

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL DISPOSITIVO  
DE MORTAJADO PARA MAQUINA FRESADORA**

**BERNARDO GONZALEZ DELGADO**

**JUAN CARLOS PEREZ AMAYA**

**CARTAGENA  
CORPORACION TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
1994**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL DISPOSITIVO  
DE MORTAJADO PARA MAQUINA FRESADORA**

**DIRECTO:JUSTO RAMOS**

Ingeniero Mecánico  
Profesor de tiempo completo  
Corporación Tecnológica de Bolívar  
Facultad de Ingeniería Mecánica

**REFERENCIA:RESUMEN**

**CARTAGENA  
CORPORACION TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
1994**

## LISTA DE TABLAS

**TABLA # 1.** Cuadro comparativo de alternativas.

**TABLA # 2.** Parámetros geométricos para herramientas de aceros rápidos.

**TABLA # 3.** Guía para definir los parámetros geométricos para herramientas de metal duro.

**TABLA # 4.** Factores de corrección para la velocidad de corte.

**TABLA # 5.** Velocidad de corte  $V_c$ , según la duración del filo, el avance y el material a trabajar para herramienta en acero rápido.

**TABLA # 6.** Velocidad de corte  $V_c$ , según la duración del filo, el avance y el material a trabajar para herramienta de metal duro.

**TABLA # 7.** Coeficiente de rendimiento mecánico ( $n_m$ ) según la calidad de la maquina.

**TABLA # 8.** Bronces antifricción para cojinetes.

**TABLA # 9.** Fundiciones antifricción.

**TABLA # 10.** Babbits.

## LISTA DE FIGURAS

**FIGURA -1.**Modelo básico de un proceso de transformación en flujo divergente.

**FIGURA -2.**Estructura morfológica de los procesos.

**FIGURA -3.**Fresadora universal - movimientos de la mesa y del husillo.

**FIGURA -4.**Representación esquemática del mortajador.

**FIGURA -5.**Avances de la mesa en el mortajado.

**FIGURA -6.**Mortajado por mecanismo biela - manivela graduable.

**FIGURA -7.**Mecanismo biela - manivela (excéntrica) para dispositivo mortajador.

**FIGURA -8.**Mecanismo biela - plato oscilante.

**FIGURA -9.**Fijación de la pieza a mortajar.

**FIGURA -10.**Limite real de desplazamiento de la herramienta de mortajar.

**FIGURA -11.**Representación esquemática del sistema piñón cremallera.

**FIGURA -12.**Perfil de velocidades para el mecanismo manivela - biela - corredera.

**FIGURA -13.**Perfil de velocidades para el sistema piñón cremallera.

**FIGURA -14.**Herramienta de corte convencional.

**FIGURA -15.**Configuración básica de la herramienta de mortajar.

**FIGURA -16.**Geometría de la herramienta de mortajar.

**FIGURA -17.**Herramientas verticales de mortajado.

**FIGURA -18.**Herramientas montadas horizontalmente en el porta herramientas del mortajador.

**FIGURA -19.**Sección de la viruta.

**FIGURA -20.**Monograma para hallar la presión específica  $K_s$

**FIGURA -21.**Monograma para determinar  $P= f(a,b)$ .

**FIGURA -22.**Análisis dinámico.

**FIGURA -23.**Aceleración del centro de masa de la biela.

**FIGURA -24.**Análisis de fuerzas de corte  $F_c$ .

**FIGURA -25.**Análisis de fuerzas sobre la corredera.

**FIGURA -26.**Proyección del área de fricción.

**FIGURA -27.**Fuerzas sobre el pasador del carnero.

**FIGURA -28.**Carro o carnero del mortajador.

**FIGURA -29.**Análisis de fuerzas sobre la biela.

**FIGURA -30.**Diagrama de la variable de espesor mínimo de película ( $h_0/C$ ), y la relación de excentricidad con respecto al número característico del cojinete.

**FIGURA -31.**Diagrama Viscosidad - Temperatura.

**FIGURA -32.**Biela del mortajador.

**FIGURA -33.**Análisis de fuerzas sobre la manivela.

**FIGURA -34.**Manivela.

**FIGURA -35.**Eje del mortajador.

**FIGURA -36.**Buje para el eje del mortajador.

**FIGURA -37.**Soluciones individuales para conseguir la pieza hembra o guía de milano.

**FIGURA -38.**Cuña de ajuste del carro de la cola de

milano.

**FIGURA -39.**Diagrama del espesor mínimo aceptable de la pared de una pieza en función de las dimensiones básicas.

**FIGURA -40.**Perno de sujeción del plato giratorio.

**FIGURA -41.**Guía de la cola de milano.

**FIGURA -42.**Dimensionamiento guía del tornillo sujetador.

**FIGURA -43.**Guía para sujetar plato escualizable.

**FIGURA -44.**Cuerpo base del mortajador.

## **CONTENIDO**

## **INTRODUCCION**

### **1. PROCESO DE MORTAJADO**

#### 1.1. ESTRUCTURA BASICA DEL PROCESO

#### 1.2. CARACTERISTICAS DE LOS PROCESOS DE CONFORMADO POR REDUCCION DE MASA.

##### 1.2.1. La máquina herramienta -fresadora universal

##### 1.2.2. La herramienta.

#### 1.3.QUE ES EL MORTAJADO COMO PROCESO

##### 1.3.1.Alternativas de mecanismos para generar el movimiento de la herramienta de mortajar.

###### 1.3.1.1.Movimiento del carro portaherramienta por medio del mecanismo Biela - Manivela graduable (plato).

###### 1.3.1.2.Movimiento del carro portaherramienta por medio el mecanismo Biela - Excentrica (como manivela).

###### 1.3.1.3.Movimiento del carro portaherramienta por medio del mecanismo Biela - Plato oscilante.

###### 1.3.1.4.Movimiento del carro portaherramienta por medio del mecanismo Piñón - Cremallera.

###### 1.3.1.5.Movimiento del carro portaherramienta por medio del sistema Neumático de Impacto.

1.3.1.6.Movimiento del carro portaherramienta por medio del sistema hidráulico.

1.4.MOVIMIENTO DE LA PIEZA

1.5.FIJACION DE LA PIEZA

## **2.SELECCION DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA**

2.1.CARACTERISTICAS BASICAS DE INSTALACION Y MONTAJE.

2.1.1.Anclaje del dispositivo.

2.1.2.Capacidad dimencional de mecanizado.

2.2.ALTERNATIVAS DEL MORTAJADOR CONDICIONADAS POR LAS LIMITACIONES DE LA MAQUINA FRESADORA.

2.3.PARAMETROS A EVALUAR EN LAS ALTERNATIVAS PARA SELECCION DEL MECANISMO PARA EL MORTAJADOR.

2.3.1.Rigidez.

2.3.2.Estabilidad dinámica.

2.3.3.Flexibilidad para el cambio de carrera.

2.3.4.Velocidad de corte.

2.3.5.Rendimiento mecánico.

2.3.6.Costos.

2.4.ALTERNATIVA OPTIMA.

### **3.LA HERRAMIENTA DE MORTAJAR.**

3.1.PARAMETROS DE CORTE GEOMETRICOS.

3.2.PARAMETROS DE CORTE DINAMICOS.

3.2.1.Velocidad de corte.

3.2.2.Potencia requerida

### **4.DISEÑO DEL MORTAJADOR.**

4.1.CONDICIONES INICIALES.

4.2.ANALISIS DINAMICO.

