

Universidad de **Cádiz**

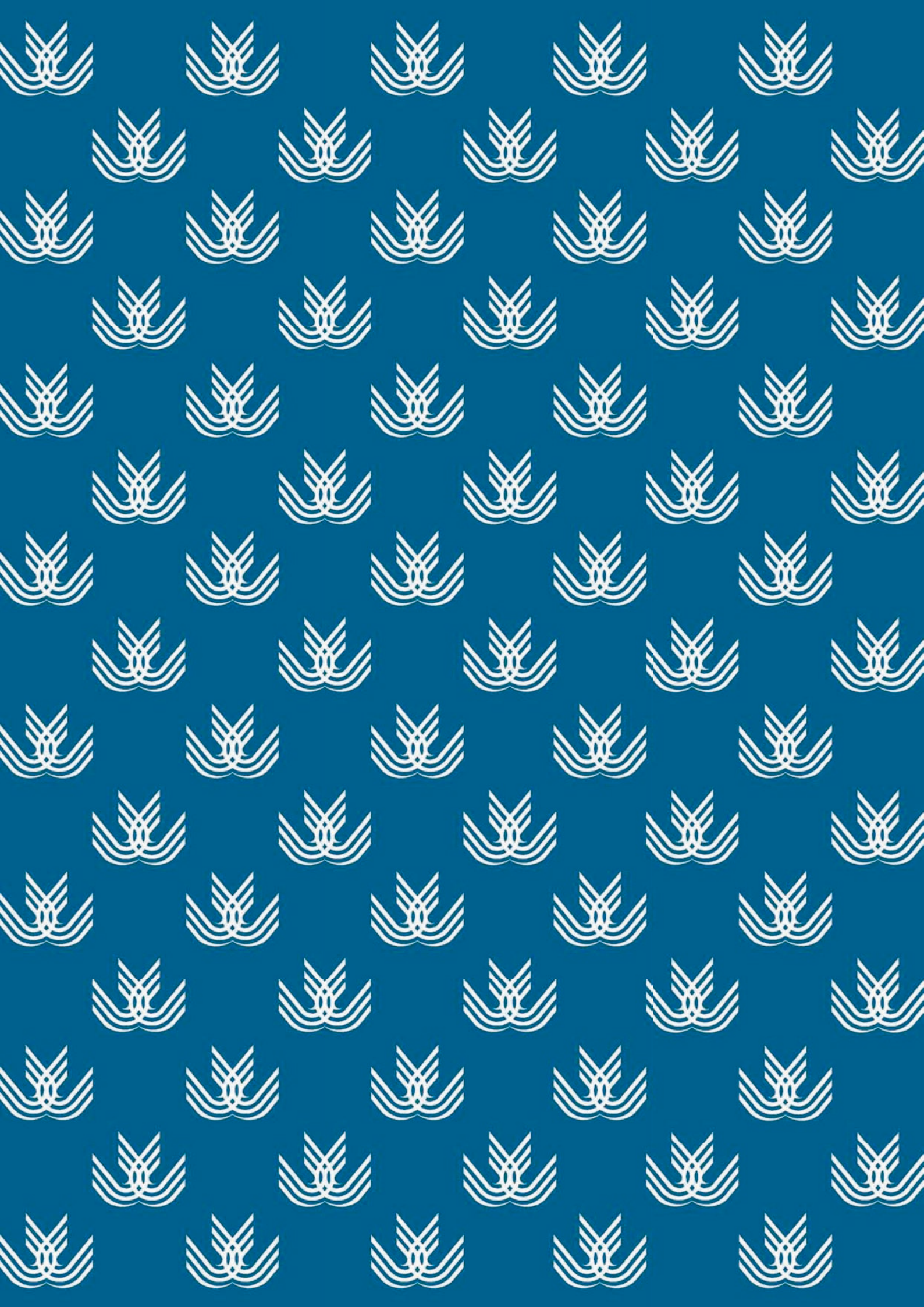
Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**Mecanizado de un componente de transmisión**

Juan Manuel CALVARIO HEREDERO



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**  
Titulación: **I. T. NAVAL**  
Fecha: **Julio 2007**



## **INDICE GENERAL**

### *ALCANCE DEL PROYECTO*

#### **I INTRODUCCION**

#### **II PORQUÉ DE LA ELECCION DE ESTE PROYECTO**

#### **III DESCRIPCION DEL PROCESO COMPLETO DE FABRICACION DE LA PIEZA**

Páginas 1-7

### *MEMORIA DESCRIPTIVA*

#### **1 ESTUDIO DE LA PIEZA A MECANIZAR**

1.1 MATERIAL DESIGNADO PARA LA FABRICACION DE LA PIEZA

1.2 GEOMETRIA DE LA PIEZA A MECANIZAR

1.3 CALIDAD SUPERFICIAL

Páginas 8-11

#### **2 ANALISIS PARAMETROS DE MECANIZADO**

2.1 GIRO Y VELOCIDAD DE CORTE

2.2 AVANCE DE LA HERRAMIENTA

2.3 PROFUNDIDAD DE CORTE.

2.4 ENERGIA ESPECÍFICA DE CORTE Y POTENCIA DE CORTE.

Páginas 12-16

#### **3 ANALISIS Y CONTROL DE LA VIRUTA**

3.1 FORMACION Y ESPESOR DE LA VIRUTA

3.2 EVACUACION DE LA VIRUTA

Páginas 17-19

#### **4 ESTUDIO DEL CALOR GENERADO**

4.1 GENERACION DE CALOR DURANTE EL MECANIZADO

4.2 DISIPACION DE CALOR MEDIANTE FLUIDO DE CORTE

4.3 CARACTERISTICAS DEL FLUIDO DE CORTE

4.4 REUTILIZACION DEL FLUIDO DE CORTE

4.5 ALMACENAJE MANTENIMIENTO Y DESECHO DEL FLUIDO

Páginas 20-23

## **5 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS**

### 5.1 VARIABLES PARA LA SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA

- 5.1.1 DISEÑO DE LA PIEZA Y SUS LIMITACIONES
- 5.1.2 TIPO DE OPERACIÓN A REALIZAR
- 5.1.3 CONDICIONES DE MECANIZADO Y ESTABILIDAD
- 5.1.4 CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA
- 5.1.5 MATERIAL DE LA PIEZA A TRABAJAR
- 5.1.6 PRODUCCION Y ECONOMIA
- 5.1.7 PROGRAMA E INVENTARIO DE HERRAMIENTAS

### 5.2 SECUENCIA DE SELECCIÓN

- 5.2.1 METODO DE SUJECCION DE LA PLAQUITA
- 5.2.2 TIPO Y TAMAÑO DEL PORTAPLAQUITAS Y FORMA DE PLAQUITA
- 5.2.3 GEOMETRIA DE CORTE Y CALIDAD DE METAL DURO.
- 5.2.4 TAMAÑO DE LA PLAQUITA
- 5.2.5 RADIO DE PUNTA DE LA PLAQUITA
- 5.2.6 DATOS DE CORTE

### 5.3 DENOMINACION DE HERRAMIENTAS

### 5.4 HERRAMIENTAS SELECCIONADAS EN ESTE PROYECTO

Páginas 24-35

## **6 ECONOMIA DEL MECANIZADO**

### 6.1 VIDA DE HERRAMIENTA ECONOMICA.

- 6.1.1 INDICADORES DEL DESGASTE DE LA HERRAMIENTA

### 6.2 DATOS DE CORTE

Páginas 37-42

## **7 EL PROGRAMA DE MECANIZADO**

### 7.1 FASES DE PROGRAMACION

### 7.2 DEFINICION DEL PROCESO

### 7.3 ESTRUCTURA GENERAL DEL PROGRAMA CNC

### 7.4 LENGUAJE DE PROGRAMACION ISO

- 7.4.1 TIPOS DE FUNCIONES

### 7.5 PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO

### 7.6 EJECUCION DEL PROGRAMA

### 7.7 PROGRAMA MECANIZADO DE COMPONENTE DE TRANSMISION

- 7.7.1 PROGRAMA PIEZA
- 7.7.2 FUNCIONES ESPECIALES USADAS EN EL PROGRAMA
- 7.7.3 ESQUEMA DESPLAZAMIENTO DE HERRAMIENTAS
- 7.7.4 ESTUDIO TIEMPO DE CICLO ESTIMADO DEL MECANIZADO

Páginas 43-61

## *PRESUPUESTOS*

### **ANALISIS DE COSTE DE LA OPERACIÓN DE MECANIZADO**

#### *ANEXOS*

##### **I ESQUEMA DE UNA TRANSMISION**

##### **II SECUENCIA DE OPERACIONES**

##### **III ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL**

*EVALUACION DE RIESGOS*

*ESTUDIO METABOLICO DEL PUESTO DE TRABAJO*

*PRACTICA SEGURA DE TRABAJO*

##### **IV CONCEPTOS TEORICOS Y DEFINICIONES**

##### **V ESPECIFICACIONES TECNICAS DE HERRAMIENTAS**

##### **VI DATOS DE PARTIDA**

##### **VII MEDIO AMBIENTE**

#### *PLANOS*

##### **I DISPOSICION DE MAQUINAS**

##### **II MOVIMIENTO DE MATERIALES**

##### **III HOJA DE PROCESO**

##### **IV PLANO DE FORJA**

##### **V PLANO DISTRIBUCION DE HERRAMIENTAS**

#### *NORMAS Y REFERENCIAS*

##### **I BIBLIOGRAFIA**

##### **II DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

*ALCANCE*

*DEL*

*PROYECTO*

## **I Introducción**

Mediante este proyecto de fin de carrera se pretende exponer la secuencia de pasos a ejecutar a la hora de realizar el mecanizado de una pieza de acero, centrándose en el proceso de torneado. El objetivo final es realizar esta operación de la forma más eficiente y económicamente posible.

Lógicamente, a la hora de enfrentarse a un proyecto de este tipo hay que tener en cuenta todas las consideraciones teóricas que afectan al proceso en sí: características del material, parámetros significativos, equipos,...; estas quedan documentadas a modo de consulta (ver anexo IV: conceptos teóricos y definiciones).

Sin embargo no es el objetivo de este proyecto el centrarse en la teoría del mecanizado sino, muy al contrario, en la parte práctica de ejecución. Así, el proyecto se centrará en la toma de decisiones por parte del ingeniero a partir de:

- Un plano de producto, incluyendo todas las especificaciones de la pieza
- Una máquina existente, dentro de una línea de fabricación
- Unas exigencias de volumen de fabricación que condicionan tiempo de ciclo
- Una exigencias de coste de fabricación que garanticen viabilidad económica

Con esos datos de partida, ampliados en el anexo VI, en el proyecto se determinarán:

- Parámetros necesarios para mecanizado: velocidad de corte, revoluciones, esfuerzo del motor, potencia,...
- Herramientas de corte a utilizar, desde punto de vista dimensional y económico
- Tratamiento de la viruta, analizando su formación, espesor, rotura y evacuación
- Lubricación de herramientas, evaluando calor generado y formas de disiparlo
- Programa de mecanizado, sobre la base de una máquina de control numérico
- Costes de mecanizado resultantes por pieza en base a las decisiones tomadas y las inversiones a realizar.

Si bien se ha tomado como ejemplo una pieza perteneciente a la transmisión de un automóvil estos datos se pueden considerar extensibles a múltiples componentes de acero de cualquier tipo de industria, incluida por supuesto la naval.

El componente que se toma como base del estudio se denomina copa, aunque también se puede encontrar con la denominación de tulipa o housing. Dicha pieza forma parte de la transmisión del vehículo, siendo concretamente la parte de la misma que va alojada en la caja de cambio. La misión final del conjunto es la de transmitir el par de salida de la caja de cambios a la rueda (ver anexo I: esquema de una transmisión).

Se ha de tener en cuenta que el volumen de fabricación de esta pieza será alto, por lo que la pieza se fabricará en una máquina destinada a tal fin y que estará dentro de una célula de fabricación en la que sufrirá procesos posteriores al torneado. Los datos concernientes a la célula de fabricación serán vistos en detalle con posterioridad.



## **II Porqué de la elección de este proyecto.**

Dentro del mundo laboral en el que, desde hace ya unos años, nos toca movernos desgraciadamente el ingeniero técnico naval tan sólo en un bajo porcentaje de casos consigue trabajar en cuestiones específicas relacionadas con la carrera para la que se ha preparado; estos es, dentro de la industria naval.

Bien es cierto que, a mi modo de ver, las carreras técnicas tienen puntos clave comunes lo cual hace que el Ingeniero Técnico Naval este capacitado para desarrollar trabajos en otros sectores que nada tengan que ver con su especialidad, pero para los que considero está debidamente cualificado.

Dicho esto, sirva de base acreditativa mi propia experiencia personal. Son ya 16 los años trabajando en la empresa Delphi, sita en Puerto Real y destinada a fabricación de componentes del automóvil, 6 de los cuales como ingeniero de fabricación.

Es esta experiencia personal la que me ha llevado a realizar este proyecto tan inusual con la esperanza de que, de alguna manera, pueda ayudar a quien lo consulte a comprender medianamente como se desarrolla un proceso de fabricación en una empresa real y, paralelamente, abrir la puerta de nuestra carrera a sectores de cualquier ámbito, por supuesto incluido el naval.

Elijo para este estudio específicamente la operación de mecanizado por su gran versatilidad. Son múltiples tanto los factores que intervienen como las posibles soluciones técnicas que hoy se dan en el mercado, amén de las infinitas aplicaciones.

Y, por su puesto, la elección de este proyecto tiene una doble componente personal combinando un mundo que me apasiona con la posibilidad de plasmar en un documento mis conocimientos en esta materia que uso de forma cotidiana en mi vida laboral, confiando en que puedan ser útiles a quien consulte este trabajo.

### **III Descripción del proceso completo de fabricación de la pieza**

Aunque como se citó anteriormente este proyecto se va a centrar en la operación de torneado creo que sí que merece la pena describir el resto del proceso productivo de la pieza para así comprender mejor la filosofía de trabajo descrita.

Se partirá para la ejecución de este proyecto, al igual que ocurre en múltiples campos de la ingeniería, de que el ingeniero encargado del proyecto de fabricación, ingeniero de fabricación a partir de ahora, estará sujeto a las condiciones que le vienen impuestas por su cliente, ya sea este directamente el cliente final o el encargado del diseño del producto.

Aclarando algo más el punto anterior: ¿en qué instante del proyecto global entra en acción el ingeniero de fabricación y cuál es su misión? Se mostrará a continuación una pequeña guía al respecto:

1. El punto de partida del proyecto se da cuando se recibe un plano de fabricación, junto con unos requisitos de precio, calidad y volúmenes de fabricación. En ese momento el **ingeniero responsable del proyecto** deberá estudiar todos los factores involucrados en la fabricación de la pieza en sí para definir el proceso de fabricación, es decir, la secuencia de operaciones a llevar a cabo para convertir la materia prima inicial en el producto diseñado en el plano. Esta decisión viene dada, en su mayor parte, por la experiencia del equipo que la realiza y el conocimiento adquirido por similitud con piezas parecidas (ver anexo II de secuencia de operaciones).
2. Dada la secuencia de operaciones, esta determinará el número y características de las máquinas que integrarán la célula de fabricación en la que se hará esta pieza. Será el **ingeniero responsable de la compra de equipos** el que diseñe y determine las especificaciones de las máquinas, teniendo como objetivo

satisfacer las necesidades del cliente, tanto de calidad como de volumen, de la forma más rentable posible. Un factor muy importante a la hora de decidir deberá ser el volumen de fabricación requerido que determinará la mínima capacidad instalada y condicionará el número de máquinas por cada operación.

3. Una vez definido lo anterior, y partiendo del plano de producto con los requerimientos del cliente , será el **ingeniero de proceso** el que habrá de realizar las hojas de proceso u hojas de taller correspondientes, en las cuales se deberá especificar de forma clara y secuenciada las operaciones anteriormente definidas, junto con un croquis de la pieza en la que se describan de igual forma las tolerancias de trabajo permitidas; suele ser habitual describir también en estas hojas de proceso los medios necesarios para medir-controlar el cumplimiento dimensional de la pieza en cuestión (ver plano III: hoja de proceso)
4. Finalmente y siempre atendiendo a reducir el costo de fabricación del producto final, será el **ingeniero industrial del área** quien habrá de estudiar la disposición de las maquinas para que, de esta forma, definir el numero de personas que tendrán que trabajar en ella de la manera más eficiente (ver plano I: disposición de maquinas). Especial relevancia adquieren los estándares de ergonomía y seguridad que establecen la ley 31/95 sobre prevención de riesgos laborales. Así mismo, otro aspecto importante a tener en cuenta será el movimiento de materiales entre operaciones, si se hará de forma continua o habrá que prever espacios para los buffer intermedios de piezas en cada operación, definiendo en definitiva cual será el recorrido de las piezas desde su entrada en la célula hasta su salida como producto terminado (ver plano II: movimiento materiales).

Es en este instante, con la célula de fabricación instalada y unas hojas de proceso definidas, cuando entrará en acción el **ingeniero de fabricación** con la misión de utillar y programar cada una de las máquinas suministradas para que cumpla con los requisitos específicos de la operación y con el tiempo de ciclo que permita alcanzar la capacidad deseada.

Lógicamente, en función de la envergadura del proyecto y de las dimensiones de la empresa una o varias de las funciones descritas con anterioridad pueden ser asumidas por la misma persona. El objeto de distinguirlas en la enumeración anterior entra más en el ámbito de clarificar las atribuciones del proyecto que se relata.

Por tanto y, atendiendo como se dijo anteriormente a la hoja de proceso, podemos ver la siguiente secuencia de operaciones:

- 1ª operación: operación de torneado del vástago de la pieza, operación que sirve de eje central de este proyecto. Esta operación se llevará a cabo en un torno de control numérico con carga y descarga manual, y amarre entre puntos, para ello la primera operación que se realiza dentro de la maquina será el taladro de centrado para la localización del contrapunto, una vez hecho este el resto de la pieza se tornea entre puntos, lo cual asegura una gran concetricidad de la pieza respecto a su eje de giro.
- 2ª operación: operación de laminado en la que, mediante presión y sin arranque de viruta, se fuerza a la pieza a pasar entre unos rodillos que mediante laminación produce un dentado en el diámetro superior de la pieza. Este dentado será el que, en su vida funcional, sirva como engrane para la transmisión del par motor a la rueda.
- 3ª operación: proceso de lavado para eliminar los restos de aceite de la operación anterior

- 4ª operación: operación de temple por inducción en la que se endurece la zona externa de su vástago
- 5ª operación: operación de revenido, en la que se eliminarán las tensiones propias de un proceso de templado.
- 6ª operación: proceso de rectificado del vástago de la pieza en la que se consigue una gran precisión de los diámetros importantes así como una mejora de la calidad superficial.
- 7ª operación: operación de pulido para eliminar las crestas propias del rectificado y con objeto de obtener una superficie de gran acabado superficial
- 8ª operación: operación de lavado final con productos antioxidantes para mantener la pieza almacenada en espera de pasar a la operación de ensamblado.

A partir de ahora nos centraremos en la primera operación, objeto de este proyecto.

*MEMORIA*

*DESCRIPTIVA*

## **1 ESTUDIO DE LA PIEZA A MECANIZAR**

En este apartado se verán las características físicas y geométricas de la pieza a fabricar, estas características condicionarán posteriormente determinados parámetros a la hora del mecanizado, como son velocidades de corte, avances, profundidades de corte, así como las posibles alternativas a la hora de seleccionar las herramientas que intervendrán en la operación de mecanizado.

### **1.1 MATERIAL DESIGNADO PARA LA FABRICACION DE LA PIEZA**

El material designado en la etapa de diseño para la fabricación de la pieza es un acero F-115 según norma UNE- 36010, el cual se trata de un acero al carbono de gran tenacidad, apropiado para el proceso de temple por inducción, y que después de este y tras el consiguiente revenido alcanza valores de dureza de entorno a 60 Rockwell C.

Este material lo podemos encontrar en otras normativas con las siguientes especificaciones:

UNE	DIN	EUROPA-EN	UNI	AFNOR
F-1150	C-55	C-55E	C-55	CX-54

Su composición química en porcentaje es la siguiente según tablas de aceras:

- Carbono 0,50/0,60
- Manganeso 0,60/0,90
- Silicio 0,15/0,40
- Fósforo 0,035 máximo
- Azufre 0,02/0,035
- Cromo 0,40 máximo
- Molibdeno 0,10 máximo
- Níquel 0,40 máximo

Esta pieza, debido a sus características geométricas, se recibe ya preformada mediante un proceso de forja en caliente por lo que no requiere desbastes previos, como ocurriría en el caso de partir de un acero de barra. El plano de la pieza tal y como será suministrado por el proveedor se puede consultar en el plano IV correspondiente al plano de pieza de forja.

Este acero por sus características constitutivas posee una gran maquinabilidad antes de ser tratado térmicamente, lo cual facilitará en gran forma el proceso de arranque de viruta.

Las propiedades físicas de este acero son las siguientes:

LIMITE DE ROTURA Kg/mm <sup>2</sup>	LIMITE DE FLUENCIA Kg/mm <sup>2</sup>	ALARGAMIENTO %	ESTRICCIÓN %	Nº DE DUREZA BRINELL
72	42	18	41	201

Este material deberá ser suministrado por el proveedor en contenedores metálicos, los cuales deberán tener un tamaño adecuado, con idea de que después puedan ser introducidos con medios de transporte ligeros, carretillas y transpaletas, en la célula de fabricación de la pieza, sin tener que hacer costosos trasiegos de material a otros contenedores mas livianos .Todo esto deberá ser concensuado con el departamento de ingeniería industrial y métodos de trabajo.

Se deberá disponer de un sistema de almacenamiento de materia bruta, que permita tener controlado y minimizado el stock de piezas en espera, y reducir por tanto el costo de almacenaje .Usando la filosofía “FIFO”, (por sus siglas en ingles, first in first out) el primero que entra es el primero que sale, con idea de evitar oxidación en las piezas almacenadas.



## **1.2 GEOMETRIA DE LA PIEZA A MECANIZAR**

Un factor importante a la hora de tener en cuenta la geometría de la pieza será el amarre de esta en la maquina en cuestión , dado que se trata de una pieza que se va a obtener en rotación y provista de varios diámetros ,los cuales tendrán un requisito de concentricidad entre ellos , el mejor agarre de la pieza ,será el amarre entre puntos ,esto nos garantizará una gran concentricidad entre diámetros y una buena robustez , cuestión muy importante a la hora de evitar vibraciones que repercutan negativamente en el acabado de la pieza .Para ello la pieza deberá estar prevista de unos taladros de centrado cónicos donde se localizaran los consiguientes puntos de centrado de la maquina .

Muy importante durante la fase de estudio de la geometría de la pieza, será tener en cuenta los radios de transición entre los diferentes diámetro, ya que estos nos definirán los radios máximos del filo de la herramienta a utilizar en el mecanizado, las cuales serán definidas a posteriori.

Habrá que tener en cuenta las características geométricas de la materia prima ,en este caso como se comentó anteriormente se trata de una pieza que se compra a la acería ya preformada mediante un proceso de forja en caliente ,por lo que las creces o material sobrante de la operación de mecanizado deberán estar minimizadas con idea de economizar, tanto en el coste de la materia prima como en el propio coste de la operación de mecanizado .Esta tarea deberá se hecha por el ingeniero responsable del diseño, en conjunción con la propia acería, para tener en cuenta las limitaciones constructivas y tolerancias geométricas, de su proceso de forja .

(Ver apartado de planos: IV plano pieza de forja).

### 1.3 CALIDAD SUPERFICIAL

La calidad superficial en el mecanizado es el resultado de las irregularidades que surgen en la deformación plástica del metal producida por la propia operación.

La operación de mecanizado, conllevará varias demandas de la pieza a producir, una de ellas será la calidad superficial.

El parámetro principal que usaremos para definir esta calidad superficial, será la rugosidad media Ra, por ser este el parámetro mayormente usado en la industria mecánica mundial.

Para conocer de forma teórica el valor de rugosidad esperado de la pieza torneada con una herramienta de punta redondeada se usará la formula desarrollada por Boothroyd y Knight, estos autores modelaron el valor promedio de la rugosidad superficial ideal por medio de la ecuación:

$$R_a = \frac{f^2}{32 r}$$

Donde:

$f$ : es el valor del avance en mm por revolución.

$r$ : es el valor del radio de la herramienta en mm.

Usando como base esta formula, se ha calculado en la siguiente tabla, el valor teórico de rugosidad para cada una de las herramientas usadas en el mecanizado de la pieza, las cuales se verán a fondo en el apartado de herramientas.

OPERACIÓN	AVANCE (mm/rev)		RADIO (mm)	Ra (micras)	Rmax (micras)
Desbastado	0,25	0,4	1,2	6	24
Acabado	0,15	0,3	1,2	3,375	13,5
Refrentado	0,1	0,15	0,8	0,5625	2,25

## **2 ANALISIS PARAMETROS DE MECANIZADO**

En este apartado se verán cuales son los parámetros sobre los que se actuará para poder optimizar las condiciones de corte de nuestra pieza, son estos los que influirán en que el resultado final, o sea la pieza producida, sea lo mas económica posible.

Las condiciones elegidas para el mecanizado de nuestra pieza y que después se verán en el apartado del programa pieza, están basadas en los datos teóricos citados en el apartado de anexos en el correspondiente a conceptos teóricos y definiciones.

### **2.1 GIRO Y VELOCIDAD DE CORTE**

La velocidad de corte, como es sabido, es la velocidad superficial a la cual la herramienta se desplaza a lo largo de la pieza en metros por minuto. En la operación de torneado a una velocidad de giro fija, la velocidad de corte variará con el diámetro de la pieza a mecanizar .Un diámetro mayor significa que hay que dar mas pasadas de corte por minuto y la herramienta tendrá que ir a una mayor velocidad .La maquina destinada al mecanizado de nuestra pieza ,al tratarse de un torno CNC, la velocidad de corte se puede mantener constante cuando es requerido ,durante toda la operación, debido a que la velocidad de giro ,variará en línea con la variación del diámetro .Es decir el propio control de la maquina en función de la velocidad de corte que se le programe y del diámetro actual de la pieza ,modificará la velocidad de giro del cabezal.

Para el cálculo teórico de la velocidad de corte utilizaremos la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

Donde:

- $D$ : vendrá dado en mm
- $N$ : en revoluciones por minuto

Y el resultado se obtiene en m/min

La velocidad de corte que se ha seleccionado para la operación de mecanizado, la cual se muestra en la siguiente tabla, se ha definido usando entre otros los criterios de: tiempo de ciclo requerido, vida útil de la herramienta y por supuesto las especificaciones del fabricante de herramientas.

OPERACIÓN	VELOCIDAD CORTE (m/min)
Desbastado	120
Acabado	250
Refrentado	250

La velocidad que se ha seleccionado para el desbaste es en principio una velocidad baja, pero esto es debido a que esta herramienta se tiene que enfrentar con la capa exterior de la pieza forjada, la cual suele presentar una serie de microdurezas, las cuales son muy agresivas con las herramientas, por lo que conviene que esto se produzca a una velocidad menor con idea de proteger la herramienta.

Posteriormente en la pasada de acabado se ha elegido una velocidad mayor, ya que por un lado la capa externa ya habrá desaparecido y por otro lado esta pasada será de menor profundidad.

Por ultimo para el refrentado, por ser poco el material a eliminar se ha elegido, como punto de partida una velocidad más alta.

Estas velocidades ,servirán de punto de partida del proyecto ,las cuales podrán ser modificadas una vez este se haya puesto en marcha ,en función de mejoras del proceso de mecanizado o en función también, lo cual suele ser frecuente ,de mejoras e innovaciones hechas por los fabricantes de herramientas que permitan incrementar el régimen de arranque de viruta.

## 2.2 AVANCE DE LA HERRAMIENTA

Este es un valor clave para determinar la calidad de la superficie a mecanizar y para asegurar que la formación de la viruta está dentro del campo de la geometría de corte.

Por tanto este valor determinará el espesor de la viruta y también en conjunción con la profundidad de pasada, la proporción de rotura de la misma.

Un mayor avance conducirá lógicamente a una vida más corta de la herramienta para una velocidad de corte determinada, pero por otro lado conducirá a un mecanizado más rápido y regímenes de arranque de viruta mas elevados.

Aunque su definición también pueda ser por unidad de tiempo (mm/seg), la que se usará en este proyecto será en milímetros por revolución de la pieza a mecanizar (mm/rev), que es el parámetro mas usado en la industria del mecanizado.

El avance que se ha definido para el mecanizado de nuestra pieza, variará entre otras cosas en cada pasada, en función de lo crítico de la geometría que se esté mecanizando, esto es aumentando en las zonas rectas y disminuyendo en los chaflanes y radios.

En la siguiente tabla se muestran esta gama de avances seleccionadas para cada herramienta.

OPERACIÓN	AVANCE (mm/rev)	
Desbastado	0,25	0,4
Acabado	0,15	0,3
Refrentado	0,15	

En la pasada de desbaste se ha definido un alto avance debido a que no importa realmente la calidad superficial resultante en esta pasada, y con idea de que haya una buena rotura de la viruta.

Posteriormente para la pasada de acabado se ha elegido un avance menor, para obtener una calidad superficial acorde con las especificaciones de la pieza.

### **2.3 PROFUNDIDAD DE CORTE.**

La profundidad de corte y el ángulo de posición determinarán la longitud o ancho de la viruta, es decir la longitud de la arista de corte la cual esta en contacto con la pieza.

Este junto con los parámetros anteriormente descritos de avance y velocidad de corte, nos definirá el régimen o tasa de arranque de viruta por unidad de tiempo, lo cual será sumamente importante a la hora de que el proceso definido sea los mas eficiente y económico posible.

A continuación se expone la profundidad seleccionada para cada pasada de corte , así como el ángulo de posición de la herramienta ,bien es cierto que al igual que se dijo para los parámetros vistos anteriormente ,las posibilidades son muchas y que estos parámetros valdrán como punto de partida siendo siempre susceptibles de mejora.

OPERACIÓN	ANGULO DE POSICIÓN (grados)	PROFUNDIDAD DE CORTE (mm)
Desbastado	95	1,5
Acabado	93	0,8
Refrentado	75	0,5

El equilibrio entre la pasada de desbaste y la de acabado es critico, y depende entre otras cuestiones del tipo de rompevirutas que tenga la herramienta seleccionada, ya que para que este rompevirutas pueda realizar su función necesita una profundidad de corte mínima, es por ello por lo que para la pasada de desbaste se ha seleccionado una profundidad de corte que es casi el doble de la de acabado.

Esta información la podemos obtener de los manuales técnicos de los suministradores de las herramientas de corte.

