	Zapatos de seguridad	5	28,14 €	Suela de calambres en poliuretano doble densidad. Protección de la puntera.
3	Bata de manga larga	5	25,50 €	3 bolsillos exteriores sobrepuertos y 1 bolsillo interior.
4	Gafas de protección	5	5,70 €	Protecciones laterales y superiores.

Coste total de protección individual	367,95 €
--------------------------------------	----------

5.5. Coste de materia prima

Los costes de materia prima se han calculado atendiendo a las necesidades anuales de cada artículo:

Número	Artículo	Cantidad	Precio	Características
1	Barras de 20mm de diámetro y 6 m longitud	500	22,20 €	C45E, ø20 mm, 6 metros
2	Barras de 25mm de diámetro y 6 m longitud	1200	34,68 €	C45E, ø25 mm, 6 metros
3	Engranaje 1	3000	7,11 €	40 dientes, módulo 1
4	Engranaje 2	3000	7,11 €	40 dientes, módulo 1
5	Engranaje 3	1000	8,89 €	67 dientes, módulo 1
6	Engranaje 4	1000	17,99 €	77 dientes, módulo 1
7	Engranaje 5	1000	21,98 €	87 dientes, módulo 1
8	Carcasa superior 1	1000	15,88 €	FG-40
9	Carcasa superior 2	1000	17,15 €	FG-40
10	Carcasa superior 3	1000	17,45 €	FG-40
11	Carcasa inferior 1	1000	15,88 €	FG-40
12	Carcasa inferior 2	1000	17,15 €	FG-40

13	Carcasa inferior 3	1000	17,45 €	FG-40
14	Chavetas 6x6x18 DIN 6885 A	12000	0,23 €	
15	Rodamiento de 15mm	6000	13,95 €	
16	Rodamiento de 20mm	12000	26,05 €	
17	Grasa para engranajes	600	84,56 €	Klübersynth G 34-130, Botes de 1 kg
18	Papel de burbuja	300	5,00 €	5 metros de longitud, 1,2 metros de altura
19	Cartón ondulado	300	4,90 €	5 metros de longitud, 0,9 metros de altura
20	Anillo de seguridad para ejes	9000	1,07 €	medida nominal d1=15 mm
21	Anillo de seguridad para ejes	21000	1,07 €	medida nominal d1=20 mm
22	Anillo de seguridad para agujeros	6000	1,79 €	medida nominal d1=32 mm
23	Anillo de seguridad para agujeros	12000	2,51 €	medida nominal d1=37 mm
24	Tornillos hexagonales parcialmente roscados	240	59,00 €	Métrica 6, longitud 55mm, 100 unidades
25	Arandela helicoidal de presión (forma B)	240	3,48 €	Métrica 6, 100 unidades

Coste total de materia prima

786.084,74 €

5.6. Costes varios

Número	Artículo	Cantidad	Precio	Características
1	Contenedor con estantes	3	249,00 €	Carga: 400 kg 1150x655x1790 mm
2	Estantería cargas pesadas	6	347,00 €	Carga: 600kg 1981x3078x468
3	Camino de rodillos Modelo MSR4	1	130,08 €	Longitud: 1000mm
4	Cinta de embalar	5	1,99 €	70 metros de longitud
5	Alicate para anillos de seguridad	2	4,57 €	Acero endurecido, longitud 160 mm
6	Llave allen para plaquitas	2	1,65 €	
7	Destornillador para plaquitas	2	6,65 €	
8	Banco de trabajo	1	379,00 €	Anchura 1200 mm
9	Eslingas	2	10,00 €	Capacidad máxima 2500 kg
10	Silla de taller	1	139,00 €	
11	Alquiler de la nave	12	1.188,00 €	
12	Pie de rey	1	21,00 €	

13	Motor eléctrico	1	126,50 €	Potencia 1CV; monofásico
14	Galgas para roscas	1	4,98 €	28 láminas
15	Martillo de goma	1	6,75€	

Coste total de varios	17.948 €
-----------------------	----------

5.7. Coste de energía eléctrica

El uso de las instalaciones, tanto por los trabajadores como por el funcionamiento de las máquinas supone un *gasto eléctrico*. Por ello se adjunta una tabla en la que se indica el consumo de cada máquina instalada en la empresa:

Máquina	Consumo (Kw.)	Nº horas/día
Roscadora sobremesa	0,18	8
Atornilladora Bosch	0,37	8
Sierra de cinta	0,75	8
Fresadora universal	2,2	8
Torno universal	2,4	16
Rectificadora cilíndrica	2,2	8
Polipasto	1,3	8
Potencia instalada para alumbrado	0,4	42