4.2.1.Análisis de fuerzas sobre la corredera.

4.2.2.Análisis de fuerzas sobre la biela.

4.2.3.Análisis de fuerzas sobre la manivela.

4.2.4.Eje del mortajador.

4.2.5.Cojinete de desplazamiento.

4.2.6.Base hembra de la cola de milano.

4.2.7.Pieza guía de escualización.

## **5.GAMA DE FABRICACION.**

5.1.PROCESO.

5.1.1.Condición inicial.

5.1.2.Mecanizado.

5.1.3.Ensamble y montaje.

5.2.HERRAMIENTA.

5.3.PORTAHERRAMIENTA.

5.4.CORREDERRA.

5.5.MANIVELA.

5.6.BIELA.

5.7.EJE.

5.8.COJINETE.

5.9.GUIA DE LA COLA DE MILANO.

5.10.BASE DE ESCUALIZACION.

5.11.PLACA DE APOYO DEL MORTAJADOR.

5.12.EJE DE ACOPLA ENTRE LA FRESADORA Y EL MORTAJADOR.

## **6.PRACTICA DE MORTAJADO.**

6.1.PREPARACION DEL EQUIPO.

6.2.DESARROLLO DE MORTAJADO.

6.3.ORDEN DE TRABAJO.

## **7.CONCLUSIONES.**

## **8.RECOMENDACIONES.**

# **6. PRACTICA DE MORTAJADO**

## **6.1. PREPARACION DEL EQUIPO**

- Desmontar el soporte delantero del husillo de la fresadora, bajar el husillo principal y retraer el carro del bastidor.
- Desplazar transversalmente la mesa hasta el limite posterior de su recorrido.
- Ubicar el dispositivo sobre la mesa, introducir pernos y anclar lentamente para orientar chaveta frontal del acople.
- Inspeccionar ajuste.
- Verificar paralelismo del carro del mortajador con el comparador montado sobre la bancada vertical o columna de la fresadora.
- Si se requiere escualización, distencionar pernos de fijación, girar plato al ángulo escogido y fijar nuevamente.
- Montar portaherramienta.
- Montar zócalos, pieza y bridas.
- Calibrar carrera.

## **6.2 DESARROLLO DE MORTAJADO**

Enunciado de la practica : Fabricar chavetero para piñón a construirse en aluminio como muestra didáctica.

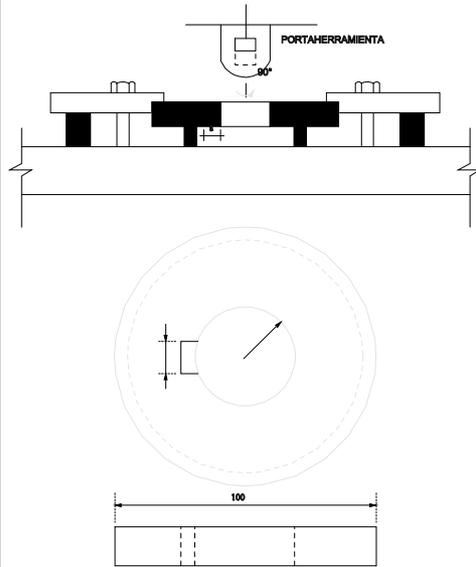
Características : Chavetero 12 mm de ancho x 8 mm de profundidad con un espesor del material de 19 mm.

DETALLES MARGINALES:

Ø%EXT=100mm

Ø%EJE=90mm

hzooslos=20mm  
mínimo



6

## INTRODUCCION

Se ha estructurado el desarrollo, tanto de la parte teórica como de la construcción del dispositivo mortajador, con el rigor que demanda un compromiso profesional; pues se realiza con la responsabilidad del primer trabajo y de todos aquellos que tiene que enfrentar un Ingeniero Mecánico.

Acoplando la infraestructura existente en un taller industrial básico y la gama de conocimiento del currículo universitario adquirido, más las recomendaciones de expertos en la materia y publicaciones especializadas, se redactara cada una de las etapas de evolución tanto del diseño como de la fabricación de los elementos y ensamble del conjunto, para evidenciar el progreso que se va alcanzando al introducir modificaciones para proyectar la solución como un producto óptimo al cual se va llegando gradualmente.

Se considera fundamental, la determinación de la gama o secuencia de fabricación de cada elemento, pues es allí donde podemos llegar a entender exactamente el grado tecnológico alcanzado en un proyecto de este nivel.

En conjunto, se determina en este trabajo, un método inicial, profusamente aplicado por los constructores de maquinas en la etapa de diseño evaluativa para producciones de preserie, homologación o investigación.

Es oportuno indicar, que el diseño, se enfocará como la filosofía y el arte de las soluciones, cuyo grado tecnológico lo determinara lo especializada y especifica de

la necesidad a solucionar, y no un conjunto de ecuaciones normalizadas para uno o varios elementos del conjunto, las cuales en su aplicabilidad solo determinan tamaño, durabilidad y forma, pero no, funcionalidad, operatividad, flexibilidad, ergonomía, versatilidad, eficacia,..., etc.

El relato de las memorias del diseño y construcción, permite conocer los parámetros seguidos por el proyectista y no presenta el producto como engendrado sin parámetros de solución, complicación o simplicidad.

Se hace inicialmente un resumen del compendio teórico del proceso de mortajado, para luego ingresar al detalle para determinar una solución concreta, que se aplique adecuadamente a la fresadora de que esta dotado el taller industrial de la C.T.B.

## **1. PROCESO DE MORTAJADO**

### **1.1 ESTRUCTURA BASICA DEL PROCESO**

El proceso de mortajado se puede definir como una transformación de las

características y propiedades de un elemento, incluyendo geometría, presentación, dureza, resistencia y contenido de la información sobre las etapas cubiertas para su construcción, de acuerdo a un material, un equipo y la relación de energía que los une.

Para precisar la ubicación del proceso como tal, se partirá de la clasificación general sobre el flujo de material que se lleva a cabo en un proceso de transformación a saber:

### **A.FLUJO DIRECTO**

Pertenece a este tipo todos aquellos procesos en los cuales se conserva la masa de la pieza (por ejemplo: doblado, laminado, repujado, martelado, recalado, extrusión, estirado, forja, embutido, conformado, abocardado, conformado, etc).

### **B.FLUJO DIVERGENTE**

Están comprendidas en este grupo, todos aquellos procesos que reducen la masa del elemento para conseguir el elemento terminado ( por ejemplo: fundido, torneado, fresado, mortajado, brochado, rimado, mandrinado, tronzado, electroerosión, taladrado, esmerilado, rectificado, y todas las que desprenden

viruta).

### **C.FLUJO CONVERGENTE**

Para toda transformación que se obtenga por adición de masa ( por ejemplo: uniones soldadas, recubrimientos, etc).

En todo proceso de transformación en ingeniería se debe fundamentar su realización en función de las condiciones finales exigidas, como se aprecia en el esquema de la figura No. 1, el cual se ha descrito de acuerdo a que el Mortajado pertenece al flujo divergente.

El esquema incluye los flujos de materiales auxiliares, como refrigerante, lubricante, desgaste de la herramienta y materiales de aporte cuando se requieran.

El proceso de energía, generalmente tiene un valor primario cuando se mide el rendimiento del proceso, ya que influye en costos adicionales por tiempos muertos ya sean de arranque, elaboración y de sacar de servicio, así como también por perdidas al no optimizar la gama de trabajo.