## 2.4 ENERGIA ESPECÍFICA DE CORTE Y POTENCIA DE CORTE.

La energía específica de corte puede variar considerablemente para un material dado y es afectada por cambios en la velocidad de corte ,el avance ,inclinación de la herramienta ,etc .Por tanto ,para una inclinación de la herramienta a velocidades de corte altas y avances grandes ,la energía específica de corte tiende a permanecer constante .

Este valor constante puede ser útil para determinar las fuerzas requeridas para cortar un material dado en velocidades y avances grandes.

Con el fin de determinar la potencia necesaria en la maquina, se expone a continuación el calculo de la potencia de corte de nuestra operación.

La potencia de corte especificada en Kw viene dada por la expresión:

$$P = \frac{V_c \cdot K_c \cdot fn \cdot a_p \cdot \text{sen } kre}{60 \cdot 1000} (Kw)$$

Donde:

- $V_c$ : velocidad de corte en m/min
- $K_c$ : fuerza específica de corte en  $N/mm^2$
- $fn$ : avance de la herramienta en mm/revolución
- $a_p$ : profundidad de corte en mm
- $kre$ : es el ángulo de posicionamiento de la herramienta

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la potencia de corte para cada una de las herramientas de corte empleadas durante el torneado de la pieza de este proyecto.

Operación	Angulo posición	Revoluciones	Velocidad	Avance		Profundidad corte	Potencia corte (Kw)
Desbastado	95	1500	120	0,25	0,4	1,5	2,989
Acabado	93	Variable	250	0,15	0,3	0,8	2,497
Refrentado	75	3200	250	0,15		0,5	0,754

$K_c=2500$ (según tablas )

### **3 ANALISIS Y CONTROL DE LA VIRUTA**

El mecanizado es un proceso de formación de viruta y aunque el objetivo final es cortar el metal para obtener una determinada forma y tamaño, esto tiene que hacerse creando virutas definidas .

Asociado a esto se encuentran las operaciones para retirar el material eliminado durante el proceso de corte, de modo que se mantenga alejado del área de corte y evacue parte del calor generado durante el proceso.

Controlar la formación de la viruta es un requisito previo para cualquier operación, independiente del volumen de material arrancado.

Parte de esto es la predicción de las temperaturas y fuerzas, puesto que estas juegan un papel dominante en la calidad del proceso. Las temperaturas afectan al proceso en si mismo, y si son lo suficientemente altas, influirán de forma negativa en el material de la propia herramienta de corte.

Para ello se ha seleccionado un filo de corte que nos permita la posibilidad de controlar la viruta, en determinadas condiciones de mecanizado. El efecto del proceso en la vida de la herramienta y seguridad del filo, son factores importantes en la selección de la geometría de corte.

La forma de la viruta varía considerablemente según sea el material de la pieza, pero como se explicó anteriormente en el apartado de las características del acero utilizado, al ser este lo suficientemente tenaz, el proceso se asemejará a un flujo continuo de elementos en forma de lámina que se desprenden por cizallamiento.



### 3.1 FORMACION Y ESPESOR DE LA VIRUTA

La formación de viruta lógicamente está influenciada en gran manera por el material que vamos a mecanizar. Como se citó anteriormente el material sobre el que se trabajará se trata de un acero con un contenido medio en carbono, por lo que es de esperar una buena rotura de viruta.

Teniendo en cuenta que trabajaremos con un mecanizado oblicuo, la dirección de corte no es ortogonal, sino que va a formar un determinado ángulo respecto al filo principal. Esto cambiará considerablemente las condiciones geométricas y alterará la salida de la viruta. Es por ello que la forma esperada de la viruta sea la de coma o tipo helicoidal, y no en forma de muelle. Se debe esperar que en función de la profundidad de corte a la que estemos trabajando en cada momento, haya variaciones en la forma y espesor de la viruta, ya que una mayor profundidad conduce a una menor influencia del radio y una mayor influencia del ángulo de posición, lo que dará en la práctica como resultado una salida de viruta hacia fuera en forma de espiral.

Utilizando la fórmula descrita a continuación se ha realizado el cálculo estimativo del espesor medio de la viruta esperada durante el proceso de mecanizado.

$$h_m = f \cdot \sqrt{\frac{a_p}{2r}}$$

- Donde:
- $f$ : avance de la herramienta (mm/rev)
  - $a_p$ : profundidad de la pasada (mm)
  - $r$ : radio de la punta de la herramienta (mm)

OPERACIÓN	RADIO HTA.	AVANCE		PROFUNDIDAD CORTE	ESPESOR MEDIO (mm)
Desbastado	1,2	0,25	0,4	1,5	0,19-0,31
Acabado	1,2	0,15	0,3	0,8	0,08-0,17
Refrentado	0,8	0,15		0,5	0,08

### 3.2 EVACUACION DE LA VIRUTA

Como se decía anteriormente la operación que se va a llevar a cabo es un proceso de generación continua de virutas, las cuales deben ser posteriormente retiradas de modo que se mantenga alejadas del área de corte y evacue parte del calor generado por el proceso, no olvidemos que para arrancar dicha viruta se habrá de producir una deformación plástica, la cual generará una gran cantidad de calor. Es por ello que en la propia maquina se deberá instalar un sistema de extracción de virutas, capaz de retirar todo el volumen de estas producido durante el mecanizado. Para ello lo primero que debemos estimar, es la cantidad de viruta que generará el proceso.

Utilizando la siguiente formula, calcularemos en la tabla inferior la tasa de arranque de viruta por unidad de tiempo.

$$Q_z = V_c \cdot a_p \cdot f$$

Donde : -  $V_c$ : es la velocidad de corte (m/min)

-  $f$ : avance de la herramienta (mm/rev)

-  $a_p$ : profundidad de la pasada de corte (mm)

OPERACIÓN	VELOCIDAD	AVANCE		PROFUNDIDAD CORTE	ARRANQUE MATERIAL (cm <sup>3</sup> /min)
Desbastado	120	0,25	0,4	1,5	45-72
Acabado	250	0,15	0,3	0,8	30-60
Refrentado	250	0,15		0,5	20

El sistema de extracción de virutas a instalar, irá provisto de un conveyor o cadena extractora, con un sistema de arrastre de viruta la cual irá a descargar a un contenedor móvil en el exterior de la maquina. Este contenedor móvil deberá tener una capacidad como mínimo para albergar la viruta generada durante 24 horas de trabajo, para que de esta forma se produzca su retirada una sola vez al día, para así provocar el menor numero de paradas durante la producción.

## **4 ESTUDIO DEL CALOR GENERADO**

Durante la operación de mecanizado que se va a realizar debemos de tener en cuenta que se generaran temperaturas elevadas en la región del filo de la herramienta ,y estas temperaturas tendrán influencia sobre el desgaste de la herramienta y la fricción entre la viruta y la herramienta .

En este apartado veremos los datos concernientes a esta generación de calor y se justificará el uso de un fluido de corte, para disipar este calor generado.

### ***4.1 GENERACION DE CALOR DURANTE EL MECANIZADO***

Durante la operación de mecanizado de nuestra pieza debemos conocer que habrá una deformación elástica y otra plástica .Cuando el material a mecanizar se deforme elásticamente, la energía requerida para hacerlo será almacenada en el material como energía de deformación, y no se genera calor.

Sin embargo, cuando el material se deforme plásticamente, la mayor parte de la energía utilizada se convertirá en calor .En el mecanizado el material será sometido a grandes deformaciones, y la deformación elástica corresponderá a una pequeña parte de la deformación total; por lo que puede suponerse que toda la energía es convertida en calor. El calor generado será tenido en cuenta, ya que impactará negativamente, entre otros, en la vida de las herramientas implicadas en el proceso de corte, debilitando el filo.

### ***4.2 DISIPACION DE CALOR MEDIANTE FLUIDO DE CORTE.***

Con objeto de disipar este calor generado, se utilizará en este proceso de mecanizado, un sistema de aportación de fluido de corte, mediante el cual se aplicará este a la zona de formación de la viruta con el propósito de mejorar las condiciones de corte.

Este fluido de corte actuará principalmente de dos maneras, como refrigerante y como lubricante.

Con la aplicación de este refrigerante al proceso de corte se espera obtener estas ventajas:

- Un incremento en la vida de la herramienta por la reducción de la temperatura del filo, evitando el riesgo del filo de aportación.
- Manejo mas fácil de la pieza terminada, hay que recordar que la carga y descarga de piezas en la maquina es manual, por lo que de esta forma el operario encargado de esta tarea no deberá usar incómodos guantes anticalóricos.
- Reducción en la distorsión térmica debida a los gradientes de temperatura generados dentro de la pieza durante el mecanizado.
- Una mejor extracción de la viruta, al arrastrar el fluido refrigerante la viruta depositada en los sitios de difícil acceso.

### **4.3 CARACTERISTICAS DEL FLUIDO DE CORTE**

No es objeto de este proyecto, el imponer el uso de una determinada marca comercial, pero si que se especificará en este apartado los requisitos del tipo de fluido de corte a utilizar en esta operación.

Se utilizará una emulsión de taladrina en una proporción del 3-5% , esta proporción deberá ser controlada periódicamente ,para evitar oxidación en la maquina cuando esta sea baja, o evitar que por evaporación del agua esta emulsión se autoconcentre .

El refrigerante usado deberá conseguir primeramente una buena lubricación.

El líquido refrigerante no deberá producir desagradables efectos como olores o reacciones alérgicas tales como sequedad, picor de ojos o irritación de la piel.

Deberá ser capaz de soportar el trabajo dentro de equipos que trabajan a altas presiones, a veces con centrifugación sin producir espumas.

El liquido refrigerante no deberá disolver la pintura afectando a la de la maquina, tampoco deberá corroer las juntas de cierre o estanqueidad.

El líquido refrigerante nunca deberá ser causa de corrosión de la pieza a mecanizar.

El líquido refrigerante no deberá pegarse causando que virutas pequeñas y partículas dañen o marquen las piezas a mecanizar y hagan más difícil la limpieza del tanque.

La maquina por diversas causas puede sufrir en algún momento de la vida del proyecto, perdidas de aceite, por lo que es deseable que el liquido refrigerante pueda disolver este aceite sin perder propiedades.

#### **4.4 REUTILIZACION DEL FLUIDO DE CORTE**

La circulación del líquido refrigerante por reuso, requerirá mantenimiento continuo e inspección .Polución, micro-organismos y cambios en la concentración deberán ser continuamente controlados con el fin de mantener el refrigerante bajo control y aumentar su vida de servicio.

Se utilizará un sistema de filtraje para eliminar las partículas contaminantes del líquido refrigerante por medio de la sedimentación de partículas sin disolver utilizando la fuerza de la gravedad, controlando ya que la sedimentación lleva un periodo de tiempo, que el aumento de bacterias pueda crear un problema.

El líquido refrigerante deberá pasar siempre por un filtro antes de llegar a la bomba.

El sistema del fluido de corte deberá asegurar que se mantenga a una temperatura de trabajo entorno a los 20 grados centígrados, por lo que si las condiciones climáticas de la planta de fabricación no aseguran tener esta temperatura bajo control, se usaran intercambiadores de calor o enfriadores.

#### **4.5 ALMACENAJE MANTENIMIENTO Y DESECHO DEL FLUIDO**

El líquido refrigerante al estar basado en agua no deberá exponerse a temperaturas extremas en ningún caso, ya que las altas temperaturas pueden causar una evaporación del agua y por otro lado las temperaturas bajas pueden conducir a la separación de ciertos aditivos.

Los bidones de aceite emulsionable deberán almacenarse bajo techado de forma que no estén expuestos a la humedad, si esto no fuere posible, deberán colocarse de costado, ya que cuando estos se almacenen a la intemperie la diferencia de temperaturas causará que el agua recogida en la tapadera del bidón produzca condensación dentro del mismo.

Como se decía anteriormente el fluido de corte de agua soluble requerirá mantenimiento, con el fin de limitar el número de micro-organismos en el agua ya que estos acortan la vida del líquido de corte y podrán causar problemas de corrosión, atascando las líneas de suministro y válvulas además de producir un olor desagradable.

En el caso de que se lleguen a producir cúmulos de bacterias, un agente bactericida destructivo, conocido como biocidas, deberá ser agregado para la limpieza.

En cuanto al agua agregada no deberá ser demasiado dura ya que el fluido puede llegar a separarse, con el resultado de que una capa de aceite puede producirse en la superficie.

Por otro lado, habrá de controlarse que el agua no sea demasiado blanda y cause espuma.

Las emulsiones que se desechan, bajo ninguna circunstancia deben ser vertidos al sistema público de desechos. Estas deberán ser tratadas de tal forma que se separe el agua y el aceite, para ello, se utilizaran sulfatos de hierro, sales y en algunos casos ácidos fuertes. Si utilizamos ácidos el agua debe ser neutralizada antes de introducirla al sistema público.

En el anexo VII correspondiente al Medio ambiente, se incluyen los procedimientos relacionados al manejo y desecho de las taladrinas.

## **5 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS**

En este apartado se analizará el proyecto desde el punto de vista exclusivo de la herramienta, se expondrán primero los criterios empleados para la elección de las herramientas de este proyecto, así como la explicación del código ISO empleado para herramientas de corte, y posteriormente se definirán las herramientas seleccionadas que intervendrán en el proceso de mecanizado.

### ***5.1 VARIABLES PARA LA SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA***

La selección y la aplicación de las herramientas de torneado pueden llevarse a efecto mediante una serie de pasos lógicos basados en un número de factores relevantes que describen la pieza, la máquina y las operaciones concernientes. Equipado con un plano de la pieza, las especificaciones del material de la misma, la máquina herramienta así como la información necesaria de las herramientas de corte, puede seguirse una rutina de selección, aplicación y optimización del torneado.

#### ***5.1.1 DISEÑO DE LA PIEZA Y SUS LIMITACIONES***

Tanto las tolerancias como el acabado superficial requerido son determinantes para el camino a seguir en el establecimiento de las herramientas en orden a conseguir las distintas operaciones a realizar. Las direcciones de avance, profundidades de corte, paradas, etc, han de ser planificadas con detalle.

#### ***5.1.2 TIPO DE OPERACIÓN A REALIZAR***

Desbaste, semiacabado, acabado, refrentado, etc. Esto afectará al tipo de herramienta a seleccionar y a los datos de corte necesarios, también esto determinará el modelo de la plaqueta que se necesitará para cubrir las demandas del mecanizado.

### **5.1.3 CONDICIONES DE MECANIZADO Y ESTABILIDAD**

Son factores críticos para el resultado de cualquier operación de mecanizado en cuanto a la selección de las herramientas. Los cortes intermitentes establecen una demanda, tanto para el filo de corte como para el sistema de amarre que debe tener el portaplaquitas y requieren una consideración especial en cuanto a la geometría de corte y calidad de la plaquita. Si hubiera tendencia a las vibraciones, estas se evitarán seleccionando el tamaño de mango adecuado, el voladizo, amarre de la pieza y el propio amarre de la herramienta.

### **5.1.4 CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA.**

Las máquinas herramientas varían considerablemente en diseño tamaño, potencia y posibilidades operativas. A veces los tornos CNC tienen potencia y recursos limitados y solo pueden realizar ciertas operaciones de corte, eliminando la posibilidad del uso de ciertos tipos de herramientas, deberán analizarse los planos de torreta junto con su sistema de sujeción de herramientas para establecer el tamaño de las mismas así como el tipo y número que pueden ser empleadas.

### **5.1.5 MATERIAL DE LA PIEZA A TRABAJAR**

El acero al carbono, acero inoxidable y la fundición, representan los principales grupos de materiales de viruta larga y viruta corta, por tanto forman la base para seleccionar los tipos de herramientas necesarios.

Es importante conocer las características del material a mecanizar así como su comportamiento a la hora del mecanizado, para de esta forma hacer una selección de herramienta adecuada, acorde con las especificaciones del fabricante de herramienta.

Normalmente este problema está resuelto con la información que proporciona las tablas editadas por los fabricantes de herramientas, al respecto del uso de estas para cada material.



### **5.1.6 PRODUCCION Y ECONOMIA**

Son aspectos que determinan las bases importantes para las herramientas .El costo por pieza es el factor dominante en la mayoría de los tipos de producción, junto con el costo del filo de corte representan un pequeño porcentaje de costo total de fabricación ,el modo de fabricación ,duración del filo ,fiabilidad y la calidad son lo que mas cuenta en la selección y en el trabajo de aplicación .El tamaño del lote a fabricar y la frecuencia con que este se repite también afectan al proceso de selección .

### **5.1.7 PROGRAMA E INVENTARIO DE HERRAMIENTAS**

Puede proveer o limitar el juego de herramientas necesarias así como sus aplicaciones. Especialmente el numero de herramientas en existencia, que con el animo de mantener las mínimas posibles pueden afectar a la selección de las mismas .El suministrador de herramientas, tanto normalizadas como especiales, podrá apoyar con sus conocimientos técnicos la optimización de la operación.

## **5.2 SECUENCIA DE SELECCIÓN**

El proceso de selección y aplicación de la herramienta se hará mediante la siguiente secuencia.

### **5.2.1 METODO DE SUJECCION DE LA PLAQUITA**

Los sistemas de portaplaquitas están diseñados para garantizar el máximo rendimiento en diferentes tipos de operaciones .El principal método de mantener una plaquita sujeta de forma segura en un portaplaquitas es mediante el amarre con palanca la cual es accionada con un tornillo.La palanca tira de la plaquita ,la cual tiene un agujero y una forma básica negativa ,bascula dentro del asiento y con su movimiento hacia delante libera la plaquita .Otras variantes de este método son los de cuña o brida y cuña.

Otro método también importante es mediante un tornillo ,usado principalmente para plaquitas con una forma básica positiva. Este método está indicado para torneado

exterior de piezas pequeñas, operaciones ligeras y operaciones de torneado interior.

La selección del sistema de portaplaquitas está basada principalmente en el tipo de operación a realizar, la necesidad de que sea negativa o positiva la forma de la plaquita, la pieza y el tamaño de las herramientas así como las demandas operativas como datos de corte para desbaste semiacabado y acabado.

### ***5.2.2 TIPO Y TAMAÑO DEL PORTAPLAQUITAS Y FORMA DE PLAQUITA***

Existe una gran variedad de portaplaquitas, que proporcionan diferentes ángulos de posición versatilidad frente a la resistencia y posibilidades de formas de plaquitas. Las pasadas de corte necesarias serán establecidas, con los portaplaquitas, según las direcciones de los avances. Cilindrado, refrentado, copiado entrando y saliendo así como el copiado o perfilado completo, son los principales tipos de pasadas de corte. El ángulo de posición y el de la punta de la plaquita definen la herramienta para tornear.

El portaplaquitas será elegido lo mas grande posible con el fin de que garantice la máxima estabilidad, así como el mayor ángulo de punta factible para obtener también la máxima resistencia, garantizando naturalmente que tenga la versatilidad suficiente para que pueda trabajar en las diferentes direcciones de avance. La selección del tipo de portaplaquitas y la forma de la plaquita está basado principalmente en el tipo de pasada de corte necesario, en la capacidad de la maquina, su potencia, en el tamaño de las herramientas y en el numero de posiciones de la torreta. Se tendrán en cuenta también otros aspectos, como las condiciones de la maquina y la estabilidad del proceso.

Las herramientas existentes en almacén serán tenidas en cuenta para su utilización teniendo siempre como objetivo al determinar nuevas herramientas la racionalización del inventario.

### **5.2.3 GEOMETRIA DE CORTE Y CALIDAD DE METAL DURO.**

El tipo de geometría de corte así como el material de la plaquita están desarrollados para proporcionar una plaquita intercambiable con la suficiente capacidad y fiabilidad necesarios para desarrollar diversas operaciones. Esta selección deberá estar basada en la aplicación de herramientas dedicadas al área de material del que se compone la pieza a realizar, así como al tipo de operación (acabado, medio o desbaste) y considerando las condiciones de máquina se toman las tres variables para la selección de la plaquita. Consideraciones adicionales son si la plaquita es con forma negativa o positiva y si puede o no tener doble o simple cara. El estado de superficie, la precisión y las posibles rebabas en algunas operaciones de corte influyen directamente en la selección de la plaquita sobre todo en la geometría de corte. La duración predecible del filo y la seguridad son factores determinados por la correcta elección de la combinación geometría de corte-calidad. En muchos casos con la aplicación de modernas plaquitas resulta una frecuente reducción de las necesarias en inventario, ya que una plaquita con más capacidad realizará mayor número de operaciones en la mejor forma dentro de su área de aplicación.

### **5.2.4 TAMAÑO DE LA PLAQUITA**

El tamaño de la plaquita depende directamente del tamaño del portaherramientas. Si el tamaño del porta y el ángulo de posición han sido previamente establecidos correctamente, el tamaño de la plaquita ha quedado directamente determinado. Pero si el tamaño de la misma ha sido elegido por encima de lo recomendado, y permite guiar hacia la elección del porta, entonces se establecerá la mayor profundidad de corte posible en función de la longitud de la arista de la placa elegida.

El ángulo de posición ayudará a determinar la arista efectiva de corte junto con el tamaño de la plaquita a utilizar. Los valores máximos recomendados indican la

profundidad de corte máxima en relación al tamaño de la plaquita.

Las operaciones de desbaste, si interviniesen especialmente cortes interrumpidos con tendencia a originar vibraciones, necesitaran también una especial consideración sobre todo al comienzo y al final de las pasadas de corte. Cuando se empieza la pasada se deberá tomar precaución para prevenir que no se produzca un inadecuado impacto de la pieza en una parte especialmente susceptible del filo de corte y que una presión inadecuada del filo al final de la pasada conduzca a la fractura de los bordes de la pieza. La dimensión apropiada de la plaquita, un cambio de dirección o una reducción en el avance son elementos a considerar para prevenir un aumento de las fuerzas de corte.

#### **5.2.5 RADIO DE PUNTA DE LA PLAQUITA.**

Una menor dimensión de la plaquita, y el radio de la punta juegan un papel clave cuando se trata de características como la resistencia del filo de corte en el desbaste y el estado superficial en las operaciones de acabado. Estos aspectos están directamente relacionados con la gama de avances y se tendrá en cuenta siempre esta combinación. Un gran radio de la punta de la plaquita da una mayor resistencia al filo de corte pero también necesita mas potencia y puede dar un incremento de la tendencia a las vibraciones. El tipo de material de la pieza y las condiciones serán considerados para determinar el tamaño del radio de la plaquita. En las operaciones de torneado interior se suele requerir frecuentemente un radio de punta pequeño con el fin de reducir la tendencia a las vibraciones debido al mayor voladizo de las barras portaplaquitas. Para el desbaste, se elegirá siempre el mayor radio de punta posible para garantizar la seguridad de la producción. Un gran radio permite grandes avances y con ello una alta productividad, generalmente la gama de avances no excederá de la mitad del radio.

### **5.2.6 DATOS DE CORTE**

Finalmente para la selección de las herramientas será necesario la aplicación de unos datos de corte elegidos o calculándolos. Necesitan ser consideradas varias condiciones básicas para ser establecidos los datos de corte para diferentes operaciones. La duración del filo es afectada fuertemente por la profundidad de corte y solo marginalmente por la gama de avances, mientras que es considerablemente afectada por la velocidad de corte. La combinación de los datos de corte a establecer dependen directamente del tipo de operación a realizar. En desbaste tanto la potencia de la máquina como la estabilidad y las condiciones serán factores limitadores.

En operaciones de acabado, la precisión dimensional el estado superficial y el control de viruta son los parámetros que determinan básicamente la combinación de avance/radio de la punta y la velocidad de corte. La velocidad de corte es el principal factor de la productividad en el torneado en acabado seguido por la gama de avances.

Los puntos a considerar para establecer los datos de corte son:

- duración del filo
- tipo de material de la pieza, condiciones y dureza.
- Calidad del material de la plaquita y geometría de corte
- Máquina herramienta, capacidad como potencia disponible, velocidad del husillo y estabilidad.
- generación de calor y tendencia a formar filo de aportación.
- Condiciones de mecanizado como la existencia de cortes intermitentes y vibraciones.
- Control de viruta y estado de superficies.

### **5.3 DENOMINACION DE HERRAMIENTAS**

La organización internacional de normalización ISO ha desarrollado un numero de normas para la industria de corte del metal .Una de estas normas es para un común acercamiento a la identificación y facilitar así el intercambio de las herramientas y las plaquitas .Mediante la especificación de las características descriptivas mas importantes de una herramienta a través de un código el cual es usado comúnmente por los suministradores de estas, pudiéndose alcanzar así un grado de normalización, beneficiando de esta forma al usuario.

En la caja en la que se suministra la herramienta, y sobre esta misma se incluye un código descriptivo compuesto de doce números y letras .Estos estarán con arreglo a un orden específico y variantes limitadas que informan al usuario de la mayoría de lo que este necesita conocer sobre la herramienta .La clave de códigos varia para los portas y para las plaquitas intercambiables.

La familiarización con los códigos ISO es un importante y necesario apartado, que hace capaz el comunicarse dentro del mundo del mecanizado y lograr las mejores herramientas y los mejores resultados.

Se expondrá ahora un ejemplo práctico de un portaherramientas cuya denominación es :

PCLNL3225P12

Este código quiere decir lo siguiente :

- P, esta primera letra indica la forma de amarrar la plaquita, en este caso con palanca a través de su agujero, también podría ser mediante sujeción superior (C), superior y por el agujero (M), sujeción con tornillo (S).
- CL, estas indican la forma de la plaquita y el ángulo de posición del portaplaquitas, en este caso la letra C indica 80 grados en la punta de la plaquita. Las formas de las plaquitas varían desde 35 grados de ángulo de punta para una gran capacidad de

perfilear , a cuadrada y redonda para una gran resistencia del filo .

La letra L en este caso indica que el portaplaquitas tiene 95 grados de ángulo de posición ,hay diferentes estilos de portaplaquitas que cubren los ángulos de posición desde 45 grados a 117 grados .

- N , la sección transversal básica de la plaquita también determina la forma del ángulo de incidencia de la misma .Una forma básica negativa ,como la indicada con la letra N,significa que la plaquita no tiene ángulo de incidencia y por lo tanto la plaquita debe ser inclinada 6 grados en el portaplaquitas con el fin de conseguir este.
- L, hay portaplaquitas del sentido de mano tipo a derecha, izquierda y neutros determinados por la dirección de avance .Normalmente los de sentido a derechas son los mas usados sin embargo ahora la mayoría de torretas de los tornos CNC y las correspondientes posiciones de herramientas usan las de sentido a izquierda en relación a la operación que han de realizar .En este caso se indica dicho sentido con la letra L.
- 32-25, el tamaño de los portaplaquitas esta determinado por las dimensiones del mango .La sección transversal del mismo esta compuesta de la altura y la anchura y está indicada en el código de la herramienta .En este caso se muestra un tamaño de 32 por 25 mm.
- P12 ,la longitud del portaplaquitas esta indicado por una letra en el código representando dicha letra intervalos de longitudes expresadas en milímetros , medidas desde el pico de la plaquita hasta la parte posterior del portaplaquitas.En este caso y según tablas se trata de 170 mm de longitud para esta dimension.La longitud de la arista o filo esta en relación al tamaño de la plaquita y la forma que el porta tenga .Esto determina la profundidad de corte posible con el portaplaquitas .La longitud del filo está indicada en milímetros ,en este caso son 12mm de longitud .

***Explicación de código ISO para plaquitas .***

Se muestra a continuación un ejemplo práctico para una plaquita cuya denominación es la siguiente :

CNMG-120412-PM

Este código nos dice lo siguiente :

- C ,esta letra corresponde a la forma de la plaquita ,al igual que en el caso del portaplaquitas,la letra C corresponde a una placa rómbica de 80 grados de ángulo de punta .
- N , la sección transversal de la plaquita es esencial e influye directamente en la descripción del portaplaquitas .Una plaquita con forma básica negativa con cero grados de incidencia ,no se puede montar sobre el alojamiento previsto para una plaquita positiva y viceversa .La figura con letra N representa una plaquita negativa.
- M, la precisión de las plaquitas intercambiables esta indicada por el siguiente carácter en el código .Varias letras indican la tolerancia en el espesor de la plaquita y para el circulo inscrito o la anchura .Dependiendo del tamaño de la plaquita ,la letra indica cual es la clase de tolerancia y del mismo modo el tamaño de ella.  
En este caso con una plaquita de 12 mm y una clase de tolerancia M, el valor de la tolerancia es de +/-0.08mm sobre el circulo inscrito y de +/-0.13 mm en el espesor de la plaquita de 80 grados en cuestión .
- G, representa el tipo de plaquita, hay varios tipos diferentes, principalmente la diferencia varia entre simple o doble cara, plana o con la geometría de corte prensada con rompevirutas y con o sin agujero central para el amarre .En el caso actual la letra G representa una plaquita con doble cara y geometría de corte con rompevirutas.



- 12, el tamaño de la plaquita determina la longitud de arista disponible que esta tiene. Esto también está relacionado con su forma y con su círculo inscrito.  
En este caso se trata de una plaquita de 12 mm de longitud de arista y con un círculo inscrito de 12.7 mm.
- 04 , este carácter representa el espesor aproximado de la plaquita en milímetros ,en este caso el 04 representa un espesor de 4,76 mm
- 12, la punta de la plaquita ha sido redondeada con una selección variables de radios. Una plaquita puede estar disponible en varios radios de redondeado de punta, que normalmente va desde 0,4 a 1,6 mm. En este caso ,el radio es de 1,2 mm
- PM , estos caracteres finales son la opción para el suministrador de la herramienta y con ello se describe el tipo de geometría de corte .Para este caso se trata de una geometría de corte ,desarrollada especialmente para mecanizado de tipo medio en el grupo P de los aceros comunes . Se trata de una geometría de corte positiva y versátil con un rompevirutas muy universal ,en una plaquita de forma negativa .El rompevirutas cubre operaciones que van desde el semiacabado a desbaste ligero con un intervalo de avances de 0.15 a 0.5 mm /rev y profundidad de pasada de 0.5-0.55

Otros caracteres alternativos pueden representar el estado del filo como reforzamiento del mismo mediante una faceta, chaflanes, agudeza, etc. Por ejemplo una T representa una plaquita con una faceta primaria negativa en el filo de corte.

La selección de herramientas para el mecanizado requiere un conocimiento del lenguaje de los códigos ISO y la manera en que son definidas las herramientas con este sistema.

También un portaherramientas con la plaquita adecuada requiere que los códigos sean examinados y comparados para verificar que la plaquita se puede montar correctamente y desarrollará el trabajo correspondiente.