En total la maquinaria de la planta consume **9,8** Kw. /día. Si el precio acordado con ERZ-Endesa es de 1,394348 *Euros* / Kw-h por potencia contratada y a 0,079213 *Euros* / Kw-h por potencia consumida. Y si se trabaja durante las horas indicadas en la tabla durante 227 días, se gasta:

$$(7 \cdot (Kw - h) \times 8 \frac{h}{dia} + 2,8(Kw - h) \times 16 \cdot \frac{h}{dia}) \cdot 227 \cdot dias = 22881,6Kw - h$$

$$9,8(Kw - h) \times 12 \cdot meses \times 1,394348 \frac{\epsilon}{Kw} = 163,98\epsilon$$

$$22881,6 \cdot (Kw - h) \times 0,079213 \frac{\epsilon}{Kw} = 1812,52\epsilon$$

Y finalmente sumando la potencia contratada y la consumida se obtiene:

$$163,98 \epsilon + 1812,52 \epsilon = \mathbf{1976,5 \epsilon/año}$$

5.8. Coste general

Y finalmente para obtener el coste total hay que sumar, a los anteriores costes, el alquiler de la nave durante un año y los costes indirectos que incluyen los gastos de oficina, mantenimiento, comercial, transporte, etc; y se calcula como el 20% de la suma de los demás costes. Además se debe tener en cuenta que quitando los costes. La suma de los diferentes costes de ejecución del presupuesto se resume en el siguiente cuadro:

Tipo de coste	Coste
Personal	82.444,01 €
Maquinaria	22.690,37 €
Consumibles	2.215,48 €
Seguridad personal	367,95 €

Materia prima	786.084,74 €
Varios	17.948 €
Energía eléctrica	1.976,50 €
Alquiler de la nave	14.256,00 €
Costes indirectos	185.595,26 €
Total	1.113.579,67 €

El presupuesto total de la construcción metal-mecánica asciende a un total de **UN MILLÓN CIENTO TRECE MIL QUINIENTOS SETENTA Y NUEVE CON SESENTA Y Siete EUROS.**

5.7. Estudio económico y de rentabilidad

En este apartado se realizarán los cálculos necesarios para poder justificar el proyecto.

Primeramente se calculará el coste de fábrica de cada reductor que se obtiene de la suma de los distintos costes en cada una de las áreas más los costes de la materia prima más el alquiler y más los costes indirectos. Además se incorporará un margen del 4% y el I.V.A. del 18% obteniendo así los siguientes resultados:

	Coste de fábrica	PVP sin IVA	PVP con IVA
Coste por reductor 1	356,75 €	371,02 €	437,80 €
Coste por reductor 2	373,26 €	388,19 €	458,07 €
Coste por reductor 3	383,56 €	398,90 €	470,70 €

Así desglosando los gastos, los ingresos (teniendo en cuenta un porcentaje de defectuosos y productos no vendidos del 5%) y la amortización de la inversión inicial durante los 5 cinco próximos años que se estima que durará el proyecto tal y como está redactado se obtiene lo siguiente:

	Gastos	Ingresos	Amortización
Inversión inicial	41.006,32 €	0,00 €	0,00 €
Año 1	1.072.573,35 €	1.100.207,18 €	8.201,26 €
Año 2	1.072.573,35 €	1.100.207,18 €	8.201,26 €
Año 3	1.072.573,35 €	1.100.207,18 €	8.201,26 €
Año 4	1.072.573,35 €	1.100.207,18 €	8.201,26 €
Año 5	1.072.573,35 €	1.100.207,18 €	8.201,26 €

A continuación se introducirán los conceptos teóricos mediante los cuales se calcularán el VAN, la TIR, y el cash-flow. Añadir que las siguientes definiciones se han obtenido del libro “*La empresa, economía y dirección*” citado en la bibliografía.

El valor actual neto (VAN) de una inversión es el valor actualizado de todos sus beneficios esperados, es decir, de su cash-flow, y viene dado por la siguiente fórmula:

$$V = -S_0 + \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_j}{(1+k)^j} \right)$$

Por lo que realizando los cálculos correspondientes, considerando una tasa de interés del 6%, una inflación interanual del 4% y un Q_j (que es el beneficio más la amortización) se obtiene un VAN de:

$$\begin{aligned}
 VAN = -40999,57 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + 0,06) * (1 + 0,04)} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + 0,06)^2 * (1 + 0,04)^2} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + 0,06)^3 * (1 + 0,04)^3} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + 0,06)^4 * (1 + 0,04)^4} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + 0,06)^5 * (1 + 0,04)^5} = 94008,09\text{€}
 \end{aligned}$$

La tasa interna de rendimiento (TIR) o tasa de retorno de la inversión es el tipo de descuento para el cual el valor actual neto de la inversión es nulo.

$$V = A - S_0 N \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_j}{(1+k)^j} \right) = 0$$

$$\begin{aligned}
 VAN = -40999,57 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + i) * (1 + 0,04)} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + i)^2 * (1 + 0,04)^2} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + i)^3 * (1 + 0,04)^3} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + i)^4 * (1 + 0,04)^4} \\
 &+ \frac{(1.100.207,18 - 1.072.572 + 8.199,91)}{(1 + i)^5 * (1 + 0,04)^5} = 0
 \end{aligned}$$

Mediante una interpolación lineal de los valores de i , cuando se hace el VAN cero, se obtiene que la TIR del proyecto es del 76,1%.