El flujo de información, es todo el soporte técnico recogido en experiencias, prácticas, ensayos, especializaciones en cotejación con la que dan los resultados, lo cual pertenece a la disciplina del método investigativo.

Con el fin de ubicar el punto de partida del presente proyecto, se consigna el conjunto de operaciones básicas de transformación o estructura morfológica de los procesos de transformación y de ahí se precisaran los factores relacionados con el mortajado, figura No. 2, de la cual se puede observar que sobre un material sólido dado, se ejecuta un trabajo de mecanizado para retirar mediante desprendimiento de virutas una porción específica del mismo que no aparece en el diseño de la pieza, al iniciar la operación subsecuente, además, analizando el flujo de la información, se establece que es un conformado bidimensional dado por la conjugación del movimiento de la herramienta y de la mesa donde se ancla el material; ambas de traslación.

La transferencia es rígida por el tipo de mecanismo seleccionado, el cual está sujeto a movimiento recíprocante, con carrera de trabajo en el descenso y retorno en vacío. La naturaleza de la energía es aquella que entra a realizar el trabajo, en este caso es cinética.

Cabe anotar, que el mecanizado por desprendimiento de viruta, se analizara, más adelante como resultado de fractura dúctil al indentar a manera de cizalla, el filo de corte de la herramienta del mortajador.

## **1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE CONFORMADO CON REDUCCION DE MASA.**

La primera característica es que son procesos intermedios o complementarios y no

finales o de ajuste y prueba.

Se fundamentan en el corte, cizallado y desprendimiento de una cantidad localizada de material, la cual se debe retirar para dar la forma y tamaño determinados en el diseño.

Su estructura se basa en la sujeción de la pieza y en el movimiento relativo de la herramienta con respecto a ella.

Es característico en ellos el movimiento relativo cíclico (excepto en la electroerosión por hilo), ya sea rotativo en los de superficies de revolución, como en los reciprocantes para superficies planas.

### **1.2.1.LA MAQUINA HERRAMIENTA - FRESADORA UNIVERSAL**

Es un conjunto de mecanismos, que reproducen un movimiento coordinado de acuerdo al diseño específico del equipo.

En el caso de la fresadora universal se tienen:

- Doble husillo horizontal, con salidas frontales y movimiento rotativo en ambos sentidos, Figura No. 3.
- Mesa para anclaje de piezas o dispositivos con movimientos automáticos de avance longitudinal y transversal, movimiento vertical para ascenso y

descenso, y escualización o giro horizontal.

A este equipo se le debe diseñar un dispositivo mortajador, con toma de movimiento por el husillo superior. En la etapa de diseño se incluirán todos los detalles dimensionales y cinemáticos con los cuales esta dotada esta máquina y se determinará su relación con el dispositivo propuesto.

### **1.2.2.LA HERRAMIENTA**

También denominada útil de trabajo, para el desprendimiento de viruta tiene una geometría universal, la cual para este caso del mortajador tomará parámetros y características específicas.

De acuerdo al grupo dimensional propuesto para la carrera y esfuerzo máximo, se determinará su robustez, su geometría y tipo de fijación.

### **1.3.QUE ES EL MORTAJADO COMO PROCESO**

Se llama mortajado al ciclo de trabajo realizado por una herramienta (buril, útil, etc), animada de movimiento rectilíneo, alternativo y vertical, la cual arranca viruta al hacer trayectorias sobre el material anclado a la mesa del equipo. También se conoce este proceso como limado vertical.

En la Figura No. 4, se observa que al descender la herramienta desprende virutas en volumen igual a la trayectoria de desalajo sobre el material, pero cabe preguntar

¿ como se genera o elabora la superficie ? para ello se hace la proyección superior, Figura No. 5, en la cual se aprecia que la masa con su desplazamiento transversal o el longitudinal (según el montaje), genera la superficie de mecanizado.

### **1.3.1.ALTERNATIVAS DE MECANISMOS PARA GENERAR MOVIMIENTO DE LA HERRAMIENTA DE MORTAJAR.**

-Por biela/manivela graduable (o de plato)

-Por biela/manivela excéntrica

-Por biela/plato oscilante

-Por piñón/cremallera

-Por mando neumático de impacto

-Por mando hidráulico.

#### **1.3.1.1.Movimiento del carro porta-herramientas por el medio del mecanismo de biela/manivela graduable (plato).**

La biela es sujeta por el extremo inferior, mediante bulón o parador al carro portaherramientas, con el soporte de carga y giro apoyado por bujes o pistas a rotula. Con el extremo superior se une a un cubo deslizante sobre una pista rectilínea y graduable en su excentricidad por giro del tornillo distanciador, los cuales se localizan en el interior de un plato de inercia, el cual hace las veces de manivela graduable como se observa en la Figura No. 6.

Este mecanismo presenta la desventaja de que el tiempo de trabajo o mortajado  $T_t$  es igual al tiempo de ascenso o de trabajo en vacío  $T_v$ , lo cual no es de por sí óptimo, ya que lo aceptable es que  $T_t \gg T_v$ , con el fin de minimizar los tiempos de trabajo en vacío o tiempos muertos, en los cuales el equipo no es productivo.

#### **1.3.1.2. Movimiento del carro Porta-herramienta por medio del mecanismo biela-excéntrica (como manivela).**

Para evitar que los tiempos de trabajo y en vacío sean iguales, se ideó este mecanismo, el cual disminuye el tiempo de ascenso con respecto al descenso.

La descripción esquemática del mecanismo se presenta en la Figura No. 7.

Se tiene la RUEDA MOTRIZ A girando sobre el eje de entrada P; la cual, posee una ranura o guía radial para desplazar sobre la misma el BULON M, quien a su vez se ancla a la rueda excéntrica B, dotada de una ranura similar.

El BULON M, transmite el movimiento entre las dos ruedas pero si se desplaza radialmente, permite variar los tiempos del dispositivo mortajador. Si "M" coincide con "O", los tiempos de ascenso y descenso son iguales pero si  $PM > PO$  en la misma proporción disminuirá el tiempo muerto de ascenso  $T_v$  con respecto al tiempo de trabajo  $T_t$ .

Si  $PM/PO > 1$        $T_t/T_v > 1$

No quiere decir que el mecanizado sea mas lento, sino que el tiempo muerto es menor.

Al observar la Figura No. 7 el BULON M desarrolla en la carrera de trabajo el  $1'2'3' > 180^\circ$ , mientras que el bulón de la BIELA "O" cubre  $180^\circ$ ; en la carrera de vacío "M" cubre un ángulo menor a  $180^\circ$ , mientras "O" cubre los mismos  $180^\circ$ .

Como la velocidad angular del BULON M es constante, se concluye que "O" se mueve más rápido sobre 1,2,3, que sobre 3,4,1; esto es  $T_t > T_v$ . Es oportuno acotar que no se ha precisado el perfil de velocidad de la herramienta.

### **1.3.1.3.Movimiento del carro Porta-herramienta por medio del sistema mecánico biela/plato oscilante.**

Este mecanismo como el anterior permite cambiar la relación entre  $T_t/T_v$  para disminuir el tiempo no útil de proceso. El esquema se ha consignado en la Figura No. 8, en la cual se observa la diferencia entre  $2\text{-}\alpha$  (mecanizado) y  $2\text{-}\beta$  (tiempo obligatorio, e inútil).

La disposición definitiva se desprende de los parámetros dimensionales, por lo cual acá se toma esquemáticamente para prever el movimiento relativo de los elementos que conforman el mecanismo de mortajado. En este mecanismo, al variar la posición radial del pin (bulón) del collarín se cambia tanto la carrera como la relación  $T_t/T_v$ .