## 5.4 HERRAMIENTAS SELECCIONADAS EN ESTE PROYECTO

En función de los datos teóricos anteriormente expuestos, en este apartado a continuación se verán cuales son las herramientas seleccionadas para la operación de mecanizado de este proyecto. Hay que reseñar que se trata de una selección inicial, y que a lo largo de la vida del proyecto siempre puede ser optimizable, en función de la experiencia obtenida, o de las mejoras en herramientas hechas por los fabricantes.

Como veremos en el apartado del programa de mecanizado, la operación de mecanizado se dividirá en cuatro fases atendiendo a la herramienta que trabajará en ella. En la siguiente tabla resumen podemos ver las herramientas seleccionadas para cada suboperación con la referencia Iso correspondiente.

OPERACIÓN	TIPO	REFERENCIA
Taladrado	Broca	Broca centrado HSS A- 5 x 12.5 DIN 333
	Porta	Portabrocas tipo Capto
Desbaste	Inserto	CNMG 120412 PM 4015
	Porta	C5 PCLNR -45065-12
Acabado	Inserto	DNMG 110412 PF 4015
	Porta	C5 DDJNR-35060-11
Refrentado	Inserto	VBMT 160408 PM 4025
	Porta	C-5 SVJBR -35060-16

En el apartado de planos, en el plano V de distribución de herramientas se puede ver un esquema de estas herramientas. A continuación pasamos a comentar cada una de las herramientas, y algunas de sus características por la que han sido elegidas.

### *Operación de taladrado del punto de centrado*

Para esta operación se ha seleccionado una broca para taladros de centrado norma Din-333, de acero rápido (HSS), por sus características de corte y por su bajo coste. Esta broca es de un solo uso dado, que el coste de su reafilado no compensa tal operación. El portaherramientas se trata de un porta especial para este tipo de brocas, con fijación a la torreta de herramientas mediante sistema modular tipo capto C-5, lo cual facilita de forma rápida su sustitución en caso de avería.

### ***Operación de desbaste***

Para el desbastado de la pieza se ha seleccionado un inserto tipo CNMG 120412 ,es decir un inserto de 80° de Angulo de filo ,con Angulo de incidencia de 0° con tolerancia de fabricación de +/- 0.05 y con doble cara de uso y orificio central .El tamaño de placa usado es de 12mm de lado por 4 de altura aproximadamente y con un radio de punta de 1,2 mm .La calidad del material , se trata de una 4015 ,la cual tiene un recubrimiento grueso de TiCN ,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y TiN .Este recubrimiento tiene una extraordinaria resistencia al desgaste y presenta un color amarillo que facilita la detección al desgaste .Bajo el recubrimiento presenta un substrato endurecido con una zona enriquecida de cobalto cerca de la superficie .Gracias a esto puede soportar elevadas temperaturas de corte y tener una buena seguridad del filo, lo cual la hace ideal para altas velocidades de corte.

### ***Operación de acabado***

Para el acabado se ha elegido un inserto tipo DNMG 110412, por tanto es un inserto con forma rómbica de 55° en la punta y con Angulo de incidencia de 0° con tolerancia de fabricación de +/- 0.05 y con doble cara de uso y orificio central .El tamaño de placa usado es de 11mm de lado por 4 de altura y con radio 1,2 mm.La calidad designada es la misma que para la placa de desbaste 4015.El portaherramientas , tiene un Angulo de posición de 93° y sistema de sujeción por cara superior y por el orificio .

### ***Operación de refrentado***

Se ha seleccionado una placa tipo VBMT 160408, es decir un placa rómbica de 35°, con un ángulo de incidencia de 5° y tolerancia de +/- 0.05 y con una sola cara de uso.

Esta placa al ser mas puntiaguda nos permite llegar a zonas mas comprometidas donde otras placas no son capaces de llegar .La calidad elegida se trata de una 4025, mas tenaz que las anteriores y compuesta de una gruesa capa de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sobre una capa de TiCN de grosor medio, lo cual proporciona a la placa una gran resistencia al desgaste.

## **6 ECONOMIA DEL MECANIZADO**

La economía de la fabricación se compone de muchos factores, pero es la economía del mecanizado básico el que destaca sobre los demás.

Existen distintas variables en el taller, además de grandes variaciones en cada maquina-herramienta, pieza, material, tamaño de la pieza, diseños y criterios, tamaño del lote, automatización, control, etc.

Estos factores están sujetos a estudios extensivos, sin embargo, la experiencia ha demostrado que los mejores resultados se obtienen cuando la fabricación ha sido planificada de forma que, los métodos básicos del mecanizado y el rendimiento se toman en cuenta desde el comienzo del proceso de planificación y van en paralelo con otros capítulos del proyecto.

El hecho de tener una visión global, con posibilidades de optimización al alcance de la mano, junto con los objetivos de producción, conduce a obtener la más alta eficiencia. Esto significa involucrar el rendimiento del filo de corte cuando se planifica una inversión, o en la puesta a punto de una línea de producción ya existente para nuevas piezas. La economía del mecanizado consiste, hasta cierto punto, en conseguir la mejor utilización de los recursos de producción.

La influencia de la herramienta de corte es importante a la hora de contemplar el costo total. Los costos de producción en el mecanizado son generalmente el resultado de la suma de: herramientas de corte, útiles de sujeción, fijación y equipos de medición, maquina-herramienta, materiales de pieza, costos laborales más costos fijos.

Aunque las herramientas de corte solo representan un promedio de un tres por ciento de los costos de fabricación, su influencia en los otros costos de producción es considerable.

La mejora de una de las variables en el proceso de mecanizado tiene un efecto muy notable en la productividad, y por tanto influye en el rendimiento de la inversión total.

Aumentar el avance o la velocidad de corte ,en una operación ,puede significar reducir el tiempo de mecanizado por pieza en muchos tantos por ciento .

Cambiando a un filo de corte con una vida mas larga y predecible ,la maquina trabaja con menor numero de paradas , y el operario podrá contar confiar en que la plaquita mecanizará un numero determinado de piezas .El numero de paradas de maquina será menor , la maquina estará arrancando viruta mas tiempo.

Cuando se ha decidido el método de producción, calculado, optimizado y realizado la inversión es, hasta cierto punto, el rendimiento de la herramienta lo que determinara la eficiencia, utilización y decisivamente el rendimiento de la inversión.

La utilización económica de la herramienta se basa, en los siguientes factores:

- vida de herramienta
- datos de corte
- control de viruta
- fiabilidad
- cambio de herramienta
- inventario

Con todas las demás cosas en su sitio y funcionando correctamente, si la herramienta de corte no rinde en estos aspectos, se generarán costos innecesarios y la capacidad de producción no será utilizada en su totalidad.

En los apartados siguientes veremos como afectan estos factores, y se justificará el tenerlos en cuenta a la hora de definir las herramientas necesarias para este proyecto.

## **6.1 VIDA DE HERRAMIENTA ECONOMICA.**

La vida de herramienta o duración de un filo de corte se ve limitada por el desgaste del filo, hasta el punto de que no puede realizar el trabajo para el que fue seleccionado.

El factor limitador puede ser el acabado superficial, la precisión dimensional la capacidad de controlar la viruta satisfactoriamente, o cuando el desgaste de la herramienta es de tal magnitud que el filo ya no es fiable .En ultimo lugar, la vida de la herramienta termina con rotura o fractura del filo.

La vida predecible de la herramienta es un factor importante .Cuando se llega al final de la vida de una herramienta se cambia el filo antes de que se produzcan roturas que originen daños.En este contexto es importante que el filo de corte se desgaste pero no se rompa.

Es necesario establecer definiciones claras para saber cuando están desgastados los filos. Obviamente, cuando un filo no genera el acabado requerido, o cuando no mantiene las tolerancias, no puede usarse mas para la operación en cuestión. El riesgo de rotura de filo aumenta con el nivel de desgaste, especialmente cuando se sobrepasa un valor determinado.

### **6.1.1 INDICADORES DEL DESGASTE DE LA HERRAMIENTA**

Una inspección con una lupa de una manera regular es un buen procedimiento para poder estudiar el desarrollo y tipo de desgaste generado, siendo un modo sistemático que aportará las bases para cambiar uno o varios parámetros para esa operación.

- El desgaste en la cara de incidencia debe ser medido en relación con el tiempo que el filo de corte ha estado mecanizando y ha llegado a un valor máximo de desgaste establecido.
- Otro indicador es el aumento de la potencia necesaria para cortar de una operación a otra .Una ojeada a la escala graduada del indicador de potencia en Kw, necesaria a

medida que las piezas son mecanizadas, indicará el aumento de esfuerzo debido a los cambios producidos en el filo de corte.

- En operaciones de acabado, donde hay límites en los valores, por ejemplo de acabado superficial, un filo de corte estropeado rápidamente va a producir un mal acabado superficial o dimensiones de pieza fuera de tolerancias. La mayoría de los tipos diferentes de desgaste dan problemas en estas áreas.
- Formación de rebabas, es también una señal que indica que el filo de corte ya no está en buenas condiciones para realizar un corte limpio o incluso que su geometría ya no es tan positiva como era al principio. Un desgaste en incidencia excesivo, deformación plástica y filo de aportación puede hacer que el filo de corte no esté en buenas condiciones para producir un corte limpio.
- Un crecimiento excesivo de calor es también un indicador de que se ha producido un desgaste en el filo de corte y que no corta como debería. Un filo de corte deformado causa una mayor fricción, por lo que aumentará la temperatura durante el proceso de mecanizado.
- El astillamiento o rotura de la herramienta es difícil preverlo incluso con la inspección regular en la máquina. Este es uno de los mayores riesgos que desde un principio requiere atender cuidadosamente las condiciones de mecanizado.
- Marcas sobre las virutas y virutas mal formadas son indicadores de que se empieza a producir un desgaste de la herramienta y que va a ir a más. Cambios en la geometría de la plaquita debido al desgaste de la herramienta va a producir un proceso inferior de formación de la viruta, con una mala distribución del calor entre la pieza, herramientas y las virutas, dando como resultado virutas no bien formadas

- El ruido va indicar que el proceso de corte no se está desarrollando correctamente .A menudo, esto es por motivo de las vibraciones causadas por el desgaste y el inmediato cambio de geometría de la herramienta. El operario frecuentemente deberá controlar estos sonidos que se producen durante el mecanizado como progreso del desgaste del filo de corte y de la vida de la herramienta y sacar conclusiones de lo que no es correcto en la operación.
- La tendencia a la vibración en el proceso de mecanizado, frecuentemente es una señal de que el filo de corte está deformado, que da por resultado marcas de vibraciones sobre la pieza mecanizada, además del deterioro en el acabado.

***Vida de herramienta esperada para el mecanizado de la copa housing.***

La vida del filo de corte estará determinada por la capacidad de mantener la seguridad en la producción. Por lo que será importante una predicción de vida de la herramienta. Basado en los datos teóricos anteriormente citados, se muestra en la siguiente tabla la duración en piezas de las herramientas usadas en el mecanizado de la pieza objeto de este proyecto. Además de la propia duración de herramienta, se ha tomado como criterio para definir el número de piezas para cada cambio de herramienta, el mínimo número de interrupciones en la producción para proceder al cambio de herramientas, para ello se ha establecido un múltiplo de piezas, para que coincidan el mayor número de herramientas en cada cambio. De esta forma se optimiza el tiempo útil de fabricación.

NUMERO HERRAMIENTA	TIPO HERRAMIENTA	NUMERO DE PIEZAS (VIDA DE HERRAMIENTA)	CAMBIO COINCIDE CON HERRAMIENTA
1	Broca punteado	600	2,3,4
2	Desbaste	75	-
3	Acabado	150	2
4	Refrentado	300	2,3



## 6.2 DATOS DE CORTE

Una vez que se ha establecido el criterio sobre vida de herramienta, los diagramas de datos de corte para las herramientas seleccionadas, que nos suministran los fabricantes de herramientas nos ayudarán a seleccionar los parámetros de corte adecuados.

Un mayor avance conducirá básicamente a una vida más corta de herramienta para una determinada velocidad de corte, pero conducirá como resultado a un mecanizado más rápido y regímenes de arranque más elevados. Por supuesto, con la misma herramienta pueden obtenerse diferentes combinaciones de velocidades de corte y avances.

La profundidad de corte, el radio de la punta, ángulo de posición tienen una importancia secundaria debido a que a menudo su influencia es poco importante.

Diferentes combinaciones de velocidad/avance pueden proporcionar vidas de herramientas económicas, pero las combinaciones varían en lo que respecta al régimen de arranque de material.

### *Datos de corte para el mecanizado de la copa housing.*

En la siguiente tabla se muestran los datos de corte que se usarán para el mecanizado de la pieza objeto de este proyecto, estos han sido seleccionados a partir de los criterios anteriormente expuestos y de los datos suministrados por el fabricante de herramientas para el material de esta pieza, hay que decir que como se ha citado anteriormente estos datos de corte son válidos como punto de partida y son siempre susceptibles de ser optimizados.

OPERACION	REVOLUCIONES (RPM)	VELOCIDAD CORTE (m/min)	AVANCE (mm/rev)	PROFUNDIDAD CORTE (mm)
Taladro centrado	637	(revoluciones fijas)	0.1	N/A
Desbastado	1500	120	0.25-0.4	1.5
Acabado	Variable	250	0.15-0.3	0.8
Refrentado	3200	250	0.15	0.5

## **7 EL PROGRAMA DE MECANIZADO**

El programa de CNC constituye el medio entendible tanto por el hombre como por la maquina, mediante el cual se establece la secuencia de operaciones a realizar por la maquina herramienta.

En este apartado se verá primeramente los fundamentos teóricos a partir de los cuales se ha construido el programa pieza y de que fases y parte estará compuesto, y al final del capitulo se verá como queda el programa pieza, para el mecanizado de la pieza objeto de este proyecto.

La forma empleada para la elaboración de este programa, aunque hoy día existen otras mas sofisticadas, se trata del sistema tradicional, en la que, a partir del plano, se calculan de forma manual las trayectorias de las herramientas y ,a continuación se codifican dichas trayectorias utilizando el lenguaje de programación. En algunos casos y con objeto de calcular trayectorias angulares y circulares, se ha usado como apoyo un programa CAD de diseño, el cual facilita los cálculos geométricos necesarios en esta etapa.

### **7.1 FASES DE PROGRAMACION**

Para la realización del programa de CNC es necesario conocer o establecer los siguientes puntos:

- La capacidad y características de la maquina herramienta, pues de ella dependerán los parámetros de corte elegidos, herramientas, tamaños de pieza, operaciones a realizar, etc.
- Las características del equipo de CNC ,ya que de ellas dependerán las operaciones de mecanizado así como el propio programa.

- El plano de la pieza, pues en el constarán las dimensiones de la misma antes y después del mecanizado, material, acabado superficial y tolerancias, que influyen en la elección de la herramienta así como en los parámetros de corte.
- La importancia de la serie, así como su repetición eventual y complejidad, ya que de ellos depende el tipo de maquina a utilizar.
- El utillaje que comprende los dispositivos de fijación, plantillas y las herramientas con sus condiciones de aplicación y sus dimensiones.

A partir de toda esta información, para la programación se hace necesario seguir los siguientes pasos:

- Fijación del proceso de trabajo, detallando el orden y el número de operaciones, así como su situación en la pieza por medio de croquis.
- Toma de informaciones geométricas del dibujo, realizando los cálculos pertinentes, y su traslado a las hojas de programa.
- Toma de informaciones tecnológicas del catalogo de herramientas seleccionadas, así como el calculo de las condiciones de mecanizado, tiempos, potencias, etc.
- Ordenación de las informaciones en las hojas de programa en la forma necesaria para su ejecución ,y la sucesión de secuencias determinadas para el transcurso del programa
- Codificación de las informaciones y su traslado a un soporte de información, como por ejemplo disco magnético o memoria del CNC.

## **7.2 DEFINICION DEL PROCESO**

Conocidos los elementos de fabricación disponibles, la definición del proceso de mecanizado puede dividirse en las siguientes etapas:

***Estudio del plano de la pieza a fabricar;*** en esta fase debemos recopilar información de las características de la pieza a fabricar: material, dimensiones, tolerancias, acabados superficiales, etc, datos todos ellos que determinan las maquinas a utilizar .Es por tanto fundamental que en el plano queden reflejados dichos datos.

***Fase de análisis de las operaciones elementales;*** el programador descompone las superficies a mecanizar en tramos correspondientes a las trayectorias que las herramientas pueden seguir .En general solo son lineales y circulares, sobre superficies planas o de revolución .Este estudio geométrico implica la definición de las cotas de los puntos de inicio y final de cada tramo, así como el centro en las circulares.

***Fase de selección de maquinas;*** se estudia que operaciones pueden efectuarse en cada una de las maquinas disponibles, intentando disminuir al máximo el numero de cambios y de atadas o amarres de la pieza.

***Fase de selección de herramientas;*** en esta fase se eligen las mas adecuadas para cada operación en función de las características de la misma y de las tolerancias y acabados superficiales deseados, por tanto habrá que disponer de un fichero actualizado de herramientas disponibles .Al terminar esta fase es conveniente rellenar una hoja de herramientas a usar en cada operación con la indicación de sus datos geométricos.

***Fase de definición de características técnicas;*** en esta se establecen las velocidades de avance, profundidad de pasada y velocidad de corte adecuadas al material de la pieza según la maquina y herramientas utilizadas, para obtener los ciclos de mecanizado mas cortos compatibles con la calidad exigida.

**Fase de selección y diseño del utillaje;** aquí se estudia en general, el centraje y fijación de la pieza sobre la maquina, procurando disponer del máximo de caras y superficies libres para mecanizado y procedimientos flexibles, preciso y rápidos de fijación.

**Fase de secuenciación de operaciones ;** se establece el orden en que se mecanizaran las distintas fases dibujando en cada caso un croquis de la zona a mecanizar , las herramientas y fijaciones utilizadas y los parámetros técnicos de fabricación .Esta fase suele concluir resumiendo toda la información precedente en lo que se denomina una hoja de proceso .

### **7.3 ESTRUCTURA GENERAL DEL PROGRAMA CNC**

La necesidad de que el texto sea entendible por la maquina impone al programador las reglas bajo las cuales puede obtenerse ese entendimiento entre ambos .El conjunto de estas reglas es lo que constituye el lenguaje de programación.

El programa además, ha de ser entendible por otra persona distinta al programador que lo ha realizado, para ello es necesario seguir unas normas relativas a la redacción de programas, de tal forma que estos sean de fácil lectura e interpretación.

En un programa se han de distinguir tres partes claramente definidas:

#### ***Cabecera de programa;***

La confección de esta viene determinada por:

- una simbolización propia del sistema utilizado, “%” en el código Iso.
- la numeración propia del programa.
- los comentarios que sean oportunos, es buena costumbre identificar en esta cabecera, la pieza que se fabrica, operaciones que se realizan, herramientas que se utilizan, documentación asociada al proceso, etc.

De esta forma con solo echar un vistazo a la cabecera del programa, identificamos plenamente para que se utiliza.

***Programa de mecanizado;***

Es la parte principal del programa, compuesta por una serie de bloques en los que se definen las trayectorias a seguir por la herramienta y las condiciones de corte y de operación de la maquina.

Se recomienda que la enumeración de bloques se haga de 5 en 5 o de 10 en 10 para prevenir que al insertar un nuevo bloque no haya que renumerar todos los bloques posteriores .

Intercalados con los bloques puede escribirse cualquier tipo de información que el programador desee incluir para facilitar la interpretación del programa y su posterior revisión o modificación .Esta información, que no será interpretada por el control debe escribirse siempre entre paréntesis.

**Final de programa ;**

Se resume a muy pocas líneas, una sola en muchos casos, se especifica la función auxiliar M30 ó M02 según se quiera que el programa vuelva o no al bloque inicial, una vez ejecutado.

Es también una buena costumbre anular todas aquellas funciones preparatorias que pudieran quedar activadas, para ello se puede programar en una misma línea:

G10, G40, G90...

## **7.4 LENGUAJE DE PROGRAMACION ISO**

El control numérico constituye un medio de automatización que desarrolla el trabajo a partir de una información alfanumérica ,escrita según unas normas determinadas e introducidas en el equipo de control a través de medios diversos, tales como cintas magnéticas ,disquetes ,teclado alfanumérico o red de área local .En un taller convencional la información que requiere el operario para mecanizar una pieza en una maquina-herramienta ,está constituida por los datos recogidos en el plano de la pieza y en la hoja de proceso .El plano define la geometría de la pieza e indica el grado de acabado superficial .La hoja de proceso indica las decisiones tecnológicas que se han de tomar.El operario deduce de esta información las operaciones a seguir y los reglajes que se ha de efectuar en la maquina.

La utilización de maquina de control numérico en el taller ha provocado la necesidad de codificar estas operaciones en el lenguaje apropiado para los controles utilizados.

Para que un lenguaje quede definido se necesitan un vocabulario y una sintaxis.

El vocabulario de CN está constituido por una serie de palabras que definen de una forma abreviada los conceptos necesarios para la ejecución de una operación. La escritura en lenguaje CN exige pues una traducción del lenguaje corriente escrito, una codificación de las operaciones a realizar. La codificación del programa de la pieza se plasma en un documento nuevo denominado hoja de programa de pieza.

Los programas de control numérico están compuestos de sentencias numeradas, denominadas bloques, que se referencian por un número y se ejecutan secuencialmente.

Un bloque se compone de las siguientes partes en el formato de dirección de palabra:

- Numero de bloque
- Palabras: están compuestos de función signo y numero .La función indica el tipo de información de que se trata .Los datos no dimensionales incluyen las funciones

preparatorias usadas para describir tipos específicos de movimiento, velocidades de giro, de corte, especificaciones de herramienta, etc.

Cada bloque de programación puede constar de:

- N; numero de bloque
- G; funciones preparatorias
- W, X, Y, Z ; cotas de ejes
- I, J, K, R, A; coordenadas auxiliares.
- F; velocidad de avance
- S ; velocidad de cabezal
- T ; numero de herramienta
- M ; funciones auxiliares

Dentro de cada bloque hay que mantener este orden aunque no es necesario que cada bloque contenga todas las informaciones.

#### **7.4.1 TIPOS DE FUNCIONES**

##### ***Funciones preparatorias***

Se programan mediante la letra G seguida de dos cifras .Siempre se programan al comienzo del bloque y sirven para determinar la geometría y condiciones de trabajo. Aunque existe una estandarización (Norma ISO 1056) pueden ser modificadas por los fabricantes y algunas de ellas no están determinadas.

Las funciones G están divididas en grupos y en una secuencia de programa solo puede haber una función de cada grupo.

Las funciones G se activan de forma modal, quedándose estas activas mientras no sean reemplazadas por una nueva función G del mismo grupo, o también de forma secuencial quedando activas solo en la secuencia en la que se encuentran.



***Funciones auxiliares o complementarias.***

Las funciones complementarias designadas por la letra M, contienen predominantemente, indicaciones tecnológicas.

Mediante datos de maquina se fija si la función se ejecutara antes del desplazamiento del eje o durante el mismo.

Las funciones complementarias se fijan, en norma y en parte, por el fabricante de la maquina-herramienta .Aunque existen una serie de funciones estandarizadas y comunes a varios fabricantes, como por ejemplo: M00, M01, M02, M07, M08, etc...

***Funciones avance “F” y velocidad de cabezal “S”***

El avance determina la velocidad de mecanizado y se mantiene en el contorno con cada tipo de interpolación y tiene también en cuenta las correcciones de herramienta. El valor programado bajo la dirección F permanece en un programa hasta que se active un nuevo valor de avance .El valor de F se borra con fin de programa o reset .Por tanto, en la primera secuencia de programa ha de introducirse un valor F.

El avance de la herramienta se puede programar mediante las siguientes órdenes:

- G94 ; Avance en mm/min
- G95 ; Avance en mm/revolución

Con la orden G96 puede introducirse una velocidad de corte constante bajo la dirección “S” .En función de la velocidad de corte programada, el control calcula la velocidad de giro del cabezal apropiada para el diámetro torneado en cada momento. Para obtener la velocidad de giro del cabezal, se toma siempre como referencia el punto de origen de la pieza .En caso de velocidad de corte constante, se trabaja en una línea característica de un escalón de reducción. Un cambio de este escalón de reducción no esta permitido. El escalón de reducción correspondiente ha de elegirse anticipadamente.

La interrelación entre diámetro torneado, velocidad de giro del cabezal y el movimiento de avance, permite una adaptación óptima del programa a la máquina, al material de la pieza y la herramienta.

El punto de origen en el eje X tiene que ser el centro de giro. Esto es asegurado al posicionar el punto de referencia.

En el cálculo de la velocidad de giro del cabezal para la velocidad de corte constante, se tienen en cuenta los siguientes valores:

- valor real del eje
- corrección longitudinal de la herramienta
- decalaje de origen en dirección X

La velocidad de corte constante se elimina con la orden G97. El último número de vueltas alcanzado es tomado como número de vueltas constante.

***Función “T” número de herramienta***

En las máquinas herramientas actuales se disponen de varias herramientas, bien dispuestas en una torreta giratoria o en un bloque con múltiples herramientas dispuestas en un mismo plano. Cada una de estas herramientas podrán intervenir cuando sea requerido en la fase de mecanizado que le corresponda.

Mediante esta función se determina el número de la herramienta que intervendrá en esa fase del mecanizado.

Cada una de estas herramientas está ligada a una tabla de datos interna de la máquina, en la que se reflejan, posición de la herramienta, geometría, radios, correctores de desgaste, tipo de herramienta, etc.

## **7.5 PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO**

Una vez que el programa esta en la memoria del CNC, se seleccionará el modo de operación de prueba como el primero para la ejecución del mismo. Este modo permitirá comprobar el funcionamiento del programa en vacío previamente a realizar la primera pieza, detectando posibles fallos de sintaxis, calculo de trayectorias o colisión.

Hay que tener en cuenta que en los sistemas más modernos cada vez son más las posibilidades de simulación que se ofrecen, pudiendo realizar la misma al mismo tiempo que se realiza la programación, lo que posibilita una programación interactiva y ayudada reduciendo los tiempos de programación y puesta a punto de los programas.

Sin embargo, en la mayoría de los casos es necesario realizar otro tipo de pruebas para confirmar que el programa es correcto. Entre ellas, se pueden citar:

- Ejecución del programa en vacío, es decir sin colocar la pieza en la maquina y observando los movimientos que realizan las herramientas.
- Ejecución del programa con una corrección en Z, de tal manera que la pieza obtenida no es la pieza final. Podemos así observar el mecanizado y además medir directamente sobre la prueba realizada, en caso de error siempre hay material para fabricar la pieza correcta.
- Mecanizado de una pieza en material blando, normalmente plástico. Se puede así realizar la prueba en muy poco tiempo, ya que el plástico no requiere unas condiciones de corte muy elevadas. Tiene además la ventaja de que cualquier error grave, una clavada de herramienta, por ejemplo, no implica daños ni para la herramienta ni para la maquina, solo se vera afectada la pieza de plástico.
- Mecanizado de la primera pieza de la serie y verificación de la misma, aunque haya errores y la pieza sea inútil, se corrige el programa y solo perderemos una pieza.

## **7.6 EJECUCION DEL PROGRAMA**

Una vez el programa ejecutado en vacío y corregidos los fallos detectados en dicho modo, estamos en condiciones de obtener la primera pieza, siendo el modo de operación más adecuado el funcionamiento bloque a bloque.

En este modo el programa se ejecuta como su nombre indica línea a línea, siendo necesaria para la ejecución de una línea que el operario pulse la tecla de marcha del control.

En la ejecución el operario puede controlar los avances mediante el conmutador de “feedrate” que regula el porcentaje del avance programado.

Es fundamental en dicho modo de trabajar el atender a la información presentada por el control en la pantalla, así como el recorrido efectuado por la primera herramienta.

Para ello los sistemas suelen disponer de varios tipos de visualización, que nos permiten controlar en todo momento, diversos datos como son, el bloque en ejecución y restantes, la distancia que resta por recorrer a la herramienta para terminar ese bloque, la velocidad, el avance, posición actual, etc...

Una vez ejecutado el programa bloque a bloque y corregidos los posibles fallos detectados para lo que puede ser necesario el ejecutar el programa varias veces en dicho modo, tenemos la certeza de disponer de un programa que obtiene la pieza que realmente deseamos.

Para la obtención de las siguientes piezas se utilizará la ejecución en modo automático que ejecutará el programa de forma continua y completa, sin la necesidad de que el operario pulse en cada bloque la tecla de marcha de ciclo.

## **7.7 PROGRAMA PIEZA PARA LA COPA HOUSING.**

El presente programa se trata de un programa para el mecanizado de la pieza en cuestión, base de este proyecto.

Para intentar conocer un poco más el funcionamiento de este programa se incluye una tabla donde se explican las funciones especiales M usadas en dicho programa.

A continuación se explica de forma breve el funcionamiento de este programa.

En primer lugar una vez que el operario ha cargado la pieza en posición y ha accionado el pulsador de marcha de programa, lo primero que hace la máquina, es cerrar la puerta de acceso y después el control hace una carga de los parámetros que le serán útiles durante la ejecución del programa. A continuación acciona el embride interior de la pieza y empieza a trabajar la primera herramienta, en este caso se trata de la broca de centrar, esta herramienta es la encargada de hacer el taladro cónico que servirá de apoyo al contrapunto de la máquina, una vez que ha terminado, se para el cabezal y se desembrida la pieza, para que baje el contrapunto y la pieza quede cogida entre puntos. Después de esto empieza a trabajar la herramienta de desbaste, la cual contornea la pieza quitando una primera capa de material, después gira nuevamente la torreta para que trabaje la herramienta de acabado, dejando esta la pieza a su dimensional final, por último entra la herramienta que realiza el refrentado de la pieza en la zona cercana al eje del contrapunto, se trata de una herramienta más puntiaguda que le permite un mayor acceso a las zonas difíciles.

Al terminar se para el cabezal, también la taladrina, sube el contrapunto y la torreta portaherramientas va a su posición inicial, a continuación se abrirá la puerta para que el operario proceda a cambiar la pieza terminada por otra nueva pieza bruta, y el programa se rebobina y se queda a la espera de que nuevamente se accione el botón de inicio.