El concepto de cash flow o flujo de tesorería lleva implícito una dimensión temporal y se refiere a la variación de la tesorería durante un determinado período de tiempo. Es decir que son igual a las entradas de tesorería menos las salidas de tesorería.

Entonces a los ingresos obtenidos se le restan los gastos y se obtiene un cash flow de:

	Cash flow
Año 1	-13.372,49 €
Año 2	27.633,83 €
Año 3	27.633,83 €
Año 4	27.633,83 €
Año 5	27.633,83 €

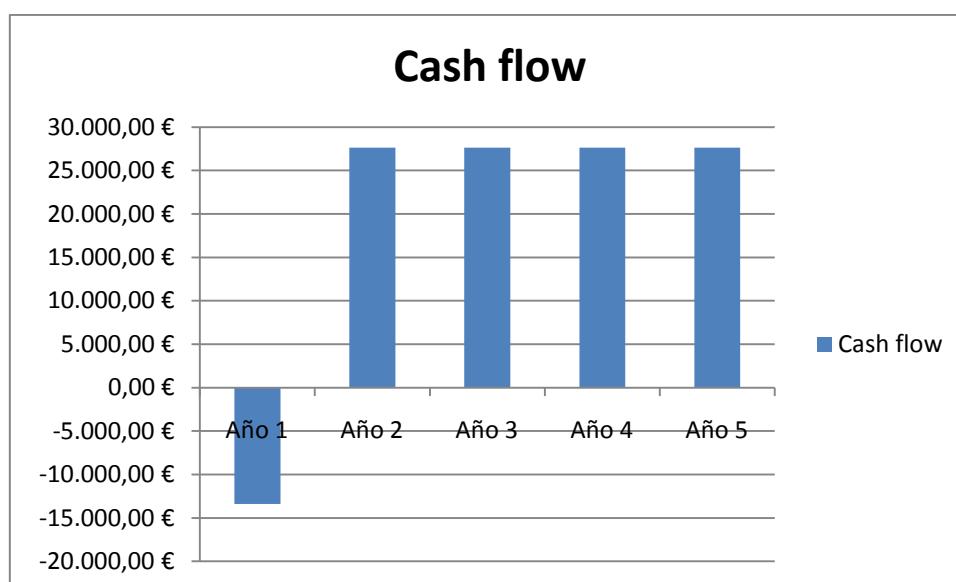
5.8. Justificación del proyecto

Invertiremos siempre que el valor actual neto de la inversión en cuestión sea positivo, que la TIR sea mayor que la tasa de interés y que exista un cash flow positivo. En un proceso de selección de inversiones, elegiremos aquella cuyo valor actual neto sea mayor.

Tal y como se ha calculado en el apartado anterior se obtiene un VAN positivo de 94.008,09€ lo cual es un buen resultado.

Además se obtiene una TIR de 76,1%, que es mayor que la tasa de interés que es del 6%.

Y por último, aunque se obtiene un cash flow negativo el primer año, debido a la inversión inicial, durante los siguientes 4 años que dura el proyecto es positivo recuperando lo perdido el primer año, tal y como se observa en la siguiente tabla:



6. Bibliografía

SALUEÑA BERNA, Xavier; NÁPOLES ALBERRO, Amelia. *Tecnología mecánica*. Edicions UPC, 2000

A. L. CASILLAS. *Máquinas cálculos de taller*. Ediciones <<MÁQUINAS>>

NAVARRO ELOLA, Luis; GONZÁLEZ MENORCA, Leonor; PASTOR TEJEDOR, Ana Clara. *La empresa, economía y dirección*. Mira ediciones S.A.

BOP de Zaragoza, miércoles 27 de enero de 2010

Apuntes de las asignaturas “Oficina técnica”, “Tecnología mecánica”, “Dibujo II”, “Planificación y gestión de la producción”.

Páginas web:

<http://www.otia.com.ar>

<http://www.comvensa.es>

<http://www.herramientasprofesionales.com>

<http://www.otabarri.com>

<http://www.suminox.com/>

<http://www.arsenal-hispanica.com>

<http://www.felair.es>

<http://www.manutan.es>

<http://www.almacendirecto.com>

<http://www.maquinariamadrid.com>

<http://www.klueber-lubrication.com/>

<http://es.rs-online.com/web/home.html>

<http://www.cromwell.co.uk/>

<http://www.bearingstation.co.uk/>

<http://casadofc.com/taladrinas.htm>

<http://www.europages.es/>