#### **1.3.1.4.Movimiento del cuerpo Porta-herramienta por el mecanismo Piñón-Cremallera.**

Este mecanismo se utiliza tanto en el proceso de mortajado como el de brochado en maquinas grandes. El mecanismo es sencillo, ya que a la parte posterior del carro porta-útil se sujeta brida o mecaniza una cremallera, en algunos casos también se utilizan postizos, la cual engrana con un piñón de salida de la transmisión, la que a su vez se alimenta dinámicamente por motores con variador de velocidad programados, los cuales permiten gran flexibilidad en velocidades por lo cual es optimizable la relación  $T_t/T_v$ .

#### **1.3.1.5.Movimiento del Porta-herramienta por dispositivo neumático de**

## **impacto.**

Este sistema se puede utilizar en el mortajador realizado sobre elementos de plástico estructural o de materiales no ferrosos, ya que se aprovecha en este mecanismo la energía por impacto, más que la generada por un flujo continuo a la carrera frontal del cilindro neumático que moviliza el carro porta-herramientas, aunque en ciertas aplicaciones de materiales ferrosos se puede implementar.

El cilindro no es el convencional de doble efecto, sino que posee una culata intermedia que permite al estar presurizado el compartimiento frontal del pistón, retirar la prolongación del vástago que tapaba un área de paso grande que al quedar libre produce la gran energía cinética del émbolo y por ende del carro porta-herramienta.

Este sistema es muy flexible y permite ser adaptado a diversas aplicaciones por la variabilidad que se pueden manejar en los parámetros del proceso en si, tales como prolongar el vástago para que la aproximación se haga lenta y el mecanizado rápido, pero aún mucho más rápido el retroceso.

### **1.3.1.6.Movimiento del Porta-herramienta por dispositivo hidráulico.**

En todos los mecanismos anteriores se podía repetir o reproducir los ciclos de

trabajo de mortajado, pero no se podía controlar con exactitud y flexibilidad total las velocidades, tanto así que se puede generar el movimiento de la herramienta a velocidad constante. El sistema en si es el mas costoso, pero también el mas aplicado en grandes equipos, hasta el punto de ser controlado el proceso por un control numérico o un PLC.

Su costo se argumenta en la unidad de potencia y circuito hidráulico, que no se compara adquisitivamente con los anteriores pues para el caso "didáctico" no se implementará por el tamaño de la inversión.

### **1.3.2.DESPLAZAMIENTO DE LA PIEZA**

Para dar una configuración de acuerdo al perfil que se quiera tallar, y fuera de los desplazamientos longitudinal y transversal, de los cuales ya se hizo referencia, se puede usar el plato divisor universal, (ranuras uniformemente separadas, paso constante), en posición vertical o un plato de giro a cualquier ángulo y en cualquier dirección; adicionalmente para cuadrantes se puede utilizar el mismo cabezote divisor universal pero en posición frontal.

La versatilidad de estos montajes, siempre esta determinada por una gama de operaciones a las cuales se les debe especificar la herramienta perfectamente definida en geometría y forma de montaje, aún cuando se tenga como norma.

## **1.4 FIJACION DE LA PIEZA**

Se realiza de acuerdo a la configuración de la pieza con bridas de elevación variable y anclaje a la mesa mediante una tee invertida alojada en las guías talladas para este fin. En la figura 9, de forma esquemática se muestran las partes de fijación.

La rigidez del montaje y su estabilidad son requisitos indispensables para producir mediante mecanizado las dimensiones establecidas dentro de un rango determinado de tolerancias.

Los elementos de fijación pertenecen a la dotación de utillaje complementario de una fresadora convencional o de un taladro de columna, por lo cual no se hará su estudio como parte del diseño.

## **2. SELECCION DE LA ALTERNATIVA OPTIMA**

### **2.1. CARACTERISTICAS BASICAS DE INSTALACION Y MONTAJE**

#### **2.1.1. ANCLAJE DEL DISPOSITIVO**

A partir del grupo dimensional que posee la fresadora a la cual se proyecta diseñar y construir el dispositivo mortajador, se relacionan sus características y medidas para sujetar el mencionado utillaje.

#### **SUJECCION DISPOSITIVO:**

4 Tornillos de cabeza hexagonal en arreglo rectangular de      x      entre centros, con rosca NC 5/8" x 1" en el alojamiento.

### **ACOPLE:**

Asiento cónico Morse No.                      con diámetro medio        =                      y chaveta de arrastre de

### **SUJECCION ACOPLA:**

Se realiza mediante barra L= 700 mm de extensión con        = 5/8" y rosca final        = 5/8" x L

### **2.1.2.CAPACIDAD DIMENSIONAL DE MECANIZADO**

Para determinar los límites y rangos se hizo descender la mesa a su posición extrema (inferior), se toma la altura de la mesa al centro del husillo de  $H_m/h = 320$  mm; las dos dimensiones restantes (las utilizadas por los avances) se consideran ilimitadas proporcionalmente, esto quiere decir que el límite en el diseño del dispositivo será lo restringida de su carrera.

Es preciso indicar que el material se debe sujetar a la mesa sobre zócalos o suplementos distanciadores (s) para permitir la salida de la herramienta sin que llegue a estrellarse contra la superficie de la mesa. Esta distancia suplementaria se toma igual a 18 mm, ya que se facilita construir los zócalos a partir de planchas de 3/4" de espesor.

De lo anterior se puede concluir que al restar el espesor de los zócalos se tiene que la distancia útil entre el centro del husillo y el punto base del material es de  $320 - 18 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$ , como puede observarse lo anterior en la figura 10.

## **2.2.ALTERNATIVAS DE MORTAJADOR CONDICIONADAS POR LAS LIMITACIONES DE LA MAQUINA FRESADORA**

Las alternativas consideradas en la descripción del mecanismo generador de la carrera reciprocante se reduce a las cuatro primeras de la relación, ya que las que utilizan fluidos como elemento motriz (Neumáticas e hidráulicas), no tienen relación cinemática directa con la entrada de potencia al dispositivo, entregada a su vez por el husillo de la fresadora.

En el sistema neumático se utiliza aire seco y limpio a 6 bar de presión para generar el movimiento de extensión y retracción; en el hidráulico se requiere una unidad (Motor-Bomba-Válvula de alivio), que de baja o alta presión (14 - 250 bares) genera el movimiento alternativo. Ninguno de los dos utilizaría la salida del husillo para mover un elemento normalizado de transmisión; razón por la cual no son alternativas aceptables de utilizar para el dispositivo mortajador de la maquina fresadora.

Se reducen las posibilidades a cuatro alternativas a evaluar:

-Mecanismo (A) Biela - Plato (manivela)

-Mecanismo (B) Biela - Excéntrica (manivela)

-Mecanismo (C) Biela - Plato - oscilante (manivela)

-Mecanismo (D) Piñón - Cremallera

## **2.3. PARAMETROS A EVALUAR EN LAS ALTERNATIVAS PARA SELECCION DEL MECANISMO PARA EL MORTAJADOR**

### **2.3.1. RIGIDEZ**

Todas las alternativas tienen comparativamente igual nivel de rigidez debido a que se confinan en una carcasa preferiblemente fundida, que se fija directamente a la guía vertical de la fresadora y se ancla mediante los 4 pernos de anclaje. Esta igualdad se altera si se detalla el sistema piñón-cremallera, el cual necesita distancia mayor de recorrido y superficies-guías adicionales, para soportar la fuerza radial que ejerce el piñón sobre la cremallera, respecto a igual carrera de las otras alternativas ya que requiere espacios para frenado e inversión del movimiento, después de accionarse el tope correspondiente. Observar Figura 11.