### **7.7.1 PROGRAMA PIEZA**

%

O1323

(Torneado de la copa housing)

(Proyecto: mecanizado componente de transmisión)

N10 M11

N20 #100=500

N30 #101=380

N40 #102=118

N50 #103=340

N60 #104=420

N70 #105=645

N80 #106=640

N90 #5221=0( G54 X )

N100 #5222=196.75( G54 Z)

N110 G101 A100 B160 C180 D220 T100 U800 V900

N120 M111

N130 G0 G40 G53 X320

N140 G0 G53 G95 Z400

N150 M111

(TALADRO)

N1000 G0 G54 Z87 T101 M6 M22

N1005 M106 M122 M143

N1010 G97 X40 S637 M3 M28 M8

N1015 X0 F.8 M79 M88

N1020 G1 Z69.4 M3 M8 F.1

N1025 G4 S1

N1030 G0 Z87 M89

N1035 X200 M5

N1040 M105

(DESBASTE)

N2000 G0 Z86 T202 M6 M23

N2005 M123

N2010 M106 M143

N2015 G97 X23 S1500 M3 M28 M8

N2020 G1 Z78.75 F.35 M79

N2025 G0 G97 X24 Z85 S4700

N2035 G1 X16 Z78.75 F.35

N2040 X20.786

N2045 X24 Z75.97 F.3

N2050 Z55 F.4

N2055 G2 X26.85 Z53.5 I1.5 K0 F.3

N2060 G1 Z17.4 F.4

N2065 G1 Z15.4 F.25

N2070 X35.654 Z15.4 F.3

N2075 X40.9 Z10.86 F.4

N2080 Z-3.7

N2085 X45

N2090 G0 Z13.5 M88

N2095 G1 X26.85 F.4

N2100 Z16.5 M89

N2105 G0 X120 Z86 M44

(ACABADO)

N3000 G0 G97 Z86 S4500 T303 M3 M6

N3005 M106

N3010 G0 X16

N3015 G1 X12 F.3

N3020 X8 Z79.1

N3025 G0 X25 Z82

N3030 G42 G96 X20.609 S250 M8 M79 M88

N3035 G1 Z78.9 F.7

N3040 X23.38 Z76.5 F.2

N3045 Z54.07 F.3

N3050 X26.25 Z53.25 F.2

N3055 G1 Z13.35 F.3

N3060 X38.269 F.15

N3065 X40.3 Z11.6 F.2

N3070 Z-5.14 F.3

N3080 X42.6

N3085 X44.6 Z-6.14

N3090 X48 F.7

N3095 G0 G40 X120 M89

(REFRENTADO)

N4000 G0 G97 Z20 S3200 T404 M3 M6

N4005 M106

N4010 X45 Z13.5 M8 M79 M88

N4015 G1 X26.8 Z13.35 F.5



N4020 X25.4 F.15

N4025 X29 Z16.808

N4030 G0 X34 Z78.8 S3500

N4035 G1 X24 F.8

N4040 X12 F.3

N4045 G0 X24 Z79.5

N4050 Z78.6

N4055 G1 X8 F.15

N4060 G0 X100 Z82 M9 M89

N4065 X220 T400

(Finalizacion del programa)

N9000 G0 G53 X320 Z400 T100 M5 M6

N9005 M105

N9010 M22 M42 M106

N9015 G53 Z400 M45

N9020 M122 M142

N9025 M77

N9030 M110

N9035 M00

N9040 M11

N9045 GOTO150

N9050 M30

(Fin de programa )

**7.7.2 FUNCIONES ESPECIALES USADAS EN EL PROGRAMA**

M 00	PARADA DE PROGRAMA
M 01	PARADA DE PROGRAMA OPCIONAL
M 02	FIN DE PROGRAMA
M 03	GIRO CABEZAL SENTIDO HORARIO
M 04	GIRO CABEZAL SENTIDO ANTIHORARIO
M 05	PARO CABEZAL
M 06	GIRO DE TORRETA
M 07	ARRANQUE REFRIGERANTE CON GIRO CABEZAL
M 08	ARRANQUE REFRIGERANTE CONTINUO
M 09	PARADA REFRIGERANTE
M 10	APERTURA PUERTA
M 11	CIERRE PUERTA
M 13	PREPARACION PIEZA BRUTA
M 14	PIEZA FINALIZADA DESCARGADA
M 16	GIRO TORRETA
M 19	PARADA ORIENTADA CABEZAL
M 22	RETORNO CONTRAPUNTO
M 23	AVANCE CONTRAPUNTO
M 27	ARRANQUE REFRIGERANTE 2 CON GIRO CABEZAL
M 28	ARRANQUE REFRIGERANTE 2 CONTINUO
M 29	PARADA REFRIGERANTE 2
M 30	FIN DE PROGRAMA CON REBOBINADO
M 40	ABRIR PINZAS
M 41	CERRAR PINZAS
M 42	EMBRIDAR PIEZA
M 43	DESEMBRIDAR PIEZA
M 44	ARRAQUE GIRO PIEZA AL EMBRIDAR
M 45	COMPROBACION DE PIEZA EMBRIDADA
M 46	MONITORIZACION DE PIEZA EN POSICION ON

M 72	<i>SOPLADO DE AIRE 1 ON</i>
M 73	<i>SOPLADO DE AIRE 1 OFF</i>
M 74	<i>SOPLADO DE AIRE 2 ON</i>
M 75	<i>SOPLADO DE AIRE 2 OFF</i>
M 77	<i>PARADA PROGRAMADA</i>
M 78	<i>INICIAR AVANCE CON ARRANQUE CABEZAL</i>
M 88	<i>CORTE PRECISO ON</i>
M 89	<i>CORTE PRECISO OFF</i>
M 105	<i>PARO CABEZAL</i>
M 106	<i>GIRO TORRETA</i>
M 110	<i>ABRIR PUERTAS</i>
M 111	<i>CERRAR PUERTAS</i>
M 113	<i>PREPARACION PIEZA BRUTA</i>
M 114	<i>COMPROBACION CONVEYOR DE PIEZA ACABADA LIBRE</i>
M 116	<i>GIRO TORRETA</i>
M 119	<i>PARADA ORIENTADA CABEZAL</i>
M 122	<i>AVANCE CONTRAPUNTO</i>
M 123	<i>RETORNO CONTRAPUNTO</i>
M 140	<i>ABRIR PINZAS</i>
M 141	<i>CERRAR PINZAS</i>
M 145	<i>CHEQUEO EMBRIDE VACIO</i>
M 147	<i>MONITORIZACION DE PIEZA EN POSICION ON</i>

### **7.7.3 ESQUEMA DESPLAZAMIENTO DE HERRAMIENTAS**

En el apartado final de planos, ver el correspondiente a plano V de distribución de herramientas. En dicho plano se representa cada una de las herramientas con el contorno que han de describir durante su trabajo; además se incluyen en el las desviaciones correspondientes de las puntas de cada herramienta “geometrías” respecto al cero de la torreta portaherramientas.

**7.7.4 ESTUDIO TIEMPO DE CICLO ESTIMADO DEL MECANIZADO**

En la siguiente tabla y en base al programa pieza anteriormente expuesto se muestra una estimación del tiempo de ciclo necesario para mecanizar la pieza completa.

En el se detalla cada una de las fases de cada operación.

OPERACIÓN	FASE	RECORRIDO (mm)	AVANCE (mm/rev)	REVOLUCIONES	TIEMPO (seg)
Inicio ciclo	carga pieza				2,0
	cierre puerta				1,5
Taladrado	giro torreta				0,5
	acercamiento	40	0,8	637	4,7
	taladrado	17,6	0,1	637	16,6
	retirada rápida	300	G00		0,2
Desbaste	Cambio herramienta				0,5
	bajada contrapunto				0,5
	acercamiento	300	G00		0,5
	Contorneado	86	0,35	1500	9,8
	retirada rápida	300	G00		0,5
Acabado	Cambio herramienta				0,5
	acercamiento rápido	300	G00		0,5
	Contorneado acabado	86	0,2	2500	10,3
	retirada rápida	300	G00		0,5
Refrentado	Cambio herramienta				0,5
	acercamiento rápido		G00		0,5
	Refrentado superior	20	0,15	3500	2,3
	Undercut	10	0,1	3200	1,9
	retirada rápida	300	G00		0,5
Final ciclo	Subida contrapunto				0,3
	apertura puerta				1,5
	Descarga de pieza				2,0
<b>Tiempo ciclo total</b>					<b>58,6</b>

**Conclusiones**

Atendiendo al resultado final de tiempo de ciclo de 58,6 segundos ,no da un resultado por hora de 61,4 piezas ,que al 80% de productividad nos dará una producción/hora de 49 piezas ,considerando 3 turnos de producción diario a 7 horas de trabajo efectivo y 220 días de trabajo anual , tendremos una capacidad instalada teórica de 226.380 piezas . Lo cual supera con creces la estimación requerida de 154000 piezas anuales.

# ***PRESUPUESTOS***

## ANÁLISIS DE COSTES DE LA OPERACIÓN DE MECANIZADO

### A.- INVERSIÓN INICIAL

Se incluyen en este apartado los costes asociados a la adquisición de los activos necesarios para la realización de la operación.

La determinación del coste pieza resultante se ha realizado sobre la siguiente base:

- Periodo de amortización: 6 años
- Volumen medio fabricación: 154.000 piezas/año

<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Importe</b>	
Equipos	Torno CNC, 1 Cabezal, Marca Pittler mod PV SL	190.000	€uros
	Utillajes	60.000	€uros
Elementos auxiliares	Transportador de viruta	15.000	€uros
	Filtro mecánico de aspiración, 2000 m³/h	6.000	€uros
	Plataforma móvil, 2 posiciones, para materia prima	2.000	€uros
Instalación	Instalación de maquina con elementos auxiliares según lay-out, incluyendo acometidas eléctrica, neumática, taladrina y agua y nivelado industrial	5.200	€uros
	Subtotal	278.200	€uros
(1) Subtotal coste pieza inversión inicial: $278200 \text{ €} / (154000 \text{ pzs/año} * 6 \text{ años}) =$		<b>0,30</b>	€/pza

### B.- COSTES ASOCIADOS A LA PUESTA EN MARCHA

Se incluyen en este apartado los costes asociados a la mano de obra necesaria para la realización de la operación: asistencia técnica, programación y puesta en marcha previa al inicio de la fabricación

La determinación del coste pieza resultante se ha realizado sobre la base:

- Periodo de amortización: Gasto anual no amortizable
- Volumen medio fabricación: 150.000 piezas/año

<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Importe</b>	
Asistencia técnica	1 técnico del fabricante de equipos para puesta en marcha y formación personal técnico, 2 semanas	4.600	€uros
M.O. Programación	1 Técnico de la empresa para elaboración programa pieza y puesta en marcha, 1 semana	2.325	€uros
M.O. Mantenimiento	Asistencia eléctrica y mecánica de mantenimiento para puesta en marcha, 1 semana	2170	€uros
	Subtotal	9095	€uros
(2) Subtotal coste pieza para puesta en marcha: $8.398 \text{ €} / (154000 \text{ pzs/año}) =$		<b>0,06</b>	€/pza

**C.- COSTES DIRECTOS DE FABRICACIÓN**

Se incluyen en este apartado los costes asociados a los consumos diarios que provoca la ejecución de la operación, detallándose para cada apartado la base de cálculo.

Concepto	Descripción	Importe	
Agua	Consumo anual estimado de 1.000 litros. Coste estimado 1,8 €/m <sup>3</sup>	1,8	€uros
Electricidad	Potencia instalada 45 kw, utilización 60%. 220 días/año en continuo. Coste estimado 0,06 €/kwh	8553,60	€uros
Taladrina	Consumo anual estimado de 50 litros ( 5% ) Coste estimado 2,5 €/l	125,00	€uros
Aceite hidráulico	Consumo anual estimado de 100 litros. Coste estimado 3,25 €/l	325,00	€uros
Aire	Consumo estimado de 3 m <sup>3</sup> /día. Coste estimado 8 m <sup>3</sup> /kwh	4,95	€uros
Materia prima	Precio unitario forja 3,78 €	582120,00	€uros
M.O. Fabricación	El puesto de trabajo incluye las 3 primeras operaciones. El objetivo de producción máx es de 516 piezas/turno, Se prevee eficiencia (oe) del 80 %	69.389,53	€uros
Herramientas	(Se detalla en tabla 1)	6797,82	€uros
		subtotal	667.317,7 €uros
(3) Subtotal coste pieza directo: 692323,42 €/(154000 pzs/año) =		<b>4,33</b>	€/pza

**TOTAL COSTE OPERACIÓN DE MECANIZADO (1) + (2) + (3):****4,69 €/pza**

Tabla 1 - cálculo coste unitario pieza en herramientas

Descripción	Nº fillos	Piezas / filo	Pzs / ud.	Precio / ud.	Importe	unidad
Broca punteado	2	600	1200	27,47	0,023	€uros/ pieza
Inserto de desbaste	4	75	300	2,45	0,008	€uros/ pieza
Inserto de acabado	4	150	600	3,85	0,006	€uros/ pieza
Inserto de refrentado	4	150	600	4	0,007	€uros/ pieza
Subtotal coste herramienta					<b>0,044</b>	€uros/ pieza

***ANEXO I***

***ESQUEMA***

***DE UNA TRANSMISION***



# ANEXO 1 : ESQUEMA DE UNA TRANSMISION

## Funciones y tipos

### ◆ Función:

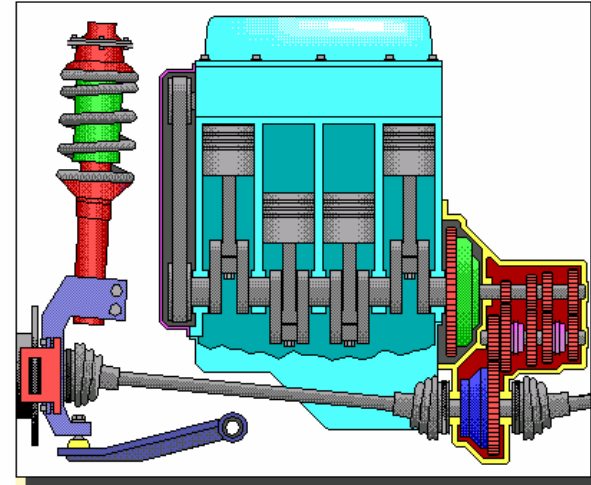
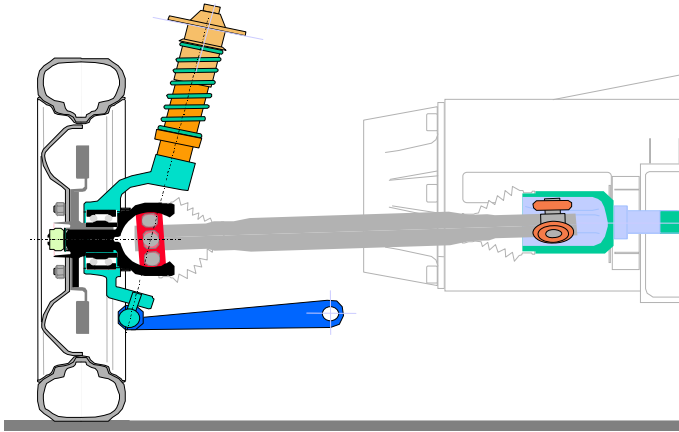
- Transmitir movimiento de giro desde la caja de cambios hasta las ruedas. ( para transmision delantera ).
- Base para apriete rodamientos delanteros.
- Aportar señal al sistema ABS mediante el anillo ABS.

### ◆ Tipos:

- Traccion delantera, trasera o ejes de propulsión.
- Juntas: exteriores ( CV ) o Interiores ( Tripode, Ranuras Cruzadas).
- Ejes: solidos y tubulares

# ANEXO 1 : ESQUEMA DE UNA TRANSMISION

## Funcionamiento Básico

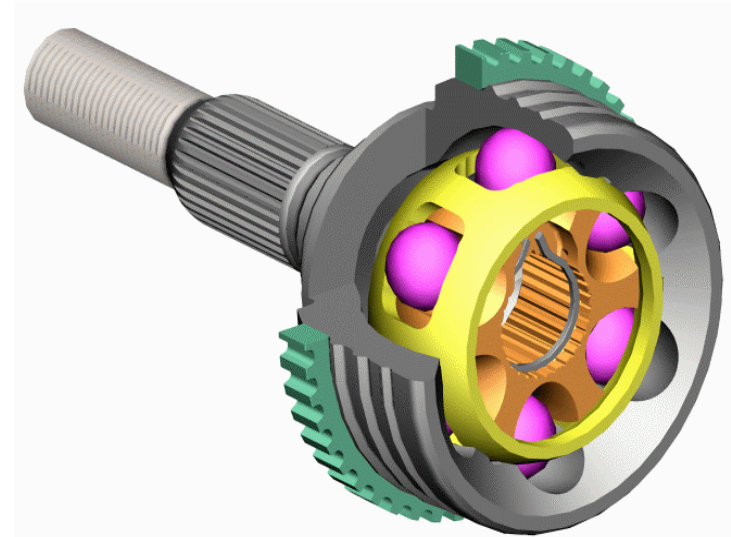


Detalle de Transmisión de Movimiento de giro :  
Motor - Caja de Cambios y Diferencial -  
Junta Interior - Eje - Junta Exterior - Rueda

# ANEXO 1 : ESQUEMA DE UNA TRANSMISION

## Juntas Exteriores (Diseño)

Tienen capacidad de angulación ( aprox  $45^{\circ}$  )  
Tipo CV ( Rzeppa )



Existen diferentes tamaños según su capacidad de transmitir par : 14, 19, 23, 27 ( NM x 100 )

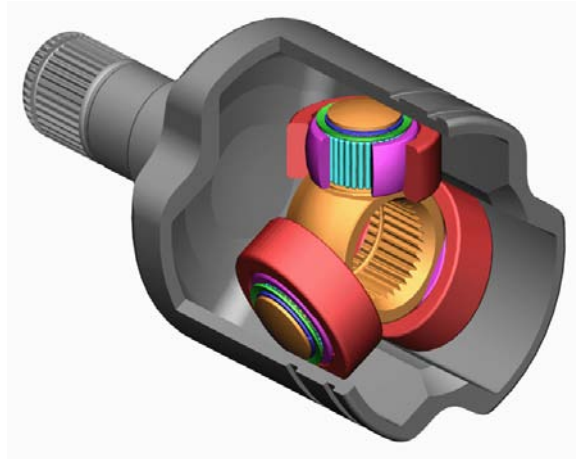
Componentes :

Pista Exterior, Pista Interior, Jaula, Bolas ( 6 ), Anillo de retencion, Anillo deflector, Anillo ABS (solo aplicaciones ABS ), fuelles y abrazaderas.

# ANEXO 1 : ESQUEMA DE UNA TRANSMISION

## Juntas Interior TP (Diseño)

Tienen capacidad de angulación ( aprox  $25^\circ$  ) y de desplazamiento axial



Existen diferentes tamaños según su capacidad de transmitir par : 14 , 16 ( NM x 100 )

Componentes :

Pista Exterior (Housing) , Araña (Spider), Bolas (3), Rodillos, anillos de retención, anillo deflector, fuelle grasa y abrazaderas.

# ANEXO 1 : ESQUEMA DE UNA TRANSMISION

## Ejes ( Diseño y Proceso )

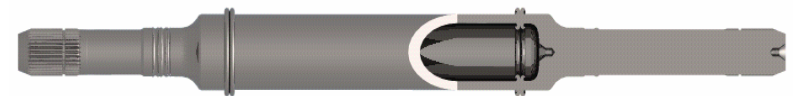
Solidos :

Barras cortadas a longitud, torneado, laminado de estrias, temple por inducción y pintado o fosfatado.



Tubulares :

Tubo y vastagos, soldados por fricción en ambos extremos y templados por inducción.

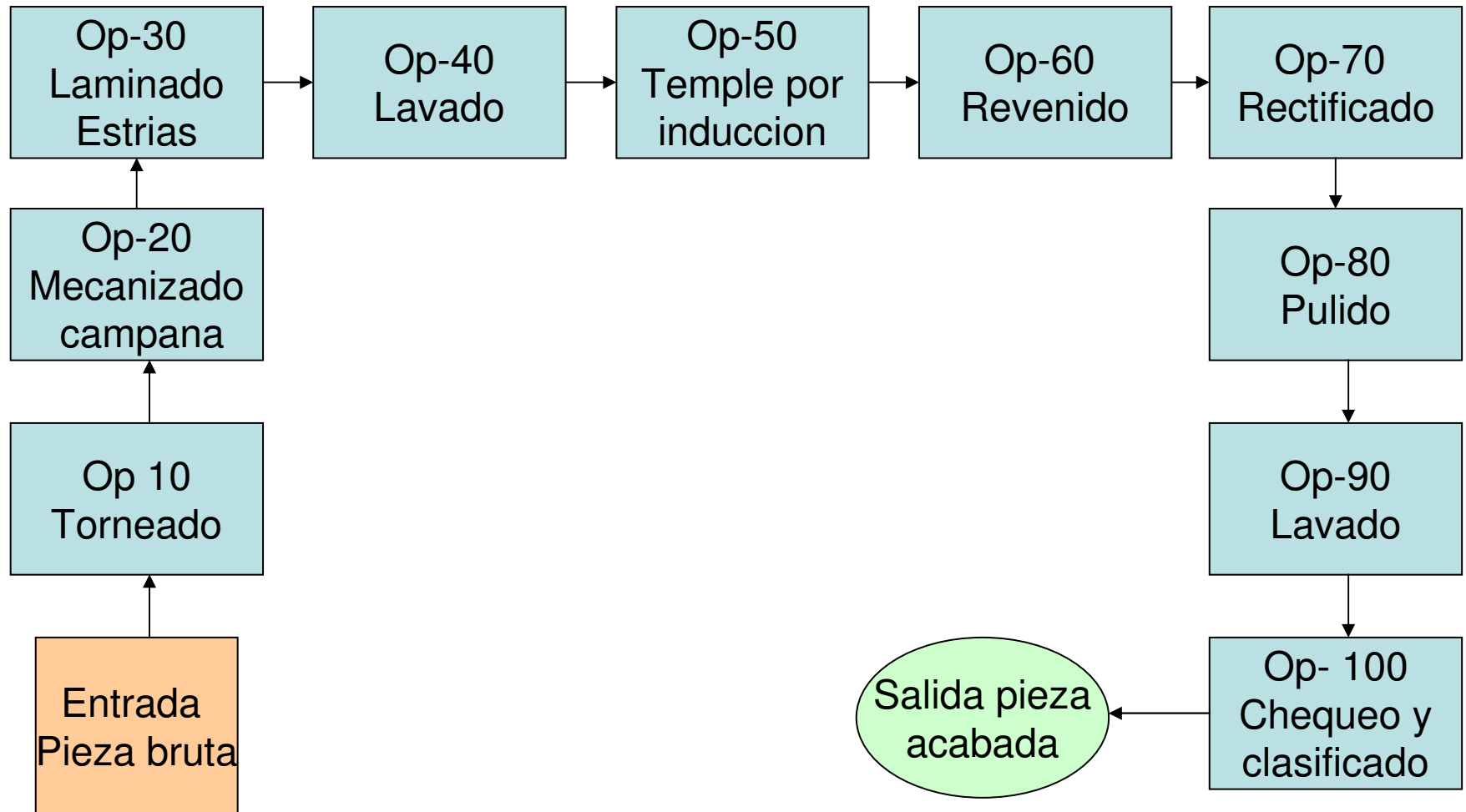


***ANEXO II***

***SECUENCIA DE***

***OPERACIONES***

## ANEXO 2: SECUENCIA DE OPERACIONES



***ANEXO III***

***ESTUDIO DE***

***SEGURIDAD Y SALUD***

***LABORAL***



# INFORME DE EVALUACION DE RIESGOS

NOMBRE DEPTO. Y NUM.:		HOUSING		NIVEL PRIORIDAD	}	I: Situación crítica. Corrección urgente
F. EVALUACION	F. REVISION	EQUIPO EVALUADOR				II: Corregir y adoptar medidas de control
		DEPARTAMENTO PREVENCIÓN				III: Mejorar si es posible. Justificar intervención y su rentab.
						IV: No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique
PUESTO DE TRABAJO	FUENTE DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	N.R.	ACCIONES PREVENTIVAS		
RIESGOS GENERALES	Agentes Materiales	A) HERRAMIENTAS: (Golpes, cortes, atrapamientos) Mantenimiento y uso inadecuado, carencia de herramientas adecuadas.	IV	A) HERRAMIENTAS: Revisar y mantener en buen estado. Utilizar EPI'S adecuados para su manejo.		
		B) INSTALACIONES: (Golpes, caídas, atropellos, incendio, explosión) Pasillos, escaleras, tráfico y puestos de trabajo mal diseñados y señalizados.		B) INSTALACIONES (R.D. 486/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo): Mantener en buen estado y correctamente señalizados.		
		C) MAQUINAS: (Atrapamientos, golpes, cortes, proyecciones) Sistemas de seguridad inadecuados, vulnerados o defectuosos.		C) MAQUINAS: (R.D. 1215/1997 Disposiciones mínimas relativas a utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo) Revisar y mantener en buen estado. Utilización de EPI'S adecuados.		
		D) SUSTANCIAS PELIGROSAS: (Exposición, contacto, inhalación, absorción) Carencia de información y del uso correcto de los EPI'S adecuados.		D) SUSTANCIAS PELIGROSAS: (Procedimiento interno PGS 251 de Control de Productos Químicos y PGS 274 de Control de humos y gases) Hoja de Productos Químicos: Instalación en cada puesto de trabajo para información del trabajador. Utilización de los EPI'S adecuados.		
		E) OBJETOS: (Golpes, pisadas, choques, sobreesfuerzos, caídas) Diseño, manipulación y almacenamiento incorrecto.		E) OBJETOS (R.D. 487/1997 Disposiciones mínimas relativas a manipulación manual de cargas) Realizar movimientos ergonómicamente correctos. Utilizar los EPI'S adecuados.		
RIESGOS GENERALES	Entorno Ambiental	A) ORDEN: (Diseño del puesto, golpes, caídas) No mantener estandarización de 5Ss.	IV	A) ORDEN (Anexo II, R.D. 486/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo) Mantener las 5Ss y cumplir con las tareas TPM referentes a este aspecto.		
		B) ILUMINACION: (Reflejos, fatiga visual) Insuficiente o inadecuada.		B) ILUMINACION (Anexo IV, R.D. 486/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo) Adecuar la intensidad al tipo de trabajo a realizar.		
		C) RUIDO: (Estrés) Exposición a niveles de ruido continuos y elevados.		C) RUIDO: (Procedimiento interno PSS 275) Control periódico, señalización y uso de EPI'S adecuados.		
		D) TEMPERATURA: (Estrés térmico) Exposición a calor o frío.		D) TEMPERATURA (Anexo III, R.D. 486/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo y Procedimiento interno PGS 276) Control continuo de la temperatura y uso de ropa adecuada a las condiciones del puesto.		
		E) VIBRACIONES: Exposición a vibraciones.		E) VIBRACIONES: Actuación sobre los focos productores y activadores de las vibraciones. Modificación de la frecuencia de resonancia. Utilización de materiales aislantes o absorbentes.		
RIESGOS GENERALES	Características Personales	A) CONOCIMIENTOS:	IV	A) CONOCIMIENTOS: Selección de personal, formación adecuada al trabajador, condiciones de trabajo correctas, cuidar la organización del trabajo y los sistemas de motivación e información..		
		B) ACTOS INSEGUROS: Insuficiente formación, información, motivación.		B) ACTOS INSEGUROS: (Procedimiento interno PGS 252) Observaciones Preventivas de Seguridad		
		C) APTITUDES: Capacidades del trabajador.		C) APTITUDES: Selección de personal, formación adecuada al trabajador, condiciones de trabajo correctas, cuidar la organización del trabajo y los sistemas de motivación e información, reconocimientos médicos periódicos.		

# INFORME DE EVALUACION DE RIESGOS

NOMBRE DEPTO. Y NUM.:		HOUSING		NIVEL PRIORIDAD	I: Situación crítica. Corrección urgente II: Corregir y adoptar medidas de control III: Mejorar si es posible. Justificar intervención y su rentab. IV: No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique
F. EVALUACION	F. REVISION	EQUIPO EVALUADOR			
		DEPARTAMENTO PREVENCION			
PUESTO DE TRABAJO	FUENTE DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	N.R.	ACCIONES PREVENTIVAS	
		D) ACTITUDES: Sobrecarga e infracarga física y Psíquica, medio ambiente, satisfacción en el trabajo, condiciones de organización, necesidades de cultura, consideraciones personales fuera del trabajo.		D) ACTITUDES: Implementación del DMS y mejora continúa	
RIESGOS GENERALES	Organización	A) FORMACION:	IV	A) FORMACION: Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (art.19). (Procedimiento interno PGS 254) Formación periódica a cargo de toda la línea jerárquica y Departamento de Prevención.	
		B) COMUNICACIONES:		A) COMUNICACIONES: Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de PRL (art.18). Comunicación vertical y horizontal.	
		C) PROCEDIMIENTOS:		C) PROCEDIMIENTOS: Los procedimientos de trabajo deben de constar por escrito y estar a disposición de los trabajadores en aquellos riesgos que les afecten. (Aprobación por el Comité de Seguridad y Salud)	

# INFORME DE EVALUACION DE RIESGOS

NOMBRE DEPTO. Y NUM.:		HOUSING		NIVEL PRIORIDAD	I: Situación crítica. Corrección urgente II: Corregir y adoptar medidas de control III: Mejorar si es posible. Justificar intervención y su rentab. IV: No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique
F. EVALUACION	F. REVISION	EQUIPO EVALUADOR			
		DEPARTAMENTO PREVENCIÓN			
PUESTO DE TRABAJO	FUENTE DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	N.R.	ACCIONES PREVENTIVAS	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	PASILLOS	Golpes Caídas por sustancias derramadas Atropellos	IV	Mantener vías de paso libres de materiales u obstáculos que reduzcan el ancho de las mismas. Evitar realizar apilamientos de materiales fuera de las zonas habilitadas al efecto. Delimitar mediante señalización las vías de paso de vehículos y de personas. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 486/1997</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	ESPACIOS DE TRABAJO	<b>Caídas por suelo muy resbaladizo</b> Golpes Pisadas sobre objetos	III	<b>Extremar cuidado y mantener limpio el suelo</b> Efectuar controles periódicos del orden y la limpieza de las áreas de trabajo. Revisar periódicamente los espacios de trabajo y retirar aquellos materiales y equipos de la sección que no se empleen o no tengan un cometido especial Señalización riesgos específicos de la zona. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 486/1997</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	ESCALERAS	Caídas desde plataformas Caídas Golpes	IV	Establecer un plan de revisiones periódicas de las escaleras manuales, plataformas portátiles , ... Efectuar controles periodicos del orden y la limpieza de las áreas de trabajo. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 486/1997</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	MAQUINAS	Golpes Cortes Proyección de partículas Atrapamientos Contactos eléctricos Quemaduras con piezas, inductora. Quemaduras con piezas, soldadora. Sustancias nocivas Sobreesfuerzos Posturas Forzadas	IV	Controlar y revisar el buen estado de los sistemas de seguridad de cada máquina. Información / Formación al trabajador del uso correcto de los equipos de trabajo. Utilización correcta de los E.P.I.s. Información / formación en manipulación manual de cargas y ergonomía postural. <b>R.D. 1215/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. <b>R.D. 1435/92</b> Disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>PGS 255</b> Aprobación , entrega y control de Epis. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo <b>R.D.487/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.	