Las calificaciones se hacen de 0-5 para el peor o mejor índice del parámetro

analizado respectivamente.

## **2.3.2.ESTABILIDAD DINAMICA**

Se refiere este parámetro al comportamiento cinemático de los eslabones móviles en función de las fuerzas que se transmiten a lo largo de la cadena entre el husillo y el portaherramienta.

### **2.3.2.1.ALTERNATIVAS A Y C**

La transmisión presenta la siguiente gama de transmisión:

#### **Eje - Plato:**

Unión cinemática por chaveta rectangular sometida a corte. El calculo de la chaveta determina su condición de elemento fusible, el cual debe fallar antes que lo haga cualquier otro elemento del mecanismo.

#### **PLATO (Manivela)- Biela**

La unión de este por cinemática se realiza a través de un pasador sometido a corte

por una carga variable en su punto de aplicación. La premisa fundamental no es el estado de esfuerzo a corte sino el poseer una superficie suficiente de transmisión para conservar el buje (asiento) de la biela. Este buje trabaja a manera de los casquetes de apoyo a los muñones de un cigüeñal.

### **BIELA-PORTA HERRAMIENTA:**

Se hace la transmisión por medio del bulón o pasador de biela, su característica es idéntica a la del ítem anterior.

Se considera conveniente estas dos alternativas desde el punto de vista de estabilidad dinámica, como mecanismo apropiado para el mortajado (4).

### **2.3.2.2.ALTERNATIVA B**

Su estabilidad dinámica se encuentra afectada con respecto a las dos alternativas anteriores, por requerir doble pasador, tanto en el plato motriz hacia el palto que hace de excéntrica como de este hacia la biela, obligando de esta manera a un diseño mas conservador y robusto que restrinja variaciones dimensionales y de estabilidad dinámica en los apoyos.

El ajuste es condición principal en el patín de apoyo del primer pasador, pues de sus tolerancias estrechas y de ajuste por cuña se consigue una estabilidad

dinámica aceptable (3.9)

### **2.3.2.3.ALTERNATIVA D**

Su estabilidad dinámica es regularmente aceptable debido a la razón de contacto variable que existe entre el piñón y la cremallera no permitiendo la aplicación continua de la carga, además de tener valor promedio bajo (2.5)

### **2.3.3.FLEXIBILIDAD PARA CAMBIO DE LA CARRERA**

La flexibilidad para variar la carrera según el tamaño del mortajado puede ser posible en las cuatro alternativas así: En las alternativas A y C, se realiza al cambiar según lo requerido la posición radial del pasador del plato motriz, en la alternativa B, se cambia la posición radial en el plato-excéntrica y en la alternativa C, al desplazar los topes de inversión de giro utilizados estos como "finales" de carrera.

### **2.3.4.VELOCIDAD DE CORTE**

El perfil de velocidad de corte en las tres alternativas A,B y C es igual y se consigna en figura 12.

Según se desprende de la figura podemos observar que en estas alternativas aunque la velocidad de corte no es constante, se poseen unas ventajas relativas apreciables, como son:

- Velocidad de aproximación de la herramienta y de salida son bajas, lo cual permite que la carga aplicada a la herramienta y su descarga es gradual, lo cual alarga la duración del útil con respecto a una carga aplicada constante con ingreso y salida por choque lo cual fatiga la herramienta.
- La inversión del movimiento se realiza a través de la energía cinética, almacenada como inercia dinámica entregada para pasar a través de los puntos muertos inferior y superior.
- No requiere elemento inversor adicional.
- Acepta condiciones de balanceo dinámico

Estas tres alternativas son consideradas óptimas (4)

La ultima de ellas presenta perfil de velocidad como se aprecia en la figura-13

Teóricamente el perfil de velocidades, para el sistema Piñón-Cremallera, es el más conveniente por ser constante así como también sería constante la fuerza de corte, aún evitando los choques de entrada y de salida; pero como conjunto cinemático tiene el problema de la inversión del movimiento, para lo cual se requiere un

sistema desembrague-freno-inversión-embrague para completar el perfil descrito entre los puntos PMS-A Y B-PMI y viceversa. A y B es la posición variable de los topes según la carrera de trabajo seleccionada.

### **2.3.5.RENDIMIENTO MECANICO**

Es este parámetro fundamental al momento de elegir cual alternativa es óptima de implementar de acuerdo a las limitaciones que determinan las condiciones existentes en la maquina fresadora.

Es conveniente acotar el significado exacto que se le da al termino rendimiento mecánico: es el nivel de calidad de transmisión dinámica por unidad de potencia aplicada. A menos perdidas, a menor vibración, a menor nivel de ruido y generación de calor se dirige la atención al analizar c/u de las opciones.

La opción A es la mas apropiada por ser mas compacta, fácil de balancear, no requerir apoyos secundarios como las alternativas B,C y D y las perdidas son inferiores al tener menor número de superficies de contacto.

### **2.3.6.COSTOS**

Por menor número de eslabones, mecanizados universales fáciles de elaborar, adquisición de materiales y diseño de norma, pues los fabricantes de accesorios lo han tenido como dispositivo estándar la alternativa A, aventaja a las otras opciones.

#### **2.4.ALTERNATIVA OPTIMA**

En el cuadro consignado en la tabla 1, se pueden totalizar los resultados precedentes.

De acuerdo a este resultado, se establece el punto de partida para el diseño como maquina del dispositivo mortajador a utilizar en la fresadora universal del taller Industrial de la Facultad.

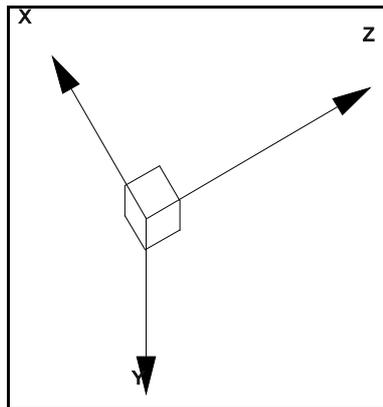
### 3. LA HERRAMIENTA DE MORTAJAR

#### 3.1. PARAMETROS DE CORTE GEOMETRICOS

Corresponde a esta designación relación de dimensiones de la herramienta y de el portaherramienta. Se hace primeramente el análisis sobre el útil de mortajar y luego del portátil, porta postizo, mango o genéricamente porta-herramienta.

Se divide el proceso por etapas según el plano utilizado y de acuerdo a un convenio de seguimiento, así:

DIRECCION Y MOVIMIENTO PRINCIPAL:



Es la dirección sobre la cual se desplaza la herramienta en su recorrido de trabajo para la posición (cero) del plato escualizable en el plano XY

## DIRECCION Z

Dirección del desplazamiento relativo del útil, cuando la mesa de la fresadora se mueve transversalmente.

## DIRECCION X

Dirección del desplazamiento relativo del útil cuando la mesa de la fresadora se mueve longitudinalmente.

Para el análisis de los parámetros geométricos de la herramienta se conservan los conceptos básicos de la herramienta convencional, los mismos se trasladan a la nueva condición de corte, aclarando en cada paso en que consiste la función básica de c/u de ellos.