# INFORME DE EVALUACION DE RIESGOS

NOMBRE DEPTO. Y NUM.:		HOUSING		NIVEL PRIORIDAD	I: Situación crítica. Corrección urgente II: Corregir y adoptar medidas de control III: Mejorar si es posible. Justificar intervención y su rentab. IV: No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique
F. EVALUACION	F. REVISION	EQUIPO EVALUADOR			
		DEPARTAMENTO PREVENCION			
PUESTO DE TRABAJO	FUENTE DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	N.R.	ACCIONES PREVENTIVAS	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	HERRAMIENTAS	Golpes Cortes Proyección de partículas Atrapamientos Contactos eléctricos Sobreesfuerzos Posturas forzadas	IV	Selección correcta de las herramientas para el trabajo a realizar. Mantenimiento de las herramientas en buen estado, con sustitución de las defectuosas. Uso correcto de las herramientas. Almacenamiento y transporte correctos. Información a los trabajadores acerca de los riesgos derivados del uso de herramientas manuales , normas de uso (y mantenimiento) y riesgos derivados del uso incorrecto del equipo. <b>R.D. 1215/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.(Anexo II ). <b>PGS 270</b> Seguridad y Trabajo para operadores de Prensa. <b>PGS 268</b> Manejo del puente grúa. <b>NTP-155</b> Cables de acero. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>Control y Vigilancia de la Salud.</b>	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	EQUIPOS MÓVILES	Golpes Caídas Atrapamientos Atropellos Sobreesfuerzos Contactos Eléctricos	IV	Uso de los equipos de elevación por personal autorizado . (personal de mantenimiento solo necesita autorización para manejo de puente grúa). Uso de los Epis adecuado a cada tarea. Utilizar zonas peatonales por pasillos. Llevar un mantenimiento del estado de todos los vehículos. Formación/Información de los trabajadores que conduzcan estos vehículos. <b>PGS 263</b> Operadores de Equipos Móviles <b>PGS 268</b> Manejo del Puente Grúa o Grúa de Transmisión Alta. <b>PGS 255</b> Aprobación, entrega y control de Epis.	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO DE OBJETOS	Caídas Pisadas sobre objetos Golpes Cortes Atrapamientos Sobreesfuerzos	IV	Usar los medios mecánicos disponibles para realizar estas tareas. Información /Formación en técnicas de manipulación manual de cargas. Uso de los Epis adecuados a la tarea. Establecer o delimitar zonas para el almacenamiento y colocación de palets y cajas de materiales. Señalizar estas zonas. Establecer normas e instrucciones para la mejora de las condiciones en el almacenamiento en estanterías, criterios de almacenaje, etc. <b>PGS 255</b> Aprobación , entrega y control de Epis. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D.487/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.	

# INFORME DE EVALUACION DE RIESGOS

NOMBRE DEPTO. Y NUM.:		HOUSING	NIVEL PRIORIDAD	I: Situación crítica. Corrección urgente II: Corregir y adoptar medidas de control III: Mejorar si es posible. Justificar intervención y su rentab. IV: No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique
F. EVALUACION	F. REVISION	EQUIPO EVALUADOR		
		DEPARTAMENTO PREVENCIÓN		
PUESTO DE TRABAJO	FUENTE DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	N.R.	ACCIONES PREVENTIVAS
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	INSTALACION ELECTRICA	Contactos eléctricos Incendios	IV	Señalar el riesgo eléctrico en el cuadro , conectar a tierra la puerta del cuadro eléctrico; comprobar periodicamente el correcto funcionamiento de la protección diferencial por medio del pulsador de pruebas. Mantener las puertas de los cuadros cerrados, en especial los cuadros que presentan partes activas en tensión dentro de los mismos. Establecer medios que restrinjan el acceso a cualquier persona no autorizada al interior de los mismos. Deberá garantizarse un espacio mínimo alrededor de los cuadros eléctricos que no este invadido por materiales. Dejar libre el espacio alrededor de los cuadros electricos. Seguir correctamente los Procedimientos Generales de Seguridad eléctricos. Los trabajos en elementos de la instalación eléctrica serán realizados por personal autorizado según los PGS. La instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales. Personal técnicamente competente, efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté más seco. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se p
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	APARATOS A PRESION	Explosión Quemaduras	N/A	Realizar las revisiones periódicas de estas instalaciones, sometidas a sus correspondiente ITC según reglamento , y pruebas cada 10 años por personal autorizado. Realizar mantenimiento periodico de toda la instalación y las reparaciones o sustituciones necesarias (Art. 26 y 30 R.A.P.). <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.A.P</b> Reglamento Aparatos a Presión. <b>R.D. 1215/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.(Anexo II ).
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	INSTALACIONES DE GASES	Explosión Incendios Golpes	N/A	Elaborar un criterio de almacenamiento de botellas de acuerdo a las prescripciones reglamentarias: suelo plano, botellas verticales y protegidas contra caídas, separadas combustibles de comburentes, vacías de las llenas, debidamente señalizadas e identificadas cada una de las zonas, etc.. Las tuberías de conducciones de fluidos se señalarán mediante código de colores ( se adjunta información sobre norma UNE) diferentes adecuado ( que deberán conocer todos los trabajadores), de forma complementaria pueden utilizarse etiquetas que identifique el fluido que circula por ellas y su estado. Las tuberías de la instalación contra incendios serán de color rojo. <b>R.A.P</b> Reglamento Aparatos a Presión. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo.
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	INCENDIOS	Caídas Evacuación dificultosa Quemaduras	IV	Se recomienda la revisión (ubicación, estado del mismo y tipo de agente al fuego previsible de los equipos portátiles de extinción en especial los extintores situados a pie de la maquinas . Las BIE's deberán disponer de presión de agua suficiente (> 3,5 Kg de presión). Se deberá de garantizar su uso y su estado correcto. Vigilar que estén en condiciones de uso y se realice periódicamente su desplegado y revisión. Información/Formación sobre planes de emergencia, puntos de reunión,... <b>PGS 250</b> Plan de Emergencia. <b>PGS 251</b> Control de Productos Químicos. <b>PGS 265</b> Seguridad para la descarga de cisternas que contengan material peligroso. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

# INFORME DE EVALUACION DE RIESGOS

NOMBRE DEPTO. Y NUM.:		HOUSING	NIVEL PRIORIDAD	}	I: Situación crítica. Corrección urgente
F. EVALUACION	F. REVISION	EQUIPO EVALUADOR			II: Corregir y adoptar medidas de control
		DEPARTAMENTO PREVENCIÓN			III: Mejorar si es posible. Justificar intervención y su rentab.
PUESTO DE TRABAJO	FUENTE DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	N.R.		ACCIONES PREVENTIVAS
Puesto 1 MECANIZADO:	SUSTANCIAS QUIMICAS	Contacto Inhalación Absorción	IV		Uso de los Epis adecuados a cada tarea Información/Formación sobre los productos manipulados. Ficha de Seguridad del Producto , accesible para trabajador <b>PGS 255</b> Aprobación, entrega y control de Epis. <b>PGS 251</b> Control de Productos Químicos. <b>PGS 271</b> Trabajo en zonas de Tanques con Productos químicos. <b>PGS 280</b> Operaciones en Línea de Cromo. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
Puesto 1 MECANIZADO:	EXPOSICION A CONTAMINANTES BIOLÓGICOS	Infecciones	N/A		Proteger las heridas para evitar la entrada de los fluidos biológicos por vía parenteral Establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo de esta instalación de ventilación, para garantizar un correcto funcionamiento de los equipos de ventilación/climatización (aeroterms, rejillas, difusores, etc.).Este incluirá operaciones de limpieza, eliminación de suciedad y restos, recogida de derrames de agua, sustitución de filtros, etc. <b>PGS 255</b> Aprobación, entrega y control de Epis.
Puesto 1 MECANIZADO:	RUIDO	<b>Ruido cuando estan las 3 máquinas funcionando</b> Exposición a nivel superior a 90 dBA Exposición a nivel entre 80 y 85 dBA Exposición a nivel entre 85 y 90 dBA Exposición a nivel superior a 55 dBA en trabajos que requieran concentración.	III		<b>Utilizar protectores auditivos para evitar los ruidos</b> Uso obligatorio de protección auditiva. Uso recomendado de protección auditiva. Como medida general, dada la gran variabilidad en el tiempo de exposición, se recomienda la utilización de EPI's para aquellas tareas en las que se generan niveles de ruido en los que se dificulte la conversación a medio metro de distancia. <b>PGS 275</b> Control de los Ruídos. <b>PGS 255</b> Aprobación, entrega y control de Epis. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 1316/89</b> Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo <b>R.D 488/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a puestos con PVDs.
Puesto 1 MECANIZADO:	TEMPERATURA	Estrés térmico Superior a 24° Estrés térmico Inferior a 17°	IV		Información a los trabajadores acerca de los riesgos derivados de la exposición a temperaturas extremas, prestando especial importancia a las temperaturas altas (golpes de calor), así como especificaciones en relación con la ingesta de alcohol, comidas grasas, cafeína, determinados medicamentos, etc. Disponer de ropa de trabajo adecuada para la realización de trabajos a la intemperie, con baja temperatura y/o condiciones climáticas adversas. Establecer control y coordinación de tareas para tratar de evitar la exposición brusca ó continuada. Información a los trabajadores de las posibilidades de control térmico de los sistemas existentes. <b>PGS 276</b> Temperatura y aire Acondicionado. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 486/1997</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. <b>R.D 488/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a puestos con PVDs. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

# INFORME DE EVALUACION DE RIESGOS

NOMBRE DEPTO. Y NUM.:		HOUSING		NIVEL PRIORIDAD	I: Situación crítica. Corrección urgente II: Corregir y adoptar medidas de control III: Mejorar si es posible. Justificar intervención y su rentab. IV: No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique
F. EVALUACION	F. REVISION	EQUIPO EVALUADOR			
		DEPARTAMENTO PREVENCION			
PUESTO DE TRABAJO	FUENTE DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	N.R.	ACCIONES PREVENTIVAS	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	ILUMINACION	Fuentes de luz insuficiente o inadecuada Nivel de iluminación excesivo o insuficiente	IV	Adaptar el nivel de iluminación a la tarea a realizar. <b>R.D. 486/1997</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. <b>R.D 488/97</b> Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a puestos con PVDs. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo.	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	VIBRACIONES	Exposición a vibraciones	N/A	Mediciones periódicas en trabajos donde se este expuesto a vibraciones. Utilización de materiales que absorban las vibraciones producidas por equipos ,herramientas,... <b>Norma ISO 2631</b> Guía para la estimación a vibraciones globales del cuerpo	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	RADIACIONES	Exposición a radiaciones no ionizantes	N/A	Uso de los Epis adecuados en los trabajos de soldadura eléctrica. <b>Criterio técnico I.N.S.H.T.</b> Radiaciones no ionizantes. Prevención de Riesgos. <b>PGS 255</b> Aprobación, entrega y control de Epis. <b>PGS 256</b> Prácticas Seguras de Trabajo. <b>R.D. 485/97</b> Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	CARGA FISICA	Fatiga física por postura (usuario de PVD) Fatiga física por postura Fatiga física por desplazamiento Fatiga física por esfuerzo Fatiga física por manejo de cargas Fatiga física por desplazamiento de carros	IV	Adecuar puestos de usuarios de PVDs a condiciones ergonómicas dispuestas en R.D 488/97. Estudiar viabilidad de automatización del proceso o en su defecto la utilización de ayudas mecánicas que eviten o minimicen la manipulación directa por parte del trabajador. Diseñar el proceso o puesto de trabajo con el objeto de evitar movimientos de giro de tronco o inclinación de este en el momento de la manipulación manual de cargas y de evitar la manipulación de cargas en alturas extremas (por encima de los hombros o a nivel del suelo). Información/Formación sobre Técnicas correctas de manipulación manual de cargas y de los riesgos derivados de la exposición a movimientos repetidos y cómo prevenirlos. Diseño ergonómico de los carros. Llevar un control y mantenimiento del estado de ruedas, ejes,... Se deberán corregir posturas y movimientos anómalos o forzados, los apoyos prolongados, los movimientos y esfuerzos repetidos. Se adoptarán medidas organizativas: rotaciones//pausas más frecuentes en el puesto de trabajo, de forma provisional//definitiva, para evitar lesiones.	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	CARGA PSIQUICA	Fatiga mental por recepción de la información Fatiga mental por tratamiento de la información Fatiga mental por respuesta a la información	IV	Debe facilitarse la detección y discriminación de las señales. Adecuación de la cantidad y complejidad de la información recibida. Tener presente principios ergonómicos en el diseño y mejora del puesto. Para trabajo nocturno: - Reducir al mínimo posible la actividad laboral nocturna. - Acceso voluntario (especialmente en las personas mayores o vulnerables) al trabajo nocturno. - Ante los turnos fijos, proponer la rotación. <b>Cuestionario 20 I.N.S.H.T</b> Carga Mental <b>Cuestionario 21 I.N.S.H.T</b> Trabajos aTurnos	
<b>Puesto 1</b> MECANIZADO:	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	Insatisfacción por bajo contenido del trabajo Insatisfacción por monotonía del trabajo Insatisfacción por el rol del trabajo Insatisfacción por baja autonomía del trabajo Insatisfacción por falta de comunicación en el trabajo Insatisfacción por las relaciones del trabajo	IV	Para monotonía/repetitividad: - Alternar, ampliar y enriquecer actividades y tareas de trabajo. - Establecer un programa adecuado de pausas. - Establecer rotaciones entre puestos. <b>Cuestionario 22 I.N.S.H.T</b> Factores de Organización	

**ESTUDIO PUESTO TRABAJO: CELULA MECANIZADO HOUSING**

**EVALUACION DEL METABOLISMO DE TRABAJO**

<b>EVALUACION DE LA CARGA ESTATICA POSTURAL</b>		<b>(1) Duración postura/hora (en min.)</b>	<b>(2) Numero de horas trabajo/día</b>	<b>(3) Consumo de Kcal por minuto</b>	<b>(4) Consumo Kcal/día (1x2x3)</b>
Sentado	Normal	0	0	0,06	0
	Curvado	0	0	(+) 0,09	0
	Brazos por encima de los hombros	0	0	(+) 0,10	0
En pié	Normal	60	8	0,16	<b>76,8</b>
	Brazos por encima de los hombros	0	0	(+) 0,14	0
	Curvado o brazos extensión frontal	10	8	(+) 0,21	<b>80</b>
	Fuertemente curvado	0	0	(+) 0,40	0
Arrodillado	Normal	0	0	0,27	0
	Curvado	0	0	(+) 0,04	0
	Brazos por encima de los hombros	0	0	(+) 0,09	0
Tumbado	Brazos elevados	0	0	0,06	0
En cuclillas	Normal	0	0	0,26	0
	Brazos por encima de los hombros	0	0	(+) 0,01	0
<b>TOTAL CARGA ESTATICA POSTURAL</b>					<b>156,8</b>

<b>EVALUACION DE LA CARGA FISICA DEL DESPLAZAMIENTO</b>		<b>(1) Numero de metros por hora</b>	<b>(2) Numero de horas al día</b>	<b>(3) Consumo de Kcal por minuto</b>	<b>(4) Consumo Kcal/día (1x2x3)</b>
Horizontales	Normal	480	8	0,04	<b>153,6</b>
Verticales	Ascenso	0	0	0,73	0
	Descenso	0	0	0,20	0
<b>TOTAL CARGA FISICA DEL DESPLAZAMIENTO</b>					<b>153,6</b>

<b>EVALUACION DE LA CARGA FISICA MUSCULAR</b>					
<b>Músculos empleados</b>	<b>Intensidad del esfuerzo</b>	<b>(1) Duración del esfuerzo en Min/Hora</b>	<b>(2) Número de horas/día trabajadas</b>	<b>(3) Consumo de Kcal/Min</b>	<b>(4) Consumo Kcal/Día (1x2x3)</b>
Manos	Ligero	30	8	0,5	<b>120</b>
	Medio	0	0	0,8	0
	Pesado	0	0	1,0	0
1 Brazo	Ligero	0	0	0,9	0
	Medio	30	8	1,4	<b>336</b>
	Pesado	0	0	2,0	0
2 Brazos	Ligero	0	0	1,7	0
	Medio	0	0	2,2	0
	Pesado	0	0	2,8	0
1 Pierna	Ligero	0	0	0,7	0
	Medio	0	0	1,1	0
	Pesado	0	0	1,5	0
Cuerpo	Ligero	0	0	3,2	0
	Medio	0	0	5,0	0
	Pesado	0	0	7,2	0
<b>TOTAL CARGA FISICA MUSCULAR</b>					<b>456</b>



**CONSUMO SEGÚN LA IMPORTANCIA DE LA CARGA (Kcal/metro)**

Carga Kg	K llevar Kt (1)	K levantar KI (2)	K bajar Kb (3)	K subir Ks (5)	K descender Kd (5)
0	0,047	0,32	0,08	0,73	0,20
2	0,049	0,35	0,09	0,74	0,21
5	0,051	0,38	0,11	0,75	0,22
7	0,052	0,41	0,14	0,77	0,24
10	0,054	0,49	0,18	0,80	0,27
12	0,056	0,53	0,21	0,83	0,30
15	0,059	0,60	0,26	0,86	0,33
18	0,062	0,66	0,32	0,90	0,37
20	0,065	0,75	0,36	0,93	0,40
22	0,068	0,83	0,40	0,96	0,42
25	0,072	0,94	0,46	1,00	0,46
27	0,076	1,04	0,52	1,02	0,48
30	0,080	1,19	0,59	1,07	0,52
32	0,083	1,32	0,67	1,11	0,55
35	0,090	1,52	0,75	1,15	0,59
37	0,094	1,68	0,82	1,18	0,62
40	0,100	1,90	0,94	1,24	0,67
45	0,111	2,37	1,20	1,33	0,76
50	0,122	2,97	1,55	1,42	0,86

E = Consumo energético en Kcal/hora.

N = Número de veces de la operación; número de recorridos ida y vuelta por hora.

L = Longitud del recorrido en metros (ida y vuelta)

H1 = Distancia de elevación de la carga respecto al cuerpo en metros; altura total de subida o bajada de la carga en un recorrido.

H2 = Altura del desnivel vertical del recorrido en metros.

$$E = N ( L ( Kt_{ida} + Kt_{vuel} ) + H1 ( KI + Kb ) + H2 ( Ks - Kd ) )$$

**EVALUACION DE LA CARGA FISICA POR TRANSPORTE Y MANIPULACION**

<b>N</b>	Número de veces de la operación; número de recorridos ida y vuelta por hora.	60	60
<b>L</b>	Longitud del recorrido en metros (ida y vuelta)	8	0,050
<b>H1</b>	Altura total de subida o bajada de la carga en un recorrido, en metros	0,00	0,36
<b>H2</b>	Altura del desnivel vertical del recorrido en metros.	0,00	0,00
<b>Número de horas/día trabajadas</b>		8,00	8,00
<b>Consumo energético en Kcal/día</b>		<b>E =</b>	<b>384,00</b>

CONCEPTO	CARGA METABOLICA MEDIA Kcal/día
CARGA ESTATICA POSTURAL	156,8
CARGA DINAMICA DESPLAZAMIENTOS	153,6
CARGA ESFUERZOS MUSCULARES	456
TRANSPORTE Y ELEVACION CARGAS	384
<b>TOTAL CARGA METABILICA MEDIA DIARIA</b>	<b>1.150</b>

**RESULTADO NIVEL DE LA ACTIVIDAD**

NIVEL DE ACTIVIDAD	METABOLISMO DE TRABAJO
<b>Trabajo ligero</b>	<b>&lt; 1600 Kcal / Jornada</b>
<b>Trabajo medio</b>	<b>1600 a 2000 Kcal / Jornada</b>
<b>Trabajo pesado</b>	<b>&gt; 2000 Kcal / Jornada</b>

Valores medios calculados para grandes períodos de tiempo.

# PRACTICA SEGURA DE TRABAJO

## Mecanizado Housing

### EQUIPO DE PROTECCION REQUERIDOS:

- Gafas de seguridad
- Guantes SOL-KNIT RUG
- Guantes CRUSADER FLEX
- Zapatos de seguridad

### EQUIPO DE PROTECCIÓN RECOMENDADO

- Protección auditiva Ears-Cap: 3261
- Uso de cremas protectoras barrera

### RIESGOS GENERALES DEL PUESTO

- SOBRESFUERZOS
- ATRAPAMIENTOS
- GOLPES Y CORTES
- CAIDAS
- CONTACTO TALADRINA, ACEITE.

### 1º. RIESGOS EN LA PUESTA EN MARCHA

**COMPROBAR** QUE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD SE ENCUENTRAN OPERATIVOS Y EN BUEN ESTADO.  
**COMPROBAR** EL CIERRE DE ARMARIOS ELECTRICOS.

### 2º. RIESGOS DE CARGA O ENTRADA DE MATERIAL

**GOLPES** CAIDAS DE PIEZAS. USO DE EPIS.

**POSTURAS FORZADAS** AL COGER PIEZAS DE LA ZONA INFERIOR DEL CONTENEDOR .-**PRECAUCIÓN.**

### 3º. RIESGOS DEL PROCESO O CICLO DE TRABAJO

**CONTACTO CON SUSTANCIAS NOCIVAS (TALADRINA - ACEITE)** - USO DE GUANTES SOL-VEX

**CONTACTO CON SUSTANCIAS NOCIVAS** - RENOCLEAN S-211 BF PARA LAVADORA . USO DE GAFAS ANTÓMICAS Y GUANTES. SEGUIR MEDIDAS INDICACIONES DE LA FICHA DE SEGURIDAD .

**SOBRESFUERZOS** BANCO DE CLASIFICADO MANUAL.- **PRECAUCION.**- AL COLOCAR Y QUITAR PIEZAS, NO REALIZAR MOVIMIENTOS BRUSCOS .

### 4º. RIESGOS DE DESCARGA O SALIDA DE MATERIAL

**GOLPES** CAIDAS DE PIEZAS. USO DE EPIS.

**SOBRESFUERZOS** EMPUJE DE CARROS . NO REALIZAR MOVIMIENTOS BRUSCOS. CONTROLAR ESTADO DE RUEDAS DE LOS CARROS.

### 5º. RIESGOS EN AJUSTES O CAMBIOS DE HERRAMIENTAS

**CORTES** EN EL AJUSTE Y CAMBIOS DE CUCHILLAS - **PRECAUCIÓN**

**GOLPES CONTRA OBJETOS.** CAMBIO DE CUCHILLAS. LIMPIAR HERRAMIENTA Y ZONA DE TALADRINA.

### 6º. RIESGOS EN CAMBIOS DE MODELO

NO SE OBSERVAN

### 7º. RIESGOS EN TAREAS TPM

**CAIDAS** AL REALIZAR TAREAS DE LIMPIEZA- **PRECAUCIÓN**

**CORTES** LIMPIAR VIRUTAS, USAR UTILES - **PRECAUCIÓN**

**PROYECCIONES** VIRUTAS EN OPERACIÓN LIMPIEZA CON AIRE APRESIÓN . USO DE **GAFAS DE SEGURIDAD.**  
**PRECAUCION.**

### 8º. RIESGOS EN REPARACIONES HABITUALES

NO SE OBSERVAN



**Todos los accidentes son evitables**

# *ANEXO IV*

## *CONCEPTOS TEORICOS*

*Y*

## *DEFINICIONES*

***ANEXO IV.- CONCEPTOS TEÓRICOS Y DEFINICIONES***

En este anexo se pretende recoger aquellos conceptos y definiciones que se han considerado útil para entender el contenido del proyecto.

El objetivo es que el lector pueda tener a su alcance los fundamentos mínimos para afrontar un proyecto de este tipo de una forma esquemática y de fácil comprensión.

**PROPIEDADES DEL MATERIAL**

***Maquinabilidad***

Generalmente es definida como la habilidad del material a ser mecanizado o como la facilidad de cortar dicho material con una herramienta de corte.

El concepto de maquinabilidad es ambiguo y no fácil de medir en valores comparativos.

No se trata, pues, de una propiedad definida ni estandarizada.

Sin embargo, conocer la maquinabilidad del material de la pieza a mecanizar resulta esencial con el fin de determinar los factores esenciales que hagan obtener un buen resultado en la operación de mecanizado.

Así, desde el punto de vista operacional de la herramienta de corte condiciona factores como: vida de la herramienta, formación de viruta, acabado superficial, capacidad de metal arrancado, fuerza corte/potencia, tendencia al filo de aportación,...

La tabla siguiente refleja como afectan las propiedades del material a la maquinabilidad:

<b>A MAYOR...</b>	<b>Dureza y resistencia</b>	<b>Ductibilidad</b>	<b>Conducción térmica</b>	<b>Macro-inclusiones</b>	<b>Micro - inclusiones</b>	<b>Aditivos libres</b>
<b>EFFECTO EN LA MAQUINABILIDAD...</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>-/+</b>	<b>+</b>

### ***Dureza***

Normalmente los materiales con valores pequeños de dureza y resistencia son favorables en el mecanizado; sin embargo, normalmente se corresponden con materiales muy dúctiles por lo que darán problemas de aportación de material en la arista de corte provocando un mal acabado superficial y una vida de herramienta corta.

### ***Ductibilidad***

Los valores bajos de ductibilidad son positivos generalmente; la formación de viruta es buena y el proceso de corte es energéticamente efectivo. Una baja ductibilidad viene acompañada de una dureza alta y viceversa.

### ***Conductividad térmica***

Una alta conductividad térmica significa que el calor generado en el proceso de corte es rápidamente conducido fuera de la zona de corte; un valor alto es generalmente positivo desde el punto de vista del mecanizado y puede jugar un papel importante respecto a la maquinabilidad.

### ***Inclusiones***

Se consideran dos tipos, en función del tamaño de las mismas:

- Las **macro inclusiones** son aquellas que tienen un tamaño mayor de 0,15 mm. Son, a menudo, muy duras y abrasivas y están asociadas con aceros de baja calidad dado que son producidas por el proceso de fabricación en el horno, escorias, etc. Muchas rotura de herramientas se pueden producir debido a este tipo de inclusiones.

- Las **micro inclusiones** están siempre presentes en los aceros de una manera extendida; sus efectos sobre la maquinabilidad pueden ser :
  - no deseables, como en el caso de las aluminas, ya que son duras y abrasivas
  - menos deseables, como los óxidos de hierro y manganeso, ya que tienen una mayor deformabilidad y colaboran en la formación de la viruta
  - deseables, como los silicatos a velocidades altas de corte, ya que a altas temperaturas de corte hacen que se forme una capa que protege la zona de corte, haciendo que retrase el desgaste de la herramienta.

### *Aditivos libres*

La manera mas común de mejorar la maquinabilidad de los aceros es añadiendo **azufre**. Si el acero contiene una cantidad suficiente de manganeso el azufre y el manganeso formaran el sulfuro de manganeso. Durante la formación de la viruta, las inclusiones de sulfitos deforman plásticamente y produce planos de baja resistencia a lo largo de los cuales la energía requerida para la iniciación de la rotura y su propagación es muy pequeña. Esto facilita la deformación en la primera zona de contacto y una reducción del espesor de la viruta y temperatura de corte. Además, el sulfito entre la herramienta y la viruta hace de lubricante. Es también importante para determinar la maquinabilidad el tamaño de los sulfitos y su distribución.

Otro aditivo común es el **plomo** que se comporta de manera parecida a los sulfuros de manganeso. Es común ver la combinación de aditivos de azufre y plomo

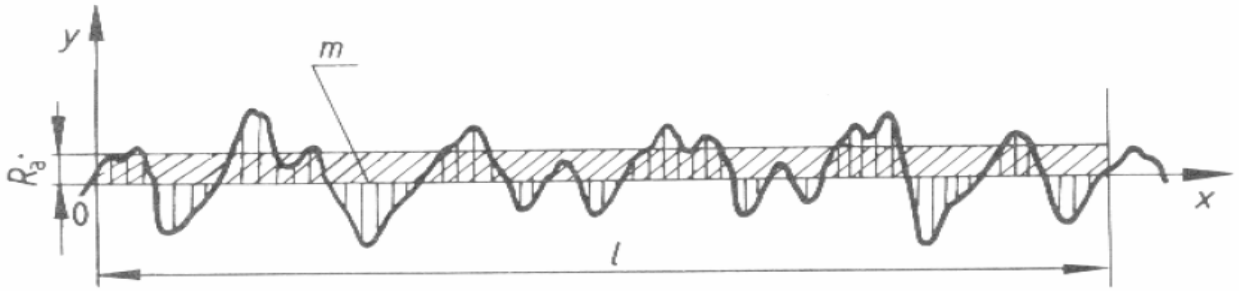
También es usado como aditivo el **selenio** en combinación con el azufre, especialmente en aceros al carbono, aceros inoxidable ferríticos y martensíticos.

## **Rugosidad**

Existe un gran número de parámetros de rugosidad, de los cuales algunos se usan más frecuentemente que otros:

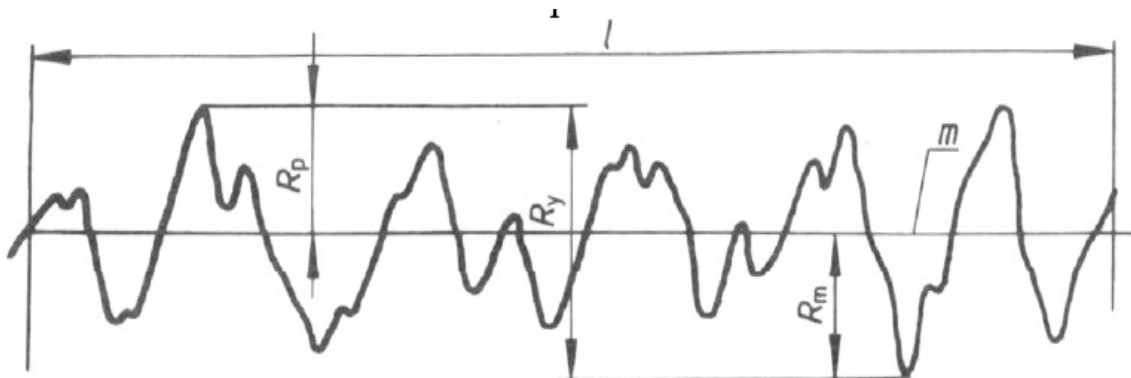
- **Ra** es un parámetro de rugosidad que corresponde a la media aritmética de las desviaciones del perfil con respecto a la línea media y suele definirse como el resultado medio de varias longitudes consecutivas de medida L. Es con diferencia la más usada en todo el mundo. Resulta vital conocer las limitaciones de Ra y usar una combinación adecuada de los parámetros de calidad superficial. Ra es uno de los diferentes parámetros relacionados con las irregularidades de la altura del perfil. Proporciona un promedio de las irregularidades, redistribuyendo el material cuando existen picos excesivos dentro de un área rectangular donde el “cut off” es la longitud base. Como tal no dará una clara indicación de la superficie física. El mismo valor puede medirse para varios tipos de superficie, su uso está también limitado, puesto que las superficies muy desbastadas y las superficies cortas no son adecuadas para ser determinadas por un valor Ra. El perfil para Ra puede obtenerse midiendo con un palpador y un instrumento para obtener el valor matemático de los valores registrados. La longitud de exploración tiene que seleccionarse para excluir las irregularidades al medir la rugosidad, y será lo suficientemente grande como para incluir detalles pero excluirá ondulaciones.