De la Figura 14 se pueden definir cada una de las partes que configuran la herramienta, así:

Area abcd  
Cara de incidencia principal

Area achg  
Cara de Incidencia secundaria

Area abefg  
Cara de desprendimiento

Línea AB  
Filo principal

Línea AGFilo secundario

Punto aVértice

Es importante ahora transformar esta herramienta convencional básica en una herramienta de mortajar convencional básica. Los refinamientos y herramientas especiales para configuración especial se analizaran al final de este ítem.

La Figura 15, nos representa esquemáticamente la herramienta de mortajar. En la realidad esta herramienta tiene dos configuraciones.

Monoblock: Los filos se tallan sobre el buril que hace las veces de porta-herramienta.

Postizos: Herramienta horizontal colocada o sujeta a un mango vertical.

Se concentra la atención en la herramienta, según el plano de observación al momento de mortajar.

La proyección horizontal del área de desprendimiento bag de la figura 16, constituye la sección de corte, o área transversal del volumen de material desprendido, o sección inicial de la viruta. Esta área presenta forma diversas de acuerdo al tipo de perfil de la sección a mortajar, entre las que se pueden nombrar:

- a) Semicircular para desbaste
- b) Semicircular aguda para acabado
  
- c) Trapezoidal para ranurados
  
- d) De puntear redonda
  
- e) De puntear cuadrada

Para herramientas verticales de mortajar como se ha consignado en la Figura 17, en la cual se observan formas convencionales o normalizadas; pero el proyectista y el diseñador de herramientas pueden fabricar o construir herramientas con la combinación de las secciones anteriores o aquellas de diseño especial o configuración intrincada, siempre y cuando se respete los rangos sobre condiciones de corte.

Las herramientas de mortajar horizontales son las mismas que se utilizan en la limadora, el único cambio que registran es el de adecuación al perfil de la vista que se quiere reproducir, en especial las esquinas de una sección cuadrada o guías según el tamaño y los radios de acuerdo escogidos. Una relación de las herramientas de posición horizontal ya sean fijadas por prisionero o por soldadura se pueden ver en la figura 18.

Según la Finalidad:

a)De desbaste

b)De planear flanco

c)De acabado

d)De planear

e)De tronzar

f)De ranurar.

Según el tamaño del equipo y de la cavidad existen secciones del mango de metal duro que pueden ser adquiridos como elementos de norma en proveedores industriales de equipo metalmecánico.

Al concluir este numeral, es preciso recordar, que las inclinaciones de la superficie de desprendimiento (Longitudinal y Transversal) determinar la dirección de salida de las virutas y que el tamaño de la misma lo fija la forma suave o brusca con que se entorpezca su salida por medio de un cambio de dirección con radio de curvatura menor al que acepta el material para fluir libremente. La cara de Incidencia elimina la fricción superficial entre la mecanizada y la de la herramienta. Los valores de los parámetros geométricos a tener en cuenta para aplicaciones donde se utilicen herramientas de acero rápido se ha ordenado en la tabla - 1 y para útiles de metal duro en la tabla - 2.

## **3.2PARAMETROS DE CORTE DINAMICO**

### **3.2.1.VELOCIDAD DE CORTE**

Se conoce a este parámetro como la velocidad relativa del filo respecto a la pieza.

Su determinación depende de varias condiciones a analizar:

- Calidad del material de la herramienta
  
- Dureza o resistencia del material de la pieza
  
- Sección de la viruta
  
- Duración del filo del útil
  
- Angulo de posición
  
- Rigidez de la pieza y condiciones superficiales
  
- Calidad de la maquina

-Calidad de acabado

-El lubricante/refrigerante.

Las dos primeras condiciones permiten ser seleccionadas de las dos tablas anteriores, según el concepto que prime, ya sea el de dureza o el de resistencia.

La sección de la viruta se tomará de acuerdo al tipo de mortajado y parámetros geométricos, pero principalmente de acuerdo a las variables de corte, como esquemáticamente aparece en la Figura No. 19, en la cual se plantea el caso del desbaste. Allí se puede observar que la sección depende de la profundidad de pasada "b" y de el avance por ciclo de mortajado "a"; también se puede apreciar que la configuración del filo principal MN determina el grado de calidad de la superficie en unión con el avance por ciclo.

La duración del filo es inversamente proporcional a la velocidad, esto es que a mayor valor de esta, la primera disminuye. La duración del filo o vida del filo principal es el tiempo transcurrido desde la iniciación del corte hasta el agotamiento de la arista, momento en el cual se hace necesario una operación de reafilado. Este tiempo depende de la dureza del material que se ha de trabajar, de la herramienta y de la velocidad de corte.

La fijación es el resultado del análisis y de la experiencia sobre métodos, dispositivos y útiles de sujeción o anclaje; punto relativamente influenciado por el

estado de la maquina, el cual condiciona una corrección del rango de velocidad de corte con base en un factor de corrección por efectos del estado de la maquina. Utilizar como guía los factores presentados en la tabla No. 4 , es aconsejable.

La calidad del acabado que se desea obtener, es el punto fundamental en la relación Avance-Velocidad. En efecto, para una misma profundidad de pasada, cuanto menor sea el avance, tanto mas pulida o lisa queda la superficie y mayor es la velocidad que puede alcanzarse.

La lubricación/refrigeración como factores que influyen en la velocidad de corte, por evidentes, persiguen por un lado crear deslizamiento de baja fricción sobre la cara de desprendimiento y la viruta y entre la superficie mecanizada y la superficie de incidencia y como segundo objetivo enfriar la zona de corte para conservar las características de corte de la herramienta por mayor tiempo.

En la tabla No. 5, se consigna una guía de valores para la velocidad de corte a seleccionar, con base en el material y ciertos avances profusamente utilizados y duración del filo, para herramienta de acero rápido; y en la tabla No. 6, para herramientas con postizos de metal duro. Al comparar los valores recomendados a manera de guía, es apreciable la ventaja a favor del metal duró en todos los aspectos, menos en su debilidad ante la presencia de choque y vibraciones.

### 3.2.2.POTENCIA REQUERIDA

Se distinguen dos conceptos de Potencia:

-Potencia Útil (Nu)

-Potencia Absorbida (Na)

La potencia útil corresponde al esfuerzo principal de corte, y la absorbida corresponde a la primera, mas el incremento necesario para vencer las resistencias propias de la maquina. Estos dos valores se relacionan entre sí por el factor de rendimiento mecánico Nm, así:

$$N_a = N_u / N_m$$

Los valores del coeficiente de rendimiento, se condensan a resumen en la tabla No. 7.

La formula básica de potencia es:

$$N = P \times V / 60 \times 75 \quad (\text{CV})$$

N= Potencia

P= Presión principal de corte

V= Velocidad de corte

Se trata ahora de determinar la presión principal de corte, la cual se calcula según la fórmula siguiente:

$$P = K_s * a * b$$

$K_s$ =Presión específica de corte

$a$ = Avance

$b$ =Profundidad de pasada

Es necesario precisar que la presión específica de corte, es la fuerza necesaria para arrancar 1 mm<sup>2</sup> de sección de viruta. Las presiones específicas para cada material son el resultado exclusivo, hasta ahora, de ensayos de laboratorio. La presión específica es tanto mayor cuanto mayores son la dureza, la resistencia y la tenacidad del material que se trabaja. Para hallar su valor se recurrirá al monograma de la Figura No. 20, en el cual intervienen para su determinación el material y el avance por pasada.