Existen normas que especifican los datos aconsejables para esta evaluación.



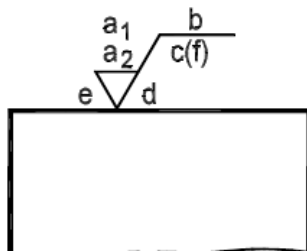
- Otro de los parámetros que a menudo se usa aunque con menos asiduidad es “**Rmax**” (también llamado  $R_y$ ), longitud entre el pico mas alto y el valle mas bajo.

Esta es la distancia entre la línea superior en el pico del perfil y la del fondo de las depresiones. Esta se obtiene por medio de un número de longitudes básicas dentro de la longitud de exploración.



Donde según el dibujo  $R_y = R_p + R_m$

Finalmente, se indica gráficamente las formas de expresar la rugosidad en un plano de dibujo:



- $a_1$  = valor máximo admisible para la rugosidad
- $a_2$  = valor mínimo admisible para la rugosidad
- b = proceso de fabricación, tratamiento o recubrimiento
- c = longitud básica
- d = dirección de las estrías del mecanizado
- e = sobremedida para mecanizado
- f = otros criterios para la valoración de la rugosidad



### ***Rugosímetro***

Instrumento para la medida de la calidad superficial basado en la amplificación eléctrica de la señal generada por un palpador que traduce las irregularidades del perfil de la sección de la pieza.

Sus elementos principales son el palpador, el mecanismo de soporte y arrastre de éste, el amplificador electrónico, un calculador y un registrador.

El patín describirá las ondulaciones de la superficie mientras la aguja recorra los picos y valles del perfil. Así se separan mecánicamente ondulación y rugosidad que son simplemente desviaciones respecto de la superficie geométrica con distinta longitud de onda.



Vista de un rugosímetro actual operado mediante ordenador

## **PARAMETROS DE MECANIZADO**

### ***Giro y velocidad de corte***

Las velocidades clave en una operación de mecanizado son:

- velocidad de giro de la pieza ( $n$ ), más orientada a la máquina
- velocidad de corte ( $v_c$ ), más orientada a la operación

El operario de la maquina utilizará estas velocidades con diferentes propósitos:

- La velocidad del husillo es el giro de plato y pieza en revoluciones por minuto. Esta es la velocidad a la que la maquina es conducida, en una maquina moderna con control numérico computerizado, CNC, esta velocidad varia continuamente.
- La velocidad de corte es la velocidad superficial a la cual la herramienta se desplaza a lo largo de la pieza en metros por minuto. Esta es la velocidad a la cual la arista de corte pasa sobre la superficie de la pieza.

Nota: La situación donde la herramienta gira y la pieza está estacionaria es la misma, siendo la única diferencia que la herramienta gira a la velocidad del husillo, haciendo que la arista de corte pase la superficie a mecanizar a una cierta velocidad de corte

La velocidad de giro y la velocidad de corte están directamente relacionadas con el diámetro de la pieza (D) y al mismo tiempo con la circunferencia (C) de la pieza a mecanizar en torneado. La relación constante entre el diámetro y la circunferencia de la pieza es siempre  $\pi$ .

A la hora de seleccionar la velocidad de corte para trabajar es esencial conocer:

- El tipo de material a mecanizar y su dureza
- Forma de las pasadas a lo largo de la pieza y los resultados a obtener.
- Valores operacionales como profundidad de pasada y campos de avance.

### ***Avance de la herramienta***

El régimen de avance de la herramienta ( $f_n$ ) es la distancia recorrida del filo de corte de la herramienta, bien por unidad de tiempo (mm/seg), o por revolución de la pieza a mecanizar (mm/rev, parámetro más usado en la industria del mecanizado).

A modo de resumen, para el torneado de desbastado es necesario escoger una herramienta de gran radio de punta de filo para asegurar una mayor robustez de la arista de corte y de esta forma el mayor avance posible; en cambio, para torneado en acabado son la combinación de avance por vuelta y radio de la plaquita las que determinan el valor teórico del acabado superficial en cuanto a la forma de la profundidad del perfil. Como norma se suele definir el régimen de avance normalmente como la mitad del radio de la herramienta utilizada.

### ***Profundidad de corte***

La profundidad de corte ( $a_p$  – en mm) es la mitad de la diferencia entre el diámetro previo a mecanizar y el obtenido con la mecanización. Se mide siempre perpendicularmente al avance de la herramienta y no sobre el filo de esta.

La profundidad de corte y el ángulo de posición determinan la longitud o ancho de la viruta, es decir la longitud de la arista de corte la cual está en contacto con la pieza.

Con un ángulo de posición de 90 grados la profundidad de corte iguala a la arista de corte pero con un ángulo de 45 grados tendrá una longitud de arista mucho mayor.

Para seleccionar el tamaño de herramienta de corte es necesario conocer cuál va a ser la profundidad de corte mayor durante el proceso de mecanizado de la determinada pieza.

Deben establecerse los valores de longitud de la arista de corte efectiva necesaria teniendo en cuenta ángulo de posición del portaherramientas y profundidad de corte.

Excepto para la mayoría de las herramientas puntiagudas, con ángulos de punta muy pequeños, la longitud efectiva de la arista de corte recomendada debe ser la mitad de la longitud de la arista de la plaquita, con profundidades que en ciertos momentos pueden ser mayores pero durante periodos cortos.

Si la longitud de la arista de corte es más pequeña que la profundidad de corte, se debe seleccionar una herramienta mayor o el corte total debe de hacerse en más de una pasada

Cada forma de herramienta tiene un valor máximo y cada geometría de herramienta afectará a la longitud de la arista de corte efectiva.

### ***Fuerza de corte***

En el mecanizado se necesita mucha potencia para separar las virutas de la pieza. Existe una relación entre la necesidad de potencia para el proceso de corte y las fuerzas de corte implicadas.

Las fuerzas de corte pueden calcularse teóricamente o ser medidas con un dinamómetro,

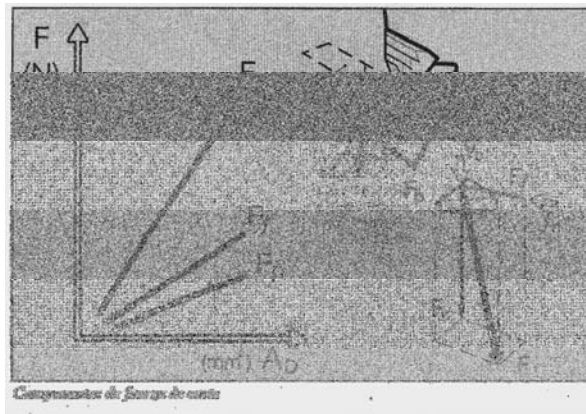
La intensa presión y fricción en el proceso dan lugar a fuerzas que actúan en varias direcciones. El esfuerzo aplicado sobre el filo durante el proceso de corte es principalmente a compresión pero normalmente también existen esfuerzos de cizalladura. Así, desde un punto de vista tridimensional la fuerza de corte puede dividirse en tres componentes:

- Fuerza de corte tangencial,  $F_c$ .: en gran parte, depende del contacto y fricción que tiene lugar, no entre la pieza y la herramienta, sino también dependiendo del tipo de contacto entre la viruta y la cara de desprendimiento del filo de corte. Se ve afectada por la calidad de la formación de viruta real, espesor y rotura de la

misma. El ángulo de desprendimiento también influye en el tamaño de esta componente: ángulos positivos = fuerzas de corte bajas

- Fuerza de corte radial,  $F_p$ : componente de la fuerza que se dirige en ángulo recto respecto a la tangencial desde el punto de corte
- Fuerza de corte axial,  $F_f$ : componente que se dirige a lo largo del avance de la herramienta

La geometría, especialmente el ángulo de posición de la herramienta, determinará el tamaño de estas dos componentes. Adquiere especial relevancia en piezas débiles o en grandes voladizos donde se relacionan como factor significativo de la falta de precisión y/o tendencia a las vibraciones.



A la hora del cálculo de potencia el efecto de la fuerza de corte se expresa a través de la fuerza específica de corte,  $K_c$ , definida como fuerza de corte tangencial necesaria por sección de viruta ( $N/mm^2$ ).

## **ANÁLISIS Y CONTROL DE LA VIRUTA**

### ***Plano y ángulo de cizalladura***

A la superficie divisoria entre la viruta y la pieza que separa el metal deformado del no deformado, se le denomina plano de cizalladura. Este plano tiene un ángulo con respecto a la pieza denominado ángulo de cizalladura.

El plano de cizalladura es la zona donde fluye el material que está siendo mecanizado y donde se genera la viruta. La mayoría de la energía necesaria para el proceso de mecanizado es utilizada en este plano, puesto que el cizallamiento concentrado tiene lugar cuando el metal es empujado contra el filo por la salida de viruta a lo largo de la cara de la herramienta. En la parte posterior de la viruta deformada aparecerán líneas de fluencia después del plano de cizallamiento y la superficie se vuelve áspera y dura debido a la variación de tensión en el metal. El comportamiento plástico del metal en el plano de cizalladura influye en el proceso, puesto que afecta al endurecimiento por tensiones de la viruta y a la superficie de corte.

El contacto entre la viruta y la herramienta a lo largo de la longitud de contacto puede dividirse en tres fases, donde tienen lugar diferentes reacciones principales: adherencia, difusión y abrasión, donde con temperaturas más altas aumentan la difusión y la adherencia.

### ***Formación de viruta***

La formación de la viruta comienza con la curva inicial, y se ve afectada por la combinación de los datos de corte, especialmente el régimen de avance, profundidad de corte, desprendimiento, tipo y condiciones del material y tamaño de la punta del radio. Una viruta de sección cuadrada normalmente significa una presión excesiva, mientras que cuando la sección es rectangular, muy fina, se forman virutas en forma de tiras muy

perjudiciales. Cuando la curva de la viruta se hace mas pequeña para obtener una viruta mas gruesa, la longitud de contacto de la viruta/herramienta se incrementa, y como resultado, se obtiene una mayor deformación y presión.

El espesor excesivo tiene una influencia negativa en el proceso de mecanizado.

Si el régimen de avance se incrementa por encima de los límites para los que ha sido diseñada la geometría de la herramienta la viruta saltará sobre el rompevirutas de la misma, con el efecto de que el mecanizado es llevado a cabo con una geometría negativa. En lugar de hacerlo con una positiva con rotura de viruta equilibrada.

Las virutas en forma de coma o helicoidales, son adecuadas hasta un determinado limite de longitud y se forman con un filo de corte diseñado cuidadosamente.

Aunque en algunos casos esta formación de viruta puede mejorarse con un ángulo de desprendimiento mas negativo y una mayor compresión para conseguir la auto-rotura de la viruta, especialmente con pequeños regimenes de avance, un ángulo de desprendimiento positivo lleva a obtener otras ventajas. Para mayores regimenes de avance un ángulo de desprendimiento mayor puede ser una ventaja para que la curva inicial de la viruta no sea excesivamente cerrada.

La curvatura, dirección, hélice y forma de la viruta son conseguidas dentro de las posibilidades del filo de corte. Cada tipo de plaquita tiene aún geometría desarrollada para proporcionar una formación de viruta satisfactoria dentro de una determinada área de régimen de avance, profundidad de corte y tipos de materiales.

### ***Rotura de la viruta***

Existen varias formas de romper la viruta: auto-rotura, rotura por choque de la viruta con la herramienta y rotura por choque con la pieza. Existen ventajas y desventajas con estas tres alternativas:

- Para la auto-rotura un factor importante es la obtención de una dirección adecuada de la viruta
- Romper la misma contra la herramienta puede ser negativo si el golpe de la viruta tiene lugar sobre el filo de la herramienta.
- Romperla contra la pieza puede ser negativo si el golpe afecta a la calidad de la pieza o cae de nuevo en zona de corte

Siempre se debe evitar una viruta incontrolada, puesto que puede conducir muy rápidamente a la rotura de la herramienta, resultados inferiores del mecanizado, tiempo de parada de máquina y ocasionar daños al operario.

### ***Rompevirutas***

Los materiales de viruta corta necesitan poca o ninguna formación de viruta, mientras que algunos materiales de viruta larga necesitan rompevirutas diseñados en la geometría de la plaquita para deformar la viruta y romperla.

En su forma más simple el rompevirutas era un obstáculo que obstruía la salida de las virutas. Este primer diseño tenía muchas desventajas y en muchos casos tenía un efecto negativo en el rendimiento del mecanizado.

Antes de que fueran desarrolladas las modernas plaquitas de hoy en día se sucedieron varias formas de rompevirutas postizos, rectificadas u obtenidos por sinterización. La actual plaquita de corte intercambiable es una combinación compleja de ángulos planos y radios para optimizar la formación de la viruta a través de la acción de corte, longitud de contacto, rompevirutas, etc.



### ***Tipos de viruta***

El tipo de viruta producida durante el corte de metales depende del material que se está mecanizando y de las condiciones de corte utilizadas. Se distinguen:

- ***Viruta continua:*** Este tipo de viruta es común cuando se mecanizan la mayoría de los metales dúctiles, tales como hierro forjado, acero suave, cobre y aluminio. Puede decirse que el corte bajo estas condiciones es un proceso estable, por ello la mayor parte de la investigación acerca del corte de metales ha estado relacionada con la producción de viruta continua.

Básicamente esta operación consiste en el cizallamiento del material de trabajo y en el deslizamiento de la viruta sobre la cara de la herramienta de corte.

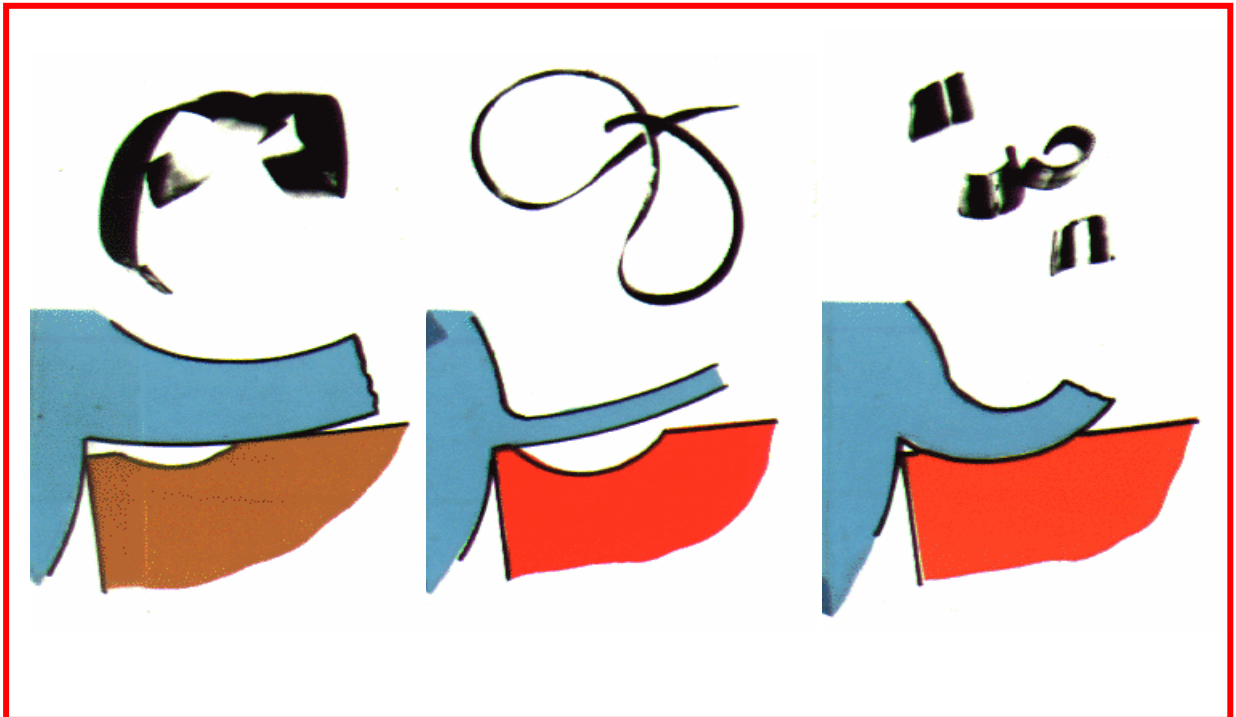
La formación de la viruta tiene lugar en la zona que se extiende desde el filo de la herramienta hasta la unión entre las superficies de la pieza; esta zona se conoce como la zona de deformación primaria. Para deformar el material de esta manera las fuerzas que se transmiten a la viruta en la interfase existente entre ella y la cara de la herramienta son suficientes para deformar las capas inferiores de la viruta a medida que ella se desliza sobre la cara de la herramienta

- ***Viruta continua con recrecimiento de filo:*** bajo ciertas condiciones la fricción entre la viruta y la herramienta es suficientemente grande para que la viruta se suelde a la cara de la herramienta. La presencia de este material soldado aumenta más aún la fricción, y este aumento induce al auto soldado de una mayor cantidad de material de la viruta. El material apilado resultante es conocido como filo recrecido. A menudo el filo recrecido continua aumentando hasta que se aparte a causa de su inestabilidad. Los pedazos son entonces arrancados por la viruta y por la superficie generada en la pieza.

El estudio del recrecimiento del filo de corte en el corte de metales es de suma importancia porque este fenómeno es uno de los principales factores que afectan al acabado superficial y puede tener una influencia considerable en el desgaste de las herramientas

- **Viruta discontinua o quebrada:** Durante la formación de la viruta el material es sometido a grandes deformaciones y, si es frágil, se fracturará en la zona de deformación primaria cuando la formación de la viruta es incipiente. Bajo estas condiciones la viruta se segmenta y esta condición se conoce como formación de la viruta discontinua.

Se producen virutas discontinuas siempre que se mecanizan metales como hierro o bronce fundidos, pero también pueden producirse cuando se mecanizan metales dúctiles a muy baja velocidad y grandes avances.



**Espesor de viruta**

En el corte de metales el espesor de viruta no está solamente dado por la geometría de la herramienta y el espesor de la viruta deformada, sino que también puede ser afectado por las condiciones de fricción existentes entre la zona de contacto de la viruta y la herramienta.

Por esta causa el proceso de corte de metales es fundamentalmente diferente de otros procesos de deformación en los cuales la forma final del material está determinada por la forma o posición de la herramienta.

En el corte de metales antes de hacer predicciones acerca de las fuerzas de corte debe determinarse el espesor de la viruta para que la geometría del proceso sea conocida.

Se ha demostrado que el ángulo de cizalladura permite calcular el espesor de la viruta para unas condiciones de corte dadas.

Experimentalmente este ángulo y el modulo de corte dependen de los materiales de trabajo, de la herramienta y de las condiciones de corte. Se han hecho varios intentos para establecer un modelo teórico que prediga el ángulo de cizalladura:

- **Teoría de Ernst y Merchant** : supone que la viruta se comporta como un cuerpo rígido que se mantiene en equilibrio por la acción de las fuerzas que se transmiten a través de la zona de contacto entre la viruta y la herramienta y a través del plano de cizalladura.

También supone que la totalidad de la fuerza resultante sobre la herramienta se transmite a través de la zona de contacto entre la viruta y la herramienta y que no actúa fuerza alguna en el filo o en el flanco , es decir el esfuerzo de penetración se supone cero .

La base esta teoría fue la suposición de que el ángulo de cizalladura toma un valor tal que minimiza el trabajo requerido en el corte .

Merchant incluyó la teoría de que la resistencia a la cizalladura del material aumenta linealmente con un aumento en el esfuerzo normal que actúa en el plano de cizalladura.

- **Teoría de Lee y Shaffer** : resulta de un intento de aplicar la teoría de la plasticidad al problema del corte ortogonal de los metales. En el tratamiento de problemas que requieren la aplicación de la teoría de la plasticidad es necesario hacer las suposiciones siguientes con respecto del material sometido a esfuerzos :
  1. El material es rígido plástico, lo cual quiere decir que las deformaciones unitarias elásticas son despreciables durante la deformación y que, una vez que se excede el punto de fluencia, la deformación tiene lugar a esfuerzo constante.
  2. El comportamiento del material es independiente de la deformación por unidad de tiempo .
  3. Se desprecian los efectos ocasionados por aumento de la temperatura
  4. Se desprecian los efectos de inercia resultantes de la aceleración del material durante la deformación.

Estas suposiciones han conducido a soluciones útiles para muchos problemas en plasticidad. Ellas se aproximan bastante al comportamiento real del material de trabajo durante el corte de metales a causa de los valores elevados para los esfuerzos y deformaciones unitarias por unidad de tiempo que ocurren en el proceso de corte. Se sabe que el endurecimiento por unidad de tiempo de muchos metales disminuye rápidamente con un aumento en la deformación unitaria y que el efecto de un elevado valor de la deformación unitaria por unidad de tiempo es aumentar la resistencia a la fluencia del material con respecto a su resistencia última .

En la solución de un problema en plasticidad es necesario construir el campo de líneas de deslizamiento. Este campo está compuesto por dos familias de líneas ortogonales que indican en cada punto de la zona plástica y las dos direcciones ortogonales del esfuerzo máximo de cizalladura.

Se puede decir que Lee y Shaffer emplearon el modelo de corte del plano de cizalladura, en donde toda la deformación tiene lugar en un plano que se extiende desde el filo de la herramienta hasta el punto de intersección de las superficies libres de la viruta y de la pieza. Se considera que la forma en la cual las fuerzas de corte aplicadas por la herramienta se transmiten a través de la viruta al plano de cizalladura. Esta transmisión de fuerzas resulta en una zona plástica triangular ABC, en donde no ocurre deformación alguna pero el material está sometido al esfuerzo cortante máximo en toda la zona y las dos direcciones de este esfuerzo cortante máximo están indicadas por las dos familias de líneas rectas ortogonales, líneas de deslizamiento.

Al considerar los límites de esta zona triangular, se concluye que el plano de cizalladura AB debe indicar la dirección de una familia de líneas de deslizamiento porque sobre él actúa el esfuerzo cortante máximo. Además, como no actúan fuerzas sobre la viruta después de que ella haya pasado el límite AC, no se pueden transmitir esfuerzos a través de dicho límite.

Estos autores consideraron, que las condiciones de fricción elevada y ángulo de inclinación, ángulo de desprendimiento, bajo son justamente aquellas que conducen en la práctica a un filo recrecido.

## **ESTUDIO DEL CALOR GENERADO**

### ***Generación de calor en el corte de metales***

Cuando un material es deformado elásticamente, la energía requerida para hacerlo es almacenada en el material como energía de deformación , y no se genera calor.

Sin embargo, cuando un material se deforma plásticamente la mayor parte de la energía utilizada se convierte en calor. En el corte de metales el material es sometido a grandes deformaciones y la deformación elástica corresponde a una pequeña parte de la deformación total, por lo que puede suponerse que toda la energía es convertida en calor.

La conversión de energía en calor ocurre en las dos regiones principales de deformación plástica: la zona de cizalladura o de deformación primaria y la zona de deformación secundaria. Si, como ocurre en la mayoría de las situaciones reales, la herramienta no está en perfecto estado una tercera fuente de calor estaría presente debido a la fricción entre la herramienta y la superficie generada en la pieza. Sin embargo y, a menos que la herramienta sufra un severo desgaste, esta fuente de calor será pequeña por lo que lógicamente será por tanto despreciado .

Para entender como se elimina el calor de estas zonas por los materiales de la pieza ,la viruta y la herramienta , es necesario considerar en principio la transferencia de calor hacia un material que se mueve con respecto a la fuente de calor .

### ***Disipación de calor mediante fluidos de corte***

Los fluidos de corte se aplican a la zona de formación de la viruta con el propósito de mejorar las condiciones de corte, en comparación con el corte en seco. El carácter de los fluidos puede tomar varias formas que dependen del material de la herramienta y de la pieza y fundamentalmente de las condiciones de corte. El fluido de corte actúa principalmente de dos maneras:

- como refrigerante: La mayoría de los refrigerantes usados en la práctica tienen como base aceites minerales o vegetales, siendo más usuales los minerales. Algunos de estos aceites se aplican en forma de emulsión con agua y otros se aplican puros o con algunos aditivos. Generalmente por su mayor capacidad de conducción de calor se emplea las emulsiones donde el requisito más importante es la refrigeración .
- como lubricante: Los aceites no disueltos se emplean cuando la consideración mas importante es la lubricación.,y se emplea para operaciones de corte a baja velocidad

### ***Aplicación de los refrigerantes***

Con la aplicación de refrigerantes a los procesos de corte se obtiene estas ventajas:

1. Un incremento en la vida de la herramienta por la reducción de la temperatura del filo.
2. Manejo más fácil de la pieza terminada.
3. Reducción en la distorsión térmica debida a los gradientes de temperatura generados dentro de la pieza durante el mecanizado.

En cuanto al incremento de la vida de la herramienta parece que este se obtiene por la reducción de temperatura en el filo de la herramienta, pero algunos trabajos sobre las temperaturas de corte ,sugieren que las perdidas de calor de la superficie expuesta de la herramienta y de la pieza tienen poco efecto en la temperatura del filo.Puede entonces suponerse que el desgaste de herramienta es muy sensible a los cambios de temperatura en la región de las superficies de desgaste que resultan de aplicar un refrigerante.

### ***Lubricación límite***

Según Borden y Tabor, en condiciones de alta temperatura, alta presión y baja velocidad de deslizamiento no se puede mantener la película hidrodinámica y se presenta contacto directo.

La resistencia al movimiento debido a la fricción bajo estas condiciones surge de una combinación de corte las rugosidades y corte viscoso del fluido ; esto se conoce como lubricación límite y es afectada por la naturaleza de la capa de fluido, capa límite entre las superficies de los metales en contacto .Una capa límite de lubricación funciona por la reducción del área de contacto metálico íntimo entre las dos superficies.

### ***Lubricación movediza***

Algunos lubricantes que poseen ingredientes reactivos pueden ofrecer una superficie de protección considerablemente mayor durante el deslizamiento por la formación de una capa sólida-lubricante. Esta capa de lubricante sólido a menudo producto de una reacción química entre el lubricante y la superficie del metal , permanece eficaz a temperaturas cercanas a su punto de fusión.

Cuando dos superficies metálicas, cada una de las cuales tiene su capa de lubricante sólido, se ponen en contacto y se les aplica una carga normal la deformación resultante de las rugosidades ocasiona alguna penetración de la capa lubricante y se establece el contacto metálico. Si la temperatura en la interfase aumenta hasta que la capa de lubricante se funde, la capa pierde su rigidez y ocurre un gran incremento en el contacto metálico . Como la temperatura en la interfase sigue aumentando, la fuerza de fricción y el daño superficial se vuelven característicos del contacto deslizante sin lubricación, aunque el lubricante esté visiblemente presente en la superficie. Se dice entonces que la capa de lubricante es totalmente movediza .



## **DESGASTE DE LA HERRAMIENTA**

### ***Mecanismos de desgaste***

La vida de una plaquita de la herramienta está limitada por el desgaste de sus aristas de corte. Cuando el desgaste total es superior al previsto para esa arista de corte se ve por una serie de señales que la vida de esa herramienta ha alcanzado su límite previsto.

Durante su tiempo de vida la arista de corte habrá producido un número de piezas.

El desgaste de la herramienta durante la acción de corte es continuo hasta llegar al desgaste total de la arista de corte

Existen cinco mecanismos básicos de desgaste de herramientas:

#### ***1. Desgaste por abrasión***

Es el más común y ocurre en la mayoría de las operaciones de corte de metales. Este es el desgaste entre dos superficies que se rozan entre sí, las partículas duras de los materiales cortados son forzados a rozar la superficie de la plaquita como si se tratara de un rectificado. La mayoría de los metales a mecanizar tienen alguna proporción de carburos duros como una parte de su estructura y se lo ponen muy difícil para la resistencia al desgaste de la plaquita. Un material de corte más duro, hace más resistente el desgaste por abrasión.

#### ***2. Desgaste por difusión***

Es más un proceso químico donde la combinación de calor y presión en la zona de corte va a producir reacciones entre los materiales de las piezas y herramientas. Las propiedades químicas de resistencia puede en sumo grado decidir la cantidad de material desgastado por difusión y la dureza no juega un papel muy importante a este respecto. La capacidad metalúrgica del material de la herramienta capaz de mantener inerte la reacción del material de la pieza decidirá la afluencia de átomos

entre los dos y cual será el tamaño de cráter que se formara sobre la superficie de la arista de corte , al paso de las virutas sobre ella.

### **3. *Desgaste por oxidación***

Es el resultado producido como consecuencia de la altas temperaturas y presión pero diferente al proceso de difusión .Normalmente se produce donde el material de la pieza y el material de la herramienta se juntan durante el proceso de corte. Lo mismo que en el desgaste por difusión ,los materiales de herramientas varían según la agresividad destructiva de este fenómeno.El desgaste por oxidación , produce un desgaste de una profunda huella ,normalmente aparece en la arista de corte donde se realiza el corte de material de la pieza.

### **4. *Desgaste por fatiga***

Es el resultado de un material no adecuado a las demandas exigidas debido a las altas temperaturas sobre la zona de corte .Variaciones de temperatura en combinación con variación de la presión por efecto de las fuerzas de corte hace que la herramienta se vuelva frágil y después acabe rompiéndose .Algunos materiales de herramientas son mas propensos que otros y el desgaste se puede acelerar con una refrigeración de la herramienta mala ,debido a que la arista de corte es calentada durante el proceso de corte y enfriada cuando esta fuera de contacto de la pieza , de una manera continua durante el proceso de mecanizado.