Reemplazando en la ecuación original de potencia y teniendo en cuenta el factor de rendimiento mecánico, se obtiene:

$$N_a = K_s * a * b * V_c / 60 * 75 \text{ Nm} \quad (\text{CV})$$

Para el caso de la fresadora a utilizar, se toma una sección 0.2 x 2 (a x b) mm<sup>2</sup>, a

manera de ejercicio didáctico, una  $V_c$  de 30 m/min y un  $N_m$  de 0.7 y  $K_s = 350$  Kg/mm<sup>2</sup> para una fundición  $Br = 250$

$$N_a = 350 \times 0.2 \times 2 \times 30 / 60 \times 75 \times 0.7 \text{ (CV)}$$

$$N_a = 1.33 \text{ (CV)} \quad \text{O} \quad 1 \text{ Kw.}$$

Aún, cuando cada material tiene su monograma, por considerar que el mas exigente en el mortajado es el acero, se consignara el de los aceros de 70 a 75 Kg/mm<sup>2</sup>, en la Figura No. 21.

## **4. DISEÑO DEL MORTAJADOR**

### **4.1.CONDICIONES INICIALES**

Para el análisis de respuesta de funcionamiento del conjunto mortajador, se toman como datos, tanto las condiciones de corte como la capacidad instalada de la maquina fresadora.

Velocidad de corte de diseño:50 m/min

Potencia disponible:1.5 Kw

Carrera máxima de la herramienta:60 mm

## 4.2. ANALISIS DINAMICO

La alternativa seleccionada, biela - manivela - corredera, se tiene como eslabón de entrada la manivela, la cual guía a una velocidad angular constante. Si tomamos como eslabón No. 1 la estructura, No. 2 la manivela, No. 3 la biela y No. 4 la corredera; entonces  $W_2$  se tomara constante para un proceso en si, aún cuando su valor se toma de la tabla de velocidades de salida del husillo de la fresadora. Ahora bien, de acuerdo a la velocidad de corte específica para cada material, según sea desbaste o acabado, se toma el dato consignado en el Item anterior como velocidad máxima de la corredera, ó también conocida como velocidad o media carrera del presente mecanismo, la cual se designa como  $V_4$ . Ver Figura 22.

Si la carrera se toma 60 mm, en la posición de punto muerto inferior la biela en su longitud deberá cubrir esta distancia y una distancia superior a 46 mm, que es el diámetro del cubo de la unión por pasador libre entre la biela y la corredera, por conveniencia tomaremos 50 mm, entonces:

Long. biela =  $60 + 50 = 110$  mm  
(entre centros)

$L_3 = 110$  mm

Para fuerza de corte constante, el mayor brazo será cuando el ángulo entre la biela y la manivela es de  $90^\circ$ , esto indica, que el ángulo de manivela  $\Theta_2 = 15.255^\circ$

La fuerza dinámica  $F_3 = M_4 \delta_B$

\* Por convenio en las siguientes ecuaciones y calculos las letras i,j,k, simbolizan los vectores unitarios en los respectivos ejes ortogonales X,Y,Z.

M4=Masa de la corredera  $\approx$  apreciación inicial 50 N/g

M4=5 Kgm

$\delta_B = a_B = a_A + a_{B/A}$

La aceleración sobre el pasador de la corredera es:

$a_A = a_N + a_t$

$a_t = 0$  ya que  $W_2 = \text{cte}$      $\alpha_2 = 0$

$V_B = V_A + V_{B/A}$

$V_B = -50 \text{ J}$

$V_A = -W_2 K \times (0.03 \cos 15.255^\circ i + 0.03 \sin 15.255^\circ j)$

$V_A = -0.0289 W_2 J + 0.00789 W_2 i$

$$V_{B/A} = W_3 K \times (-0.11 \sin 15.255^\circ i + 0.11 \cos 15.255^\circ j)$$

$$= -0.0289 W_3 j - 0.1061 W_3 i$$

Reemplazandose, se tiene:

$$-50 j = -0.0289 W_2 j + 0.00789 W_2 i - 0.0289 W_3 j - 0.106 W_3 i$$

$$= 0.00789 W_2 - 0.106 W_3$$

$$W_3 = 0.00789 W_2 / 0.106$$

$$W_3 = 0.0744 W_2$$

$$-50 = -0.289 W_2 - 0.0289 (0.0744 W_2)$$

$$50 = 0.03105 W_2$$

$$W_2 = 1610.3 \text{ (rad/s)}$$

$$W_3 = 119.8063 \text{ (rad/s)}$$

$$(a_A)_N = W_2 \times (W_2 \times r_A)$$

$$= -1610.3 K \times (-1610.3 K \times (0.0289 i + 0.00789 j))$$

$$= -1610.3 K \times (-46.53767 j + 12.7052 i)$$

$$(a_A)_N = -74939.61 i - 20459.1835 j$$

$$a_{B/A} = (a_{B/A})_t + (a_{B/A})_N$$

$$(a_{B/A})_t = \alpha_3 K \times r_{B/A}$$

$$= \alpha_3 K \times (-0.0289 i + 0.1061 j)$$

$$(a_{B/A})_t = -0.1061 \alpha_3 i - 0.0289 \alpha_3 j$$

$$(a_{B/A})_N = W_3 \times (W_3 \times r_{B/A})$$

$$= 119.8063 K \times (119.8063 K \times (-0.0289 i + 0.1061 j))$$

$$(a_{B/A})_N = + 414.8175 i - 1522.9116 j$$

$$a_B = -a_B \text{ Dirección conocida}$$

$$-a_B = -74939.61 i - 20459.1835 j - 0.1061 \alpha_3 i - 0.0289 \alpha_3 j + 414.8175 i - 1522.9116 j$$

$$0 = -74939.61 - 0.1061 \alpha_3 + 414.8175$$

$$\alpha_3 = -702401.4373$$

$$\alpha_3 = -742401,4373 K$$

$$-a_B = -20459.1835 - 0.0289 (-742401.4373) - 1522,9112$$

$$+a_B = + 526,6935$$

$$a_B = -526.6935j$$

$$F_B = 50/9.81 (-526.6935 j)$$

$$F_B = -2684,4724 j$$

Ahora se calcula la carga dinámica  $F_A$ , que actúa sobre la biela, así:

$$F_A = m_3 a_{G3} \quad m = 10 \text{ N/G}$$

$a_{G3}$  = Aceleración del centro de masa de la biela simétrica  $\Rightarrow G_3$  esta en  $L_3/2$

$$a_{G3} = a_A + a_{G3/4}$$

$$a_{GB/A} = a_{B/A}/2$$

Ver Figura 23.

$$a_{G3} = -74939.61 \text{ I} - 20459,1835 \text{ J} + 1/2(+78768.7461 \text{ I} + 20299,401 \text{ J} + 414,175 \text{ I} -$$

1522,9116 J)

$$\mathbf{a_{G_3} = -35347,8282 \text{ I} - 11070,9388 \text{ J}}$$

$$F_a = 10/9.81 (-35347,8282 \text{ I} - 11070,9388 \text{ J})$$

$$\mathbf{F_a = -36030,4446 \text{ I} - 11285,36 \text{ J}}$$

$$|F_a| = 36298,7483$$

Debido a el efecto de la aceleración angular  $\alpha_3$ , la fuerza de inercia  $F_a$  no se aplica en  $G_3$ , sino que actúa descentradamente, así:

$$e_3 = I_3 \alpha_3 / F_a$$

$$e_3 = (1/2 * (10/9,81) * (0.055)^2 * 742401,4373) / 36298,7483$$

$$e_3 = 0,0315 \text{ (m)}$$

$$\mathbf{e_3 = 31,53 \text{ mm de } G_3}$$

Se realizara a continuación el análisis de fuerzas para cada una de las partes del mecanismo. Ver Figura 24.