### **5. *Desgaste por adhesión.***

También llamado filo de aportación ,es un tipo diferente el cual se produce cuando se obtienen bajas temperaturas durante el mecanizado. A menudo se presenta esta forma de desgaste cuando se mecaniza a bajas velocidades de corte .El material de la pieza es soldado sobre la arista de corte en lugar de que fluya sobre la superficie de la misma a temperaturas altas .Cuando se produce este fenómeno al aportar el

material sobre la arista de corte ,la geometría de la herramienta cambia completamente creando una fricción y produciendo un proceso de corte pobre .Este fenómeno puede ser observado cuando se mecaniza en maquinas herramientas que no disponen de la gama de velocidades de corte altas ,adecuadas al material que se vaya a mecanizar .A medida que se mecanizan mas piezas se comprueba como va aumentando el tamaño del filo aportado .Hay materiales mas propensos a producir este fenómeno como son los aceros con bajo contenido en carbono, los inoxidables y aluminios .Normalmente este problema es evitado con una velocidad de corte adecuada.

### ***Tipos de desgaste de la herramienta***

Los principales tipos de desgaste de la herramienta están clasificados de acuerdo a:

#### ***1. Desgaste en incidencia***

Este es el desgaste mas común y como su nombre indica se produce sobre su cara de incidencia de la arista de corte. La principal causa es el mecanismo de desgaste por abrasión ,partículas duras en el material de la pieza rozan la plaquita.

Lo ideal es obtener un desgaste uniforme sobre la cara de incidencia .

Un desgaste excesivo dará como resultado unos acabados malos y un aumento de la fricción ,así como una reducción del ángulo de incidencia daría un aumento de la temperatura.

En desbaste un aumento excesivo de desgaste de la cara de incidencia resultaría una geometría de corte mala produciéndose vibraciones ,aumento de consumo de potencia y un gran riesgo de rotura de la arista .Si el desarrollo del desgaste en incidencia se produce rápidamente ,se debe comprobar la velocidad de corte con el fin de asegurar que esta no sea demasiado alta para la calidad de plaquita y

operación en cuestión .La causa puede ser debida a la mayor dureza del material.  
Una calidad más resistente al desgaste es a menudo la mejor solución.

## **2. *Desgaste en cráter***

Este fenómeno es similar al desgaste en incidencia pero con la diferencia que se produce en la cara superior ,donde las virutas pasan sobre la arista de corte .El mecanismo de desgaste que crea el cráter en la arista de corte es principalmente abrasión y difusión . Material de la herramienta es desprendido continuamente a través del paso del material de la pieza en forma de virutas a temperaturas y presión altas .

El desgaste en cráter hasta ciertos limites se pueden considerar normales .Un desgaste en cráter excesivo cambia la geometría y puede correr el riesgo de rotura de la arista de corte .Si el desgaste en cráter se produce rápidamente ,es debido también a una velocidad de corte excesiva para la operación a realizar y será necesario una calidad mas resistente al desgaste .también hay que comprobar el avance ya que este va producir presiones y aumenta las fuerzas de corte pudiendo ser muy altas en combinación con una velocidad muy elevada produciendo un exceso de calor sobre la arista de corte.Una geometría mas positiva suele ser una buena solución para reducir el riesgo del desgaste en cráter.

## **3. *Filo de aportación.***

La formación de láminas de material de la pieza soldadas sobre el filo de corte es normalmente el resultado de temperatura en la zona de corte la cual es demasiado baja debido a velocidades de corte baja. El filo de aportación altera la geometría de corte ,a menudo haciendo de una plaquita positiva que se convierta en negativa o que se reduzca la incidencia por el esmerilado del flanco de la plaquita.

Temperaturas bajas en combinación con presiones del material cortado hacen de

ciertos materiales propensos a este efecto con rápido deterioro del proceso de mecanizado como sus resultados .

Algunos materiales blandos necesitan ciertas medidas para reducir su exceso al filo de aportación .Trozos o fragmentos pequeños de materiales rompen durante el mecanizado y a menudo toman pequeñas partes de la arista haciendo que rocen mucho.

La mayoría de los mecanizados modernos deben trabajarse en condiciones de corte que la posibilidad de formación del filo de aportación sea muy pequeña .La velocidad de corte debe considerarse como la primera medida si ocurre el filo de aportación.Una geometría mas positiva debe tenerse en cuenta ya que la geometría negativa va a ayudar a que se forme el filo de aportación .también se debe considerar cambiar la calidad de la herramienta por otra menos propensa a la reacción con el material de la pieza y con una menor fricción ,especialmente en operaciones de acabado.

#### **4. Fisuras térmicas**

Este es el desgaste por calor en donde se produce la fatiga debido a las variaciones térmicas durante el mecanizado .Las fisuras resultantes son normalmente perpendiculares ,pero también en algunos casos paralelas a la arista de corte .La arista de corte es frágil cuando aparecen estas fisuras y el material de la herramientas puede romperse entre dos fisuras llegando a producirse la rápida destrucción de todo el filo de corte .

En el torneado grandes variaciones en el espesor de la viruta durante el mecanizado puede dar lugar a formaciones de fisuras térmicas .

En torneado de acabado ,cuando se comienza a formar fisuras comienza a producirse un mal acabado superficial.

Una aplicación incorrecta ,insuficiente e incluso el trabajar con refrigerante es a menudo causa de fisuras térmicas .Una elección de una plaquita de calidad mas tenaz puede ser una buena solución de este tipo de desgaste y así mejorar los resultados .

### **5. Astillamiento**

Cuando se saltan partículas pequeñas de la arista de corte ,la arista de corte queda dañada .En lugar de producirse un desgaste de la arista de corte este se rompe prematuramente .Esto esta relacionado con la fatiga debido a que la arista no es lo suficientemente fuerte para la operación a realizar .A menudo cortes intermitentes son los que producen estos problemas debidos a ciclos de presiones variables .La calidad de la plaquita o la geometría de la misma es demasiado frágil y necesita mayor tenacidad .

En algunas operaciones ,puede ser debido al material de la pieza , si es aleado o tiene gran resistencia o tiene gran cantidad de partículas duras y la operación es de acabado y se debe realizar con un grado de acabado y una geometría adecuada para el acabado .El astillamiento se puede reducir también con una combinación de calidad de acabado, con una gran capacidad de resistencia al desgaste ,con una geometría de desbaste ,teniendo un reforzamiento de la arista de corte .El algunos casos ,cambiando a una placa mas tenaz reducirá el astillamiento.Otra solución para resolver los problemas por astillamiento es el aumentar la velocidad de corte.Una geometría mas positiva puede ayudar así como un avance mas pequeño al inicio del mecanizado .Pero muy importante sobre todo para evitar el astillamiento es tener la mayor estabilidad posible durante el mecanizado.

### **6. Rotura de la arista**

Esta es una situación catastrófica en el mecanizado que nunca debe permitirse que ocurra. Un alto grado de deterioro es el más perjudicial y deberá ser evitado siempre que sea posible. La rotura del filo es, con frecuencia, también el final de la línea hacia otros procesos o tipos de desgaste. El cambio de geometría, el debilitamiento del filo y el incremento de las temperaturas y fuerzas llevarán eventualmente hacia una mayor destrucción del filo.

La fractura puede ser resultado de varios factores de tensión sobre un material de herramienta incapaz de hacer frente a la demanda operativa. Se produce principalmente por una mala selección de herramienta y/o condiciones de corte. Las consecuencias de una rotura de plaquita puede traer consigo consecuencias como la rotura de la placa base del portaherramientas e incluso la rotura del propio portaherramientas y que la pieza que se está mecanizando quede dañada, así como la máquina puede ser perjudicada. La rotura de la arista de corte puede ser debido también al desgaste prematuro de la misma, la vida de la herramienta no ha sido correctamente predicha y causa del desgaste no ha sido observado antes de producirse la rotura.

Si la rotura de la arista de corte ocurre, se deben repasar todos los aspectos de causa posibles, como condiciones de corte y la elección de la herramienta para esa operación concreta o si las condiciones de corte son excesivas para esa herramienta. Posiblemente en operaciones de desbaste, una placa con corte solo por una cara sea la solución más correcta, en lugar de la de doble cara de corte, con el fin de asegurar la producción.

La estabilidad tanto de la máquina, sujeción de la pieza, deben ser controlados.

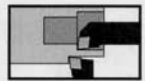
***ANEXO V***

***ESPECIFICACIONES***

***TECNICAS DE***

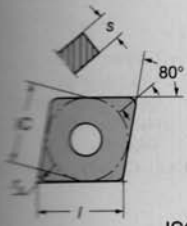
***HERRAMIENTAS***





A

Bombicas 80°



Para clave de códigos, ver página A 6.



ISO



CALIDADES COROMANT

Para áreas de aplicación ISO, consulte el final de la página.  
Para descripciones de calidades, consulte el capítulo J.

HT = Cermet  
HC = Metal duro con recubrimiento/cermet  
HW = Metal duro sin recubrimiento  
CA, CC, CM, CN = Cerámicas

P Acero						M Inoxidable					K Fundición																
HT	HC	HC	HC	HC	HT	HC	HC	HC	HC	HC	HC	CM	CC	CN	CN	HC	HC	HW	HW								
5015	1525	4015	4025	4035	525	1025	2015	2025	2035	235						3005	3015	3025	650	1690	690	6090	LC25	1015	H10A	H13A	H10F

ACABADO

Otros



**CNMG 12 04 04-MF**  
**12 04 08-MF**  
**12 04 12-MF**  
**12 04 16-MF**

**MF**  
Filo ondulado para control de virutas en materiales pastosos.  
(No es igual que la geometría Línea M.)

Para fundición nodular, CMC 09, elija siempre la calidad GC3005 como primera elección.

Básicas



**CNMG 12 04 08-WM**  
**12 04 12-WM**

**WM**

Plaquita rascadora  
Mecanizado con avance elevado para obtener la mejor productividad.  
Ver página A 8.

MECANIZADO MEDIO



**CNMG 09 03 04-PM**  
**09 03 08-PM**

**PM**

Línea P  
Primera elección para mecanizado medio de acero.



**CNMG 12 04 08-MM**  
**12 04 12-MM**  
**12 04 16-MM**

**MM**

Línea M  
Primera elección para mecanizado medio de acero inoxidable.



**CNMG 12 04 08-KM**  
**12 04 12-KM**  
**12 04 16-KM**

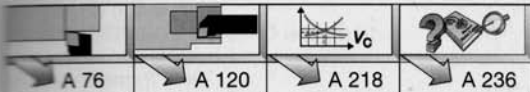
**KM**

Línea K  
Primera elección para mecanizado medio de fundición.

P05	P15	P15	P25	P35	P10	M10	M15	M25	M35	M35	K10	K10	K20	K01	K10	K10	K10	P25	M15	M10	M15	M20
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ejemplo de pedido:  
10 piezas CNMG 12 04 08-WM 4015

★ = Primera elección



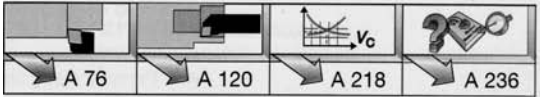


A

Rómbicas 55°  Para clave de códigos, ver página A 6. ISO		CALIDADES COROMANT																			
		Para áreas de aplicación ISO, ver final de la página. Para descripciones de calidad, ver capítulo J.																			
		P Acero				M Inoxidable				K Fundición											
		HT	HC	HC	HC	HT	HC	HC	HC	HC	HC	CM	CC	CN	CN	HC					
5015	1525	4015	4025	4035	525	1025	2015	2025	2035	235		3005	3015	3025	650	1690	690	6090	LC25		
<b>Básicas</b>																					
 <b>DNMX</b> <b>WF</b> Plaquita rascadora Mecanizado con avance elevado para el mejor acabado superficial. Ver página A 8.	15 04 08-WF	☆	☆	★				☆	★												
	15 06 08-WF	☆	☆	★				☆	★												
 <b>DNMG</b> <b>PF</b> Línea P Primera elección para acabado de acero.	11 04 04-PF	☆	☆	★	☆																
	11 04 08-PF	☆	☆	★	☆															☆	
	11 04 12-PF	☆	☆	★	☆															☆	
	15 04 04-PF	☆	☆	★	☆															☆	
	15 04 08-PF	☆	☆	★	☆															☆	
	15 04 12-PF	☆	☆	★	☆															☆	
 <b>DNMG</b> <b>MF</b> Línea M Primera elección para acabado de acero inoxidable.	11 04 04-MF							☆	★	☆											
	11 04 08-MF							☆	★	☆											
	15 04 04-MF							☆	★	☆											
 <b>DNMG</b> <b>KF</b> Línea K Primera elección para acabado de fundición.	11 04 04-KF													★	☆						
	11 04 08-KF													★	☆						
	15 04 04-KF													★	☆						
	15 04 08-KF													★	☆						
 <b>DNMG</b> <b>QF</b> Acabado extremadamente ligero a avances bajos.	11 04 04-QF	☆						☆													
	11 04 08-QF	☆						☆													
	15 06 04-KF	☆	☆	★	☆															☆	
 <b>DNMA</b> Plaquita lisa para mayores velocidades de corte en costra de fundición pre-mecanizada o ligera.	15 04 08 T01020																				
	15 04 12 T01020																				
	15 04 16 T01020																				
		P05	P15	P15	P25	P35	P10	M10	M15	M25	M35	M35	K10	K10	K20	K05	K10	K10	K10	P25	

Para fundición nodular, CMC 09, elija siempre la calidad GC3005 como primera elección.

ACABADO



Ejemplo de pedido:  
10 piezas DNMX 15 04 08-WF 4015

★ = Primera elección

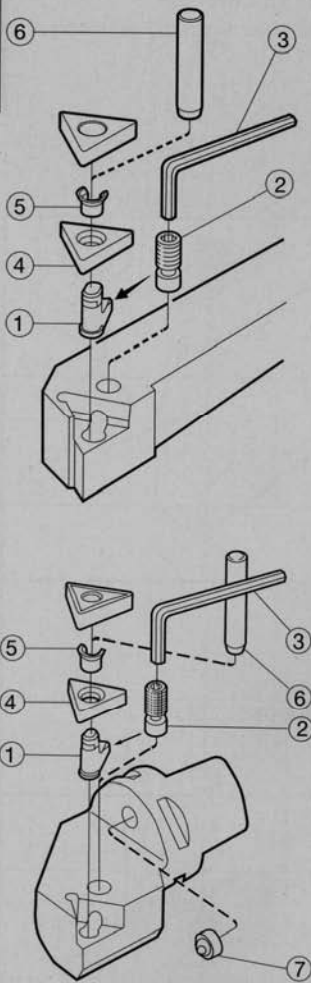






### T-MAX P Diseño de palanca

**A**



Boquilla para unidades de corte Coromant Capto

Tamaño de unidad de corte

7

Boquilla

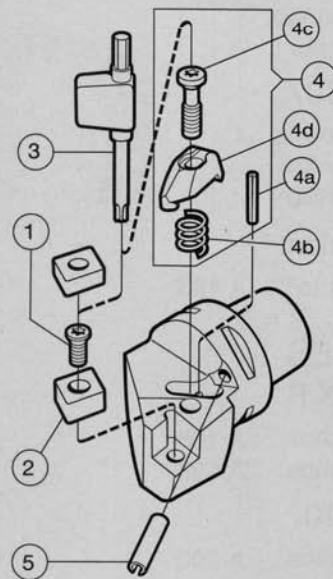
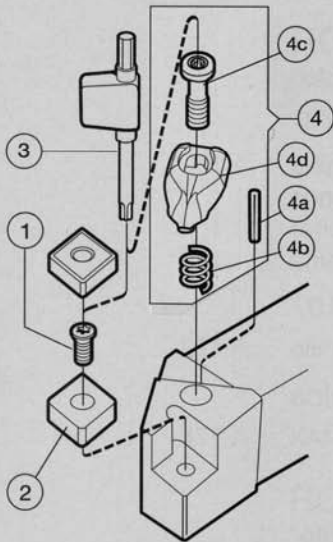
C3-C4	5691 029-01
C5-C6	5691 029-02
C8	5691 029-03

Tipo de herramienta		Piezas normalizadas		
		Suministradas con la herramienta		
		1	2	3
		Palanca	Tornillo	Llave (mm)
80°				
PCBNR/L 2525M12		174.3-841M	174.3-821	174.1-864 (3,0)
PCBNR/L 2525M16 3225P16 3232P16		438.3-840	438.3-831	174.1-864 (3,0)
PCBNR/L 3232P19 4040S19		174.3-842M	174.3-822M	3021 010-040 (4,0)
PCLNR/L 1616H09 2020K09 2525M09	C3-PCLNR/L-22040-09 C4-PCLNR/L-27050-09 C5-PCLNR/L-35060-09	174.3-840M	174.3-820M	170.3-860 (2,5)
PCLNR/L 1616H12-M		174.3-848M	174.3-858	174.1-864 (3,0)
PCLNR/L 2020K12 2525M12 3225P12	C3-PCLNR/L-22040-12 C4-PCLNR/L-27050-12 C5-PCLNR/L-35060-12 C6-PCLNR/L-45065-12 C8-PCLNR/L-55080-12	174.3-841M	174.3-821	174.1-864 (3,0)
PCLNR/L 2525M16 3225P16 3232P16	C4-PCLNR/L-27050-16 C5-PCLNR/L-35060-16 C6-PCLNR/L-45065-16 C8-PCLNR/L-55080-16	438.3-840	438.3-831	174.1-864 (3,0)
PCLNR/L 2525M19 3225P19 3232P19 4040S19	C5-PCLNR/L-35060-19 C6-PCLNR/L-45065-19 C8-PCLNR/L-55080-19	174.3-842M	174.3-822M	3021 010-040 (4,0)
PCLNR/L 4040S25 5050T25	C8-PCLNR/L-55080-25	174.3-844M	174.3-827	3021 010-050 (5,0)
	C3-PCRNR/L-17040-12 C4-PCRNR/L-22050-12 C5-PCRNR/L-27060-12 C6-PCRNR/L-35065-12	174.3-841M	174.3-821	174.1-864 (3,0)
	C4-PCRNR/L-22050-16 C5-PCRNR/L-27060-16 C6-PCRNR/L-35065-16	438.3-840	438.3-831	174.1-864 (3,0)
	C5-PCRNR/L-27060-19 C6-PCRNR/L-35065-19	174.3-842M	174.3-822M	3021 010-040 (4,0)
55°				
PDJNR/L 1616H11 2020K11 2525M11 3225P11	C3-PDJNR/L-22045-11 C4-PDJNR/L-27050-11 C5-PDJNR/L-35060-11 C6-PDJNR/L-45065-11	5432 001-01	174.3-820M	174.1-863 (2,5)
PDJNR/L 2020K15 2525M15 3225P15 3232P15	C4-PDJNR/L-27055-15 C5-PDJNR/L-35060-15 C6-PDJNR/L-45065-15 C8-PDJNR/L-55080-15	174.3-847M	174.3-830	174.1-864 (3,0)
R/L171.35-4025-15 5032-15		174.3-847M	174.3-830	174.1-864 (3,0)
Neg.				
PRGNR/L 2020K09		174.3-840M	174.3-820M	170.3-860 (2,5)
PRGNR/L 2525M12		174.3-841M	174.3-821	174.1-864 (3,0)
PRGNR/L 3225P15		174.3-843M	174.3-825	174.1-864 (3,0)
PRGNR/L 3232P19		174.3-842M	174.3-822M	3021 010-040 (4,0)
PRGNR/L 4040S25		174.3-844M	174.3-827	3021 010-050 (5,0)



### T-MAX P sujeción rígida

A

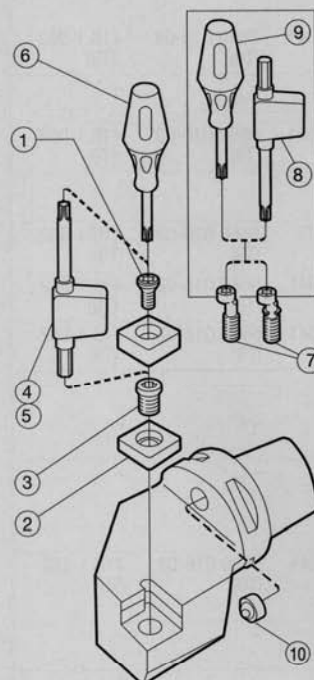
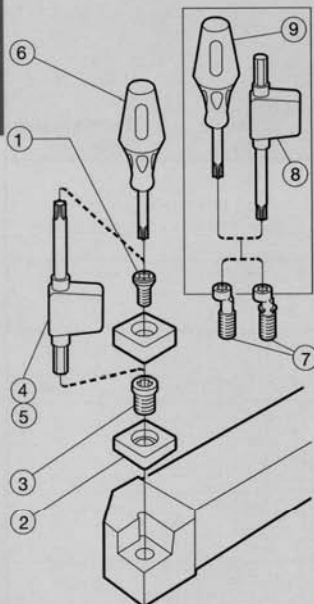


Tipo de herramienta		Piezas normalizadas		
		Suministradas con la herramienta		
		1	2	3
		Tornillo de la placa de apoyo	Placa de apoyo	Llave (Torx)
80°				
<b>DCBNR/L</b> 2525M12 <b>DCLNR/L</b> 2020K12 2525M12 3225P12	<b>C4-DCLNR/L</b> -27050-12 <b>C5-DCLNR/L</b> -35060-12 <b>C6-DCLNR/L</b> -45065-12	5513 020-02	5322 234-01	5680 016-02 (T15)
<b>DCLNR/L</b> 2525M16 3225P16 3232P16	<b>C4-DCLNR/L</b> -27055-16 <b>C5-DCLNR/L</b> -35060-16 <b>C6-DCLNR/L</b> -45065-16	5513 020-07	5322 234-03	5680 043-03 (T20)
<b>DCLNR/L</b> 3232P19	<b>C5-DCLNR/L</b> -35060-19 <b>C6-DCLNR/L</b> -45065-19	5513 020-07	5322 236-01	5680 043-03 (T20)
	<b>C4-DCRNR/L</b> -22050-12 <b>C5-DCRNR/L</b> -27060-12 <b>C6-DCRNR/L</b> -35065-12	5513 020-02	5322 234-01	5680 016-02 (T15)
55°				
<b>DDJNR/L</b> 2020K11 2525M11	<b>C4-DDJNR/L</b> -27050-11 <b>C5-DDJNR/L</b> -35060-11 <b>C6-DDJNR/L</b> -45065-11	5513 020-04	5322 267-01	5680 016-03 (T9)
<b>DDJNR/L</b> 2020K15 2525M15 3225P15 3232P15	<b>C4-DDJNR/L</b> -27055-15 <b>C5-DDJNR/L</b> -35060-15 <b>C6-DDJNR/L</b> -45065-15	5513 020-02	5322 266-02	5680 016-02 (T15)
<b>DSBNR/L</b> 2525M12		5513 020-02	5322 425-01	5680 016-02 (T15)
<b>DSBNR/L</b> 3232P19		5513 020-07	5322 425-04	5680 043-03 (T20)
<b>DSDNN</b> 2020K12 2525M12	<b>C4-DSDNN</b> -00050-12 <b>C5-DSDNN</b> -00060-12 <b>C6-DSDNN</b> -00065-12	5513 020-02	5322 425-01	5680 016-02 (T15)
<b>DSDNN</b> 3232P19		5513 020-07	5322 425-04	5680 043-03 (T20)
	<b>C4-DSRNR/L</b> -22050-12 <b>C5-DSRNR/L</b> -27060-12 <b>C6-DSRNR/L</b> -35065-12	5513 020-02	5322 425-01	5680 016-02 (T15)
<b>DSSNR/L</b> 2020K12 2525M12	<b>C4-DSSNR/L</b> -27042-12 <b>C5-DSSNR/L</b> -35052-12 <b>C6-DSSNR/L</b> -45056-12	5513 020-02	5322 425-01	5680 016-02 (T15)
<b>DSSNR/L</b> 2525M15	<b>C4-DSSNR/L</b> -27045-15 <b>C5-DSSNR/L</b> -35050-15 <b>C6-DSSNR/L</b> -45054-15	5513 020-07	5322 425-03	5680 043-03 (T20)
<b>DSSNR/L</b> 3232P19	<b>C5-DSSNR/L</b> -35048-19 <b>C6-DSSNR/L</b> -45052-19	5513 020-07	5322 425-04	5680 043-03 (T20)
<b>DSKNR/L</b> 2525M12		5513 020-02	5322 425-01	5680 016-02 (T15)
<b>DTFNR/L</b> 2020K16 2525M16		5513 020-04	5322 315-02	5680 016-03 (T9)
<b>DTFNR/L</b> 2525M22		5513 020-02	5322 315-04	5680 016-02 (T15)
<b>DTGNR/L</b> 2020K16 2525M16	<b>C4-DTGNR/L</b> -27050-16 <b>C5-DTGNR/L</b> -35060-16 <b>C6-DTGNR/L</b> -45065-16	5513 020-04	5322 315-02	5680 016-03 (T9)
<b>DTGNR/L</b> 2525M22	<b>C4-DTGNR/L</b> -27050-22 <b>C5-DTGNR/L</b> -35060-22 <b>C6-DTGNR/L</b> -45065-22	5513 020-02	5322 315-04	5680 016-02 (T15)



### CoroTurn 107 Sujeción por tornillo

**A**



Boquilla para unidades de corte Coromant Capto

Tamaño de unidad de corte	10 Boquilla
C3-C4	5691 029-01
C5-C6	5691 029-02
C8	5691 029-03

Tipo de herramienta		Piezas normalizadas			
Mangos	Coromant Capto®	Suministradas con la herramienta			
		1 Tornillo de plaquita (rosca)	2 Placa de apoyo	Para plaquita Espesor	Radio
▲					
STGCR/L 0808D09 1010E09		5513 020-05 (M2,2)	-	-	-
STGCR/L 1212F11 1212F11-B1 1616H11 1616H11-B1	C3-STGCR/L- 22040-11 C3-STGCR/L- 22040-11-B1 C4-STGCR/L- 27050-11 C4-STGCR/L- 27050-11-B1 C5-STGCR/L- 35060-11	5513 020-03 (M2,5)	-	-	-
STGCR/L 1616H16 2020K16 2525M16	C3-STGCR/L- 22040-16 C4-STGCR/L- 27050-16 C5-STGCR/L- 35060-16 C6-STGCR/L- 45065-16	5513 020-01 (M3,5)	5322 320-01	3,97	0,4-1,2
STTCR/L 1616H11 1616H11-B1	C3-STJCR/L- 22040-11 C3-STJCR/L- 22040-11-B1 C4-STJCR/L- 27050-11 C4-STJCR/L- 27050-11-B1	5513 020-03 (M2,5)	-	-	-
STTCR/L 1616H16 2020K16 2525M16	C3-STJCR/L- 22040-16 C4-STJCR/L- 27050-16 C5-STJCR/L- 35060-16	5513 020-01 (M3,5)	5322 320-01	3,97	0,4-1,2
◊ 35°					
	C3-SVHBR/L-22040-11 C4-SVHBR/L-27050-11 C5-SVHBR/L-35060-11	5513 020-03 (M2,5)	-	-	-
SVHBR/L 2020K16 2525M16 3225P16	C4-SVHBR/L-27050-16 C5-SVHBR/L-35060-16 C6-SVHBR/L-45065-16	5513 020-01 (M3,5)	5322 270-01	4,76	0,4-0,8
SVHCR/L 2525M22-R2		5513 020-18 (M4x0,5)	5322 270-01	4,76	0,4-0,8
SVJBR/L 1212F11 1616H11 2020K11 2525M11	C3-SVJBR/L-22040-11 C4-SVJBR/L-27050-11 C5-SVJBR/L-35060-11	5513 020-03 (M2,5)	-	-	-
SVJBR/L 2020K16 2525M16 3225P16	C4-SVJBR/L-27050-16 C5-SVJBR/L-35060-16 C6-SVJBR/L-45065-16	5513 020-01 (M3,5)	5322 270-01	4,76	0,4-0,8
SVVBN 1212F11 1616H11 2020K11 2525M11	C3-SVVBN-0040-11 C4-SVVBN-0050-11	5513 020-03 (M2,5)	-	-	-
SVVBN 2020K16 2525M16 3225P16	C4-SVVBN-0050-16 C5-SVVBN-0060-16 C6-SVVBN-0065-16	5513 020-01 (M3,5)	5322 270-01	4,76	0,4-0,8

# ***ANEXO VI***

***DATOS DE***

***PARTIDA***

## **CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA ASIGNADA A ESTE PROYECTO**

### ***Características principales***

- Torno de control numerico CNC.
- Fabricante Pcc Pittler (Frankfurt, Alemania)
- Maquina tipo: PV 315/1-1R
- Tipo control: Fanuc 18i
- Peso aproximado: 7000 Kgs
- Altura maxima: 3400 mm

### ***Datos tecnicos cabezal***

- Potencia motor : 45 Kw
- Rango de velocidad del cabezal: 180-5000 rpm
- Par maximo: 235 Nm
- Amarre de piezas: hidraulico con monitoreo de carrera

### ***Datos tecnicos de los carros***

- Carrera maxima transversal (eje X): 300 mm
- Carrera maxima longitudinal (eje Z): 650 mm
- Fuerza carro X: 12 Kn
- Fuerza carro Z: 12 Kn
- Velocidad eje X : 0-16000 mm/min
- Velocidad eje Y : 0-16000 mm/min

### ***Torreta de herramientas***

- Tipo revolver de 8 estaciones portaherramientas
- Anclaje de portas: tipo capto C5



## TIEMPO CICLO EFECTIVO PREVISTO - OPERACION DE MECANIZADO

Proyecto:

COPA HOUSING TRÍPODE

			Información de referencia
Tiempo de ciclo máquina previsto	60	seg/pieza	Tiempo de ciclo en especificaciones de máquina
Tiempo carga y descarga	5	seg/pieza	Tiempo invertido por operario en carga y descarga pieza
Pérdidas por ciclos nok	1,0	seg/pieza	Base objetivo 1% piezas nok a lo largo proceso completo; Supone pérdida 1,5 ciclos reales máquina por rearme
Pérdidas por cambio de herramientas	4,0	seg/pieza	Base 10 min/cambio con frecuencia de 1 cambio cada 150 piezas
Pérdidas por cambios de modelo	1,0	seg/pieza	Base 1 cambio modelo cada 600 piezas, empleando 10 minutos
Utime máquina esperado	11,4	seg/pieza	Base 10% tiempo medio parada máquina por averías
Eficiencia operativa esperada	11,4	seg/pieza	Base 90% tiempo cíclico efectivo de trabajo del operario
<b>Total Tiempo ciclo efectivo:</b>	<b>93,72</b>	seg/pieza	Tiempo máximo de trabajo de la línea para producir piezas

NOTA: Tiempo ciclo efectivo = Ritmo medio al que esperamos fabricar las piezas = Tiempo ciclo máquina + Carga y descarga + Pérdidas esperadas

Lógicamente, el criterio de diseño tiene que ser tal que Tiempo ciclo efectivo < Takt Time para poder satisfacer demanda de cliente

Condiciones de referencia para diseño de línea	
Tiempo ciclo efectivo:	<b>93,72 seg/pz</b>
Exceso capacidad:	<b>17,59%</b>
Coste fabricación total	<b>7,70 €/pieza</b>

# ANÁLISIS TAKT TIME

Proyecto: **COPA HOUSING TRÍPODE**

			Información de referencia
Total tiempo disponible:	1.440	min/día	Base jornada laboral 3 turnos , 8 hrs/turno
Paradas contractuales:	141	min/día	Paradas programadas recogidas en convenio colectivo
Tiempo mantenimiento programado:	30	min/día	Base 10 min / turno para Mantenimiento preventivo de primer nivel
<b>Total Tiempo efectivo programado:</b>	<b>1.269</b>	min/día	Tiempo máximo de trabajo de la línea para producir piezas

Año	Demanda Anual Cliente	Días laborales año	Demanda diaria cliente	TAKT TIME	Número de líneas de fabricación	TAKT TIME por línea
2005	138.220	230	601	126,7 seg/pz	1	126,70 seg/pz
2006	147.600	230	642	118,6 seg/pz	1	118,65 seg/pz
2007	154.000	230	670	113,7 seg/pz	1	113,72 seg/pz
2008	154.000	230	670	113,7 seg/pz	1	113,72 seg/pz
2009	154.000	230	670	113,7 seg/pz	1	113,72 seg/pz
2010	154.000	230	670	113,7 seg/pz	1	113,72 seg/pz

NOTA: Takt Time = Ritmo al que demanda piezas el cliente. Así:  $Takt\ Time = \frac{Total\ tiempo\ efectivo\ programado \times 60\ seg/min}{Demanda\ diaria\ cliente}$

Takt Time de referencia para diseño de línea	
Takt Time:	<b>113,72 seg/pz</b>

***ANEXO VII***

***MEDIO***

***AMBIENTE***

## **I PROCEDIMIENTO EN CASO DE CONTAMINACION DE LA RED DE PLUVIALES POR REBOSE DE TALADRINAS O ACEITE DE MAQUINAS**

### ***1.- GENERAL***

El accidente puede ocurrir por rebose de una maquina que tenga un tanque de aceite o taladrina que esté próximo a un registro de la red de pluviales que no esté hermético.

El accidente debe ser considerado grave si coincide con un momento de lluvia o el tiempo hace prever la misma antes de que se resuelva completamente.

### ***2.- ACCIONES***

Nº	ACCIÓN	RESPONSABLE
1	El operario que lo detecte avisará al supervisor de la línea de forma inmediata	Cualquier empleado
2	Parar la máquina.	Supervisor de producción
3	Tapar el registro de pluviales por donde se está drenando el aceite ó taladrina a la red.	Operario de producción
4	Poner tierra de diatomeas y evitar que se continúe expandiendo.	Operario de producción
5	Avisar al Coordinador de Medio Ambiente del área	Supervisor de fabricación
6	Avisar al Director de Medio Ambiente	Coordinador de Medio Ambiente del área
7	Recoger el aceite o taladrina con fregona y cubo	Operario de producción
8	Recoger la tierra de diatomeas con aceite en bidones de 200 litros de boca ancha	Operario de producción
9	Avisar a Ingeniería de planta encargado de drenajes	Supervisor de producción
10	Avisar a la sala de control de Utilities informando sobre la contaminación de la red de pluviales	Supervisor de producción
11	Bombear el agua del foso de lluvia	Operador
12	En caso de incidente grave se pondrá en conocimiento del Director del departamento, y del Director General	Director de Medio Ambiente

13	Una vez finalizado, volver a la situación de operación normal.	Supervisor de operación
14	Escribir una No Conformidad Medioambiental	Supervisor de operación
15	Reportar el incidente en el formato adecuado. Acompañar de todos los resultados de análisis de laboratorio, y todos los documentos escritos o gráficos de que se disponga para documentar las actuaciones.	Coordinador Medioambiental. del área
16	Informar a las personas y/o autoridades que corresponda según procedimiento de comunicaciones.	Director de Medio Ambiente

### 3.- LISTA DE MATERIALES A EMPLEAR Y UBICACION

Nº	MATERIALES	CÓDIGO	UBICACION
1	Tierra de diatomeas		Almacén
2	Cubo		Almacén
3	Fregona		Almacén
4	Bidones vacíos para llenar de residuos		Utilities

### 4.- VERTIDO DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS

Nº	RESIDUO	INSTRUCCIONES DE VERTIDO
1	Tierra de diatomeas con aceite	Poner en bidones de 200 litros y gestionar como Residuos Peligrosos
2	Agua sucia con aceite	Verter a la red de oleosas

**5.- LISTA DE PERSONAS INVOLUCRADAS:**

<b>Nº</b>	<b>PERSONAS INVOLUCRADAS</b>	<b>TELÉFONO INTERIOR</b>	<b>TELÉFONO EXTERIOR</b>
1	Operario de fabricación		
2	Supervisor de fabricación		
3	Ingeniero de planta		
4	Coordinador de Medio Ambiente del área		
5	Director de Medio Ambiente		
6	Director del Departamento		

**6.- INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD:**

Usar guantes antiaceite para todo el trabajo. Usar mascarilla filtrante para distribuir la tierra de diatomeas

## **II INSTRUCCIONES PARA EL VERTIDO DE AGUAS INDUSTRIALES**

### **1. OBJETO**

El objeto de este procedimiento es ordenar los vertidos líquidos de las instalaciones para asegurar un tratamiento adecuado de los mismos.

### **2. ALCANCE**

Todos los vertidos acuosos realizados dentro de las instalaciones de la planta de fabricación.

### **3. GENERAL**

Esta instrucción recoge los requisitos derivados de la licencia Municipal de vertidos y la legislación de la Junta de Andalucía sobre vertidos al litoral

### **4. PROCEDIMIENTO**

Se mantendrán en la fábrica redes separativas para recoger distintos tipos de agua según origen y tipo de agua.

#### **4.1 RED DE PLUVIALES**

Recogerá solo el agua de lluvia procedente de las áreas impermeables de la fábrica. (Tejados, carreteras, explanada, etc.)

Se mantendrá completamente libre de cualquier contaminación de origen industrial.

Estas aguas se verterán al mar según los criterios establecidos en la correspondiente hoja de instrucciones.

Para evitar la contaminación de origen industrial se actuará con los siguientes criterios:

4.1.1 Evitando todas las operaciones en el exterior de la fábrica.

4.1.2 Las operaciones que por motivos justificados deben estar a la intemperie estarán en áreas acotadas y con drenajes a una red de recogida dirigida a la Planta de Tratamiento de forma que en las operaciones normales no exista contaminación de áreas libres.

Para distinguir esta red, todos los sumideros, las tapas de registro, etc. se pintarán de color verde (RAL 6019 ó similar)

#### 4.2 *RED DE SANITARIOS*

En esta red se recogerán exclusivamente aguas procedentes de actividades de tipo doméstico como son aseos, duchas y cocina.

Estas aguas se verterán al alcantarillado municipal con control de la cantidad vertida.

Para distinguir esta red, todas los sumideros, las tapas de registro, etc. se pintarán de color rojo ( RAL 3009 ó similar).

Para comprobar la ausencia de contaminantes industriales significativos, así como la calidad general del agua en las aguas sanitarias se chequeará una vez al mes, que se documentarán en el formato adecuado a tal fin, los siguientes parámetros:

- DBO
- DQO
- pH
- Conductividad
- Aceites
- Cromo
- Amonio
- Fósforo
- Sólidos en Suspensión
- Coliformes totales

#### 4.3 *RED DE ACIDOS CONCENTRADOS*

Los baños de ácidos al 20% agotados se enviarán por una red separada a la Planta de Tratamiento de Agua, por tubería aérea de ácido residual, que se identificará pintándola de color naranja (RAL 2004 o similar).

#### 4.4 *RED DE AGUAS ACIDAS*

Las agua de los baños de enjuague de ácidos y álcalis con concentraciones de ácido/álcali inferiores al 5% se enviarán y se enviarán, por tubería aérea pintada de color naranja ( RAL 2004 o similar), a la Planta de Tratamiento de Aguas Acidas, donde recibirán los tratamientos adecuados.

#### 4.5 *RED DE AGUAS CRÓMICAS*

Todas las aguas en las que exista o pueda existir contaminación por cromo se recogerán de manera separada y se enviarán, por tubería aérea pintada de color naranja ( RAL 2004 o similar), a la Planta de Tratamiento de Aguas Crómicas donde recibirán los tratamientos según procedimiento interno.

#### 4.6 *RED DE AGUAS OLEOSAS*

Todas las aguas procedentes de los procesos industriales con  $\text{pH} \geq 6$  se enviarán por la red enterrada de aguas oleosas. Esta red actúa como sistema general de drenaje



de todas las aguas industriales, desde donde se envían a la Planta de Tratamiento de Aguas Aceitosas para su tratamiento según procedimiento interno.

Para distinguir esta red, todas los sumideros, las tapas de registro, etc. se pintarán de color beige ( RAL 1011 ó similar)

#### 4.7 TRATAMIENTOS

Las aguas procedentes de las redes de lluvia y sanitarios serán vertidas al exterior sin tratamiento.

El resto de aguas ira a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), donde :

- Se analizarán los parámetros fundamentales del agua influente.
- Se estudiará y definirá en laboratorio el tratamiento.
- Se efectuará el tratamiento siguiendo procedimientos específicos.

El vertido de aguas tratadas se hará al alcantarillado municipal según procedimiento interno

Un control de los stock de agua a tratar, de los contadores de entrada y salida, así como de los reactivos disponibles se documentarán en el formato de Niveles y Contadores

### 5. **RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.**

Todos los empleados con la responsabilidad de efectuar los vertidos en las redes adecuadas.

Los ingenieros de fabricación e ingenieros de planta para instalar los drenajes de las operaciones según esta instrucción.

El Ingeniero de Planta responsable de obra civil para mantener la integridad de las instalaciones.

El Supervisor de la PTAR con responsabilidad para operar la Planta de Tratamiento según especificaciones.

El Director de Medio Ambiente con autoridad para exigir el cumplimiento de esta instrucción.

### **III CAMBIO DE TALADRINAS**

#### **1- OBJETO**

El presente procedimiento tiene como objeto regular el cambio y limpieza de aceites y taladrinas junto con el de limpieza de los tanques, con el fin de prevenir los daños al Medio Ambiente.

#### **2- ALCANCE**

Este procedimiento se aplica a todas las actividades de la planta de fabricación.

#### **3- GENERAL**

Se entiende por taladrinas todas las emulsiones agua-aceite obtenidos por simple mezcla de los productos tal y como se reciben del proveedor.

A efectos medioambientales se consideran asimilados a las taladrinas el agua de lavadoras que normalmente, con un tensioactivo, son capaces de emulsionar el aceite en el agua.

#### **4- PROCEDIMIENTO**

##### **4.1 LLENADO DEL BAÑO**

El llenado del baño se hará con agua y con producto puro recibido del fabricante. El producto debe estar aceptado por el Comité de Productos Químicos y debe constar en la máquina el nombre del mismo, el nº de autorización interno y la cantidad a adicionar.

Está totalmente prohibido el uso y prueba de nuevas taladrinas sin la aprobación al menos del Departamento Médico y Medio Ambiente.

Como norma general está prohibido el uso de taladrinas de tipo sintético debido a la imposibilidad de tratamiento posterior.

##### **4.2 CONTROL DEL BAÑO**

Teniendo en cuenta la diversidad de máquinas y procesos en los que intervienen las taladrinas y aceites resulta difícil evaluar con un criterio uniforme y fijo el comportamiento de las mismas en todos los procesos.

Es por esto por lo que pondremos en práctica el siguiente procedimiento:

Se pondrá en cada máquina una tarjeta de registro en la que se anotará las fechas de cada cambio y/o limpieza del tanque.

A la vista de esta experiencia, tendremos un dato informativo para proceder posteriormente a regular la periodicidad de cambio y/o limpieza del tanque o depósito de taladrina.

Mientras tanto procederemos a cambiar o limpiar los tanques siguiendo los criterios siguientes:

- Olor, aspecto de limpieza, partículas sólidas en suspensión, experiencia del operario, etc.
- Analítica del laboratorio metalúrgico (pH, concentración y propiedades).

#### 4.3 VACIADO DEL BAÑO

Todos los reboses, goteos y drenajes de la máquina verterán directamente a la red de oleosas si la máquina está próxima a esta red.

No está autorizado el vertido o goteo de taladrina a otras redes que no sea oleosas.

En el caso de no tener drenaje por tratarse de una máquina pequeña se vaciará por succión o un depósito móvil que posteriormente será vertido a la red de oleosas.

#### 5- **RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD.**

Supervisores de producción para controlar la frecuencia de cambio y destino de la taladrina usada.

Ingenieros de fabricación con responsabilidad para mantener el uso de productos autorizados por el Comité de Productos Químicos.

Comité de Productos Químicos con autoridad para ensayar, chequear y autorizar el uso de nuevos productos.

Grupo de aceiteros con responsabilidad para vaciar los depósitos móviles en la red de oleosas.

### IV ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES. ( FMEA MEDIOAMBIENTAL )

Planta: \_\_\_\_\_  
 Nombre Departamento: \_\_\_\_\_  
 Numero Departamento: \_\_\_\_\_  
 Tipo de maquina: Torno \_\_\_\_\_

Unidad de Negocio: \_\_\_\_\_  
 Proyecto: Fin de carrera \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Maquina: Pittler \_\_\_\_\_  
 Numero de Maquina: \_\_\_\_\_

FMEA N°: 1  
 Revision n°: \_\_\_\_\_  
 Pagina: 1  
 Fecha: julio 2007

Este formato debe ser relleno conjuntamente por el Ingeniero responsable del proceso y el Coordinador Medioambiental del Area

Aspecto Ambiental	Accidente Potencial	Impacto del accidente	Causa del accidente	G	F	D	RPN	PEMA	ACCIONES RECOMENDADAS	Responsable / Fecha	Fecha acciones realizadas						
												G	F	D	RPN		
Produccion de agua aceitosa	Rebose tanque de retorno de taladrina	Derrame de taladrina al suelo y contaminacion de la red de Aguas pluviales	Fallo Valvula antirretorno	3	5	5	75										
			Bomba descebada	3	7	6	126		Requerido acciones correctoras con revision mensual por el director del departamento								
			Fallo Niveles	3	4	5	60										
			Fallo de alimentacion electrica	3	4	6	72										
			Continúa llegando Taladrina con la bomba parada	3	5	6	90										
			Suciedad en la tuberia de salida de la bomba parada	3	4	6	72										

Si RPN > 100 Requiere Acciones Inmediatas

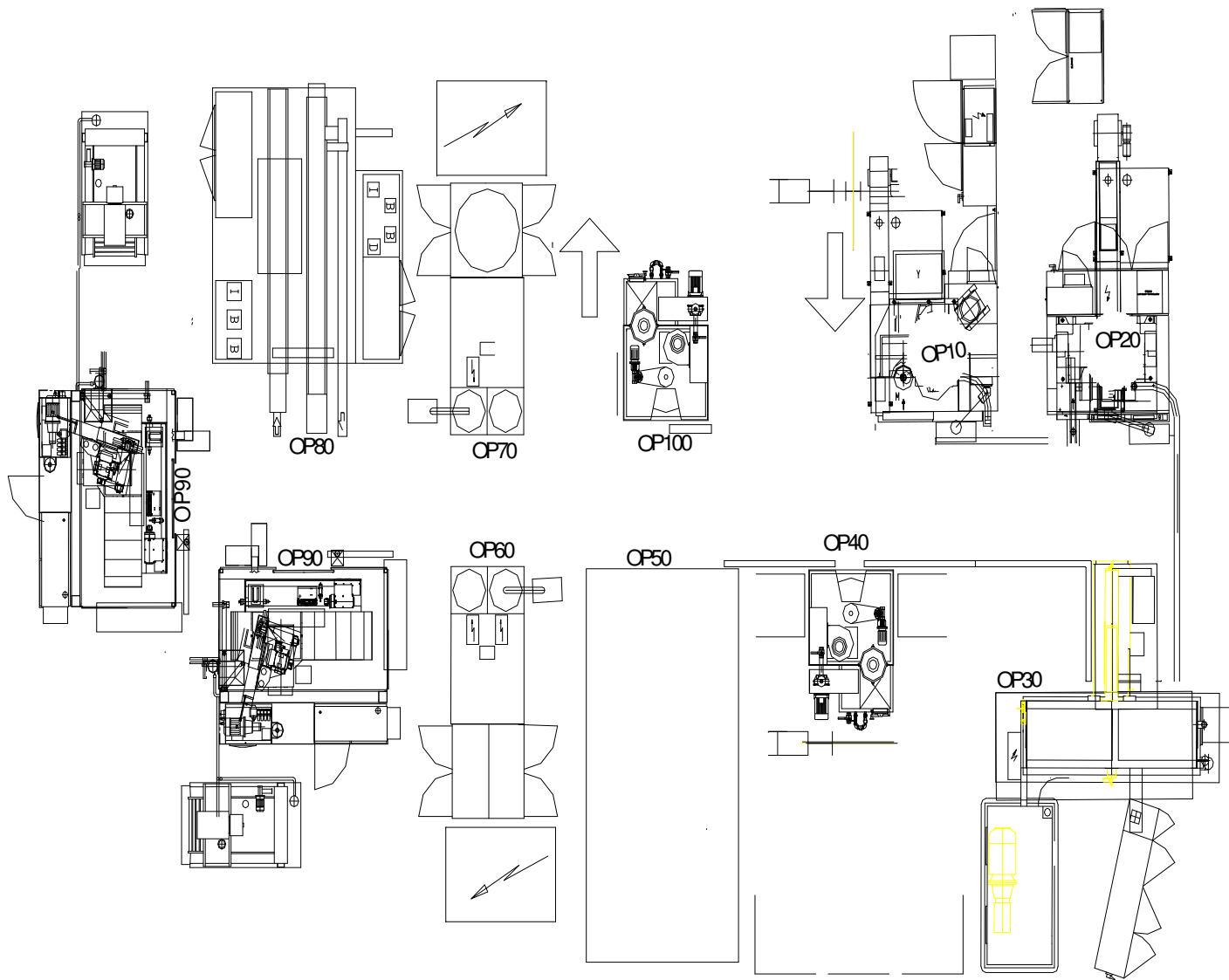
Si 50 < RPN < 100 Necesario tener Plan de Emergencia MedioAmbiental ( PEMA )

Si RPN < 50 No se requieren acciones

Revision mensual por Director Dpto.

FUNCION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ingeniero responsable instalacion	Juan Calvario Heredero		
Coordinador Medioambiental			
Aprobado por Director del Departamento			

*PLANOS*



REVISIONES

SMB.	DET.	DESCRIPCION	REV.	APR.	FECHA
REV.	N.º		POR	POR	
-	-		-	-	-

INDICAR NUMEROS DE DETALLES DE ESTA HOJA

UNIVERSIDAD DE CADIZ  
 GRABAR EN CADA DETALLE FABRICADO.  
 NUMERO DE PLANO Y NUMERO DE DETALLE CON EL SIMBOLO (LETRA) DE LA ULTIMA REVISION QUE CORRESPONDA A ESE DETALLE.  
 NO TOMAR DIMENSIONES USANDO LA REGLA O ESCALIMETRO, SINO A TRAVES DE VALORES NUMERICOS DE COTA.  
 SI NO SE ESPECIFICA LO CONTRARIO:  
 LA TOLERANCIA GENERAL SERA: ± 0.25  
 LA TOLERANCIA ANGULAR ± 1°  
 TODAS LA DIMENSIONES EN MILIMETROS  
 ELIMINAR TODAS LAS ARISTAS VIVAS

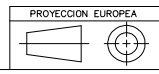
DESCRIPCION: PROYECTO FIN CARRERA

MAQUINA N.º:

APROBADO POR: DIBUJADO POR: JCH

REVISADO POR: ESCALA:

FECHA: JULIO 2007

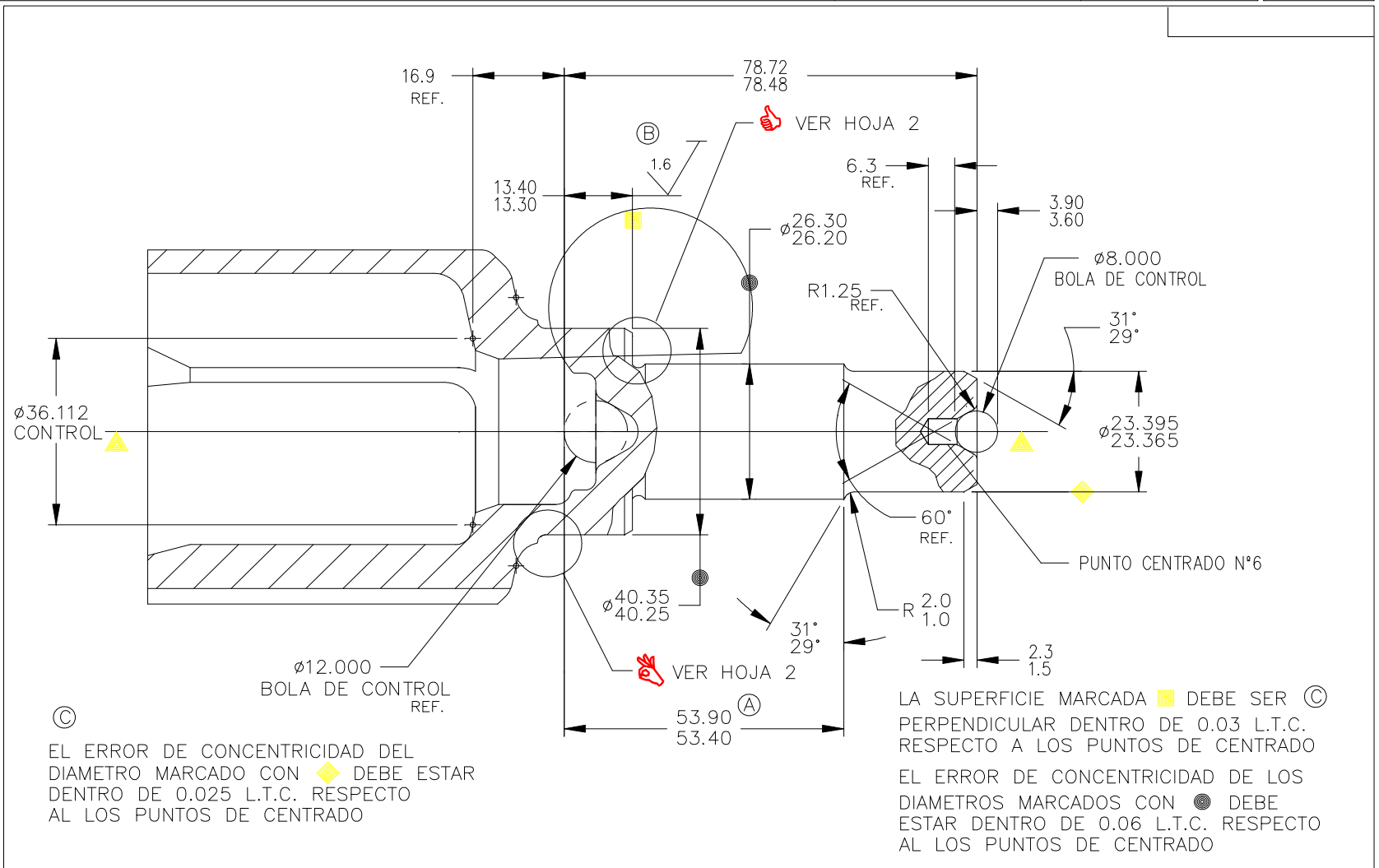


PEZA PRODUCC. N.º:	PEZA PRODUCC. N.º:	FECHA:	PLANO:
HOJA N.º:	N.º DE HOJAS:	FECHA:	PLANO:
1	-	JULIO 2007	DISPOSICION DE MAQUINAS



DEPARTAMENTO N°		PROYECCION AMERICANA		PIEZA N°		OPERACION N°
NOMBRE DE LA PIEZA:		MODELO:		OPER. ANT.	OPER. POST.	
DESCRIPCION OPERACION: TORNEAR VASTAGO		ULTIMO CAMBIO INGENIERIA L.E.C.		HOJA 1 DE 4		

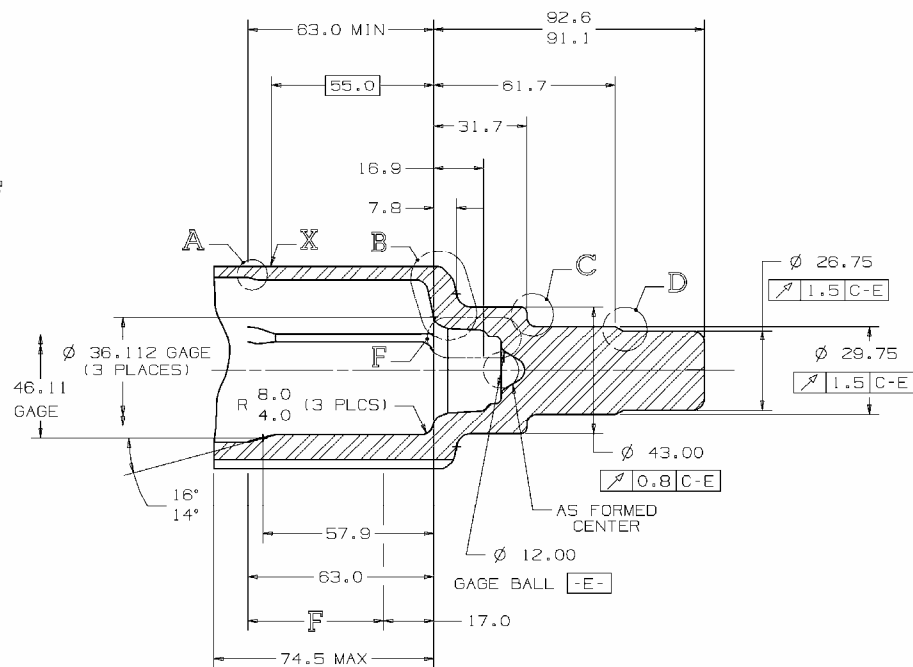
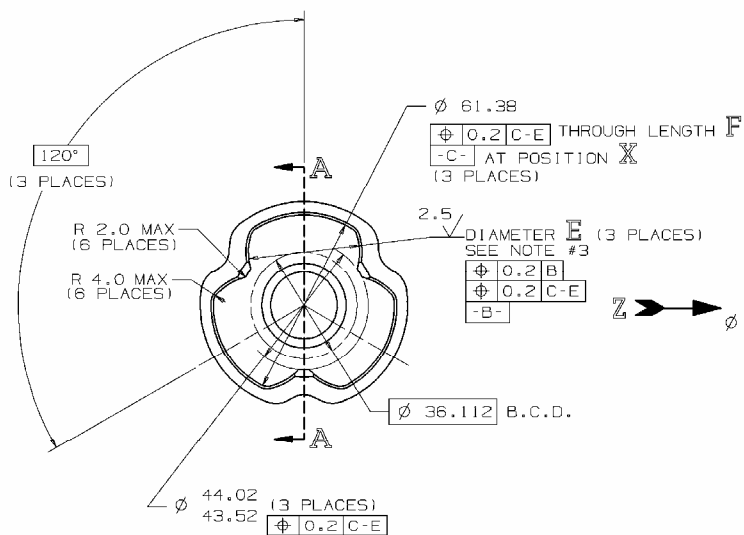
MODIFICACIONES									
SMB.									
FECHA									
MODIF.									
APROB.									
MODIFICACIONES									
SMB.									
FECHA									
MODIF.									
APROB.									
MODIFICACIONES									
SMB.									
FECHA									
MODIF.									
APROB.									



PLANO 3 HOJA DE PROCESO







REVISIONES

SMB	DET.	DESCRIPCION	REV.	APR.	FECHA
REV.	N.º		POR	POR	
-	-		-	-	-

INDICAR NUMEROS DE DETALLES DE ESTA HOJA

UNIVERSIDAD DE CADIZ  
 GRABAR EN CADA DETALLE FABRICADO.  
 NUMERO DE PLANO Y NUMERO DE DETALLE CON EL SIMBULO (LETRA) DE LA ULTIMA REVISION QUE CORRESPONDA A ESE DETALLE.  
 NO TOMAR DIMENSIONES USANDO LA REGLA O ESCALIMETRO, SINO A TRAVES DE VALORES NUMERICOS DE COTA.  
 SI NO SE ESPECIFICA LO CONTRARIO:  
 LA TOLERANCIA GENERAL SERA ± 0.25  
 LA TOLERANCIA ANGULAR ± 1°  
 TODAS LA DIMENSIONES EN MILIMETROS  
 ELIMINAR TODAS LAS ARISTAS VIVAS

DESCRIPCION: PROYECTO FIN CARRERA

MASQUINA N.º:

APROBADO POR: DIBUJADO POR: JCH

REVISADO POR: ESCALA:

FECHA: FECHA: JULIO 2007

PROYECCION EUROPEA	PIEZA PRODUCC. N.º	PIEZA PRODUCC. N.º	PLANO
	HOJA N.º: 4	N.º DE HOJAS: -	PIEZA DE FORJA



***NORMAS***

***Y***

***REFERENCIAS***

## **I BIBLIOGRAFIA**

1 –Departamento de ediciones técnicas Sandvik, Productividad en el mecanizado, Sandvik Coromant Editorial Técnica, Sandviken (Suecia) 1994

2- Departamento de ediciones técnicas Sandvik, Manual practico del mecanizado moderno, Sandvik Coromant Editorial Técnica, Sandviken (Suecia) 1997

3- Geoffrey Boothroyd, Fundamentos del corte de metales y de las maquinas-herramientas, Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, Bogotá (Colombia) 1978

4- Catálogo de herramientas Sandvik, Herramientas para torneear, Sandvik Coromant Editorial Técnica, Sandviken (Suecia) 2000

## **II DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

1- Norma UNE 36010, clasificacion de aceros.

2- LEY 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales.

3- Norma UNE 157001, febrero 2002, Criterios generales para la elaboración de proyectos.