Para equipo metalmecánico o taller industrial, por su exigencia de rigidez y

precisión se toma un factor de seguridad de 10

$$F_{c\text{segura}}=16.186,5 \text{ (N)}$$

La fuerza en el pasador será

$$F_{B,D}=13501,5 \text{ (N) |}$$

#### 4.2.1.ANALISIS DE FUERZAS SOBRE LA CORREDERA

Ver Figura 25.

$$\Sigma F_x=0=F_{3/4} \text{ SEN}(15.255^\circ)-F_f = 0$$

$$F_f=0.2631 F_{3/4}$$

$$\Sigma F_y=0=F_c - F_{3/4} \text{ COS}(15.255^\circ)$$

$$F_{3/4}=13.501,5/0.9647$$

$$F_{3/4}=13995,54 \text{ (N)}$$

$$F_{3/4} = F_{4/3} = F_{3/2} = F_{2/3}$$

$$F_3=3682,22 \text{ (N)}$$

Como se puede apreciar la fuerza de fricción, varía en magnitud y en dirección, la cual dependiendo de la fabricación en la cola de milano es reducida en relación al parámetro exigido para el corte.

Con el fin de soportarla adecuadamente se deberá contar con un área de deslizamiento apropiada, por la cual se tendrá en cuenta la proyección paralela de la cola frente al carnero.

De la figura 26, se puede definir las dimensiones tanto del carnero como de la guía de milano.

Al carnero de la parte superior se le dispone un cubo para la sujeción por rosca del pasador de unión entre la corredera o carnero y la biela; En la parte inferior se traza un cubo con alojamiento para el porta herramienta.

La fuerza aplicada sobre el pasador de la corredera es  $F_{3/4}$  la cual actúa con efecto de corte en las dos secciones de apoyo de giro deslizante de la biela. Ver Figura 27.

$$2F_c=13995,54 \text{ (N)}$$

$$F_c=6997,77 \text{ (N)}$$

$$T = F / (\pi D_c^2 / 4)$$

Tomando un acero AISI-4340 estirado en frío se tiene que la resistencia a la fluencia  $S_y = 90 \text{ Kpsi} = 622.04 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$$T = 0.5 S_y = 311,02 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$D_c^2 \pi \times 311,02 \text{ (N/mm}^2\text{)} = 13995,54 \text{ (N)} \times 4$$

$$\mathbf{D_c = 7,5692 \text{ mm}}$$

Como la zona crítica se encuentra en el cuello de la rosca.

$$D_{\text{acceptable}} = D_c + 2 (h_{\text{filete}})$$

$$D_{\text{acceptable}} = 7,5692 + 2 (1,95)$$

$$\mathbf{D_{\text{acceptable}} = 11,47 \text{ mm}}$$

Entonces se toma la rosca de fijación como NC1/2"

El cubo del pasador del carnero se tomara  $\varphi_{\text{opc}} = \varphi_{\text{rosca}}$

$$\varphi_{\text{opc}} = 3 \times 12.7 = 38.1 \text{ mm} \quad \text{o} \quad \varphi 1 \frac{1}{2}''$$

la altura sobresale 20 mm sobre la superficie frontal del carnero para facilitar el espacio suficiente para absorber el espesor de la manivela.

El cubo axial para el portaherramienta por distribución de masa se hará en un volumen equivalente , esto es:

$$\varphi_c=46 \text{ mm}$$

$$L_{\text{voladizo}}=20 \text{ mm}$$

$$\varphi_{\text{portahta}} = 22 \text{ mm}$$

$$L_{\text{alobjamiento portahta}}=32 \text{ mm}$$

que a su vez se alistara con un perno frontal de cabeza cuadrada, tipo prisionero NC3/8x25mm o L=1".

Adicional a lo anterior de ha instalado un volumen de aligeramiento con el fin de permitir el paso del eje de la manivela con la suficiente longitud para permitir el desplazamiento máximo (carrera de diseño) del carnero sin que toque o interfiera con el citado eje.

El carnero totalmente proyectado se ha consignado en la figura 28, en la cual se han incluido detalles de ingeniería para facilitar su fabricación , entre los cuales se realizaran: la indicación que las superficies de deslizamiento son rectificadas, que tienen inclinación de 60° con la superficie de basamiento , ala cual se le ha

realizado un descargue de 1 mm de profundidad por 50 mm de ancho en toda la longitud del carnero, ya que sobre esta superficie base solo actúa la componente de reacción de la guía de milano.

#### 4.2.2.ANALISIS DE FUERZAS SOBRE LA BIELA

Ver Figura 29.

$$\delta = F/A = 13.995,22 \text{ (N)/bxh}$$

$$S_u = 42.5 \text{ Kpsi} \rightarrow \text{ASTM 40}$$

$$S_u = 42.500 \text{ (lb/plg}^2\text{)} (1 \text{ Kgf}/2.2 \text{ lb}) (9.81 \text{ N}/1 \text{ Kgf}) (1 \text{ plg}^2/25.4^2 \text{ mm}^2)$$

$$S_u = 293.74 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\delta = 0.5 \times 293.74$$

$$\delta = 146.87$$

$$bxh = 13,995.22 \text{ (N) mm}^2 / 146 \text{ (N)}$$

$$bxh = 95,2898 \text{ mm}^2$$

$$\mathbf{b=1''}$$

$$h=3.75 \quad ?$$

Para seguridad en el diseño de la biela, se debe ahora precisar si estos valores no permiten pandeo lateral en la biela, esto es , si h es aceptable.

Se recurre a la formula de EULER , la cual se define el valor de carga critica para producir pandeo cuando la columna es articulada en ambos extremos:

$$F_{cr} = \pi^2 EI / L^2$$

E=Modulo de elasticidad para ASTM 40

$$18 \times 10^6 \text{ Psi} = 124408,88 \text{ N/mm}^2$$

I=Momento de inercia =  $bh^3/12$

L=Longitud = 110 mm

$$13.995,22(\text{N}) = (3,1416)^2 \times (124408,88 \text{ N/mm}^2) \times (bh^3) / (110^2 \text{ mm}^2) \times 12$$

$$bh^3 = 1654,98 \text{ mm}^4$$

$$h^3 = 66.1992 \text{ mm}^3$$

$$h=4.0259 \text{ mm}$$

Por ser la relación  $b/h > 3$  para fundición como elemento de pared delgada se tomara  $h = 12.0777 \text{ mm}$ , se aproximara a  $h \approx 12.00 \text{ mm}$ .

El diámetro de los pasadores tanto para el de la corredera como para el de la manivela serán iguales , ya que soportan igual carga y deben tener la misma área de deslizamiento. Para conocer su diámetro, se utilizara el numero característico del cojinete de SOMMERFILD, así:

$$S=(r/c)^2(\mu N/P)$$

Donde :

S=Numero de sommerfild.

r=Radio de la superficie cilíndrica de deslizamiento (plg o mm)

c=Holgura radial (plg o mm)

$\mu$ =Viscosidad absoluta (reyn)

N=Velocidad relativa entre el pasador y el alojamiento en rps.

$P$ =Carga por unidad de área proyectada.

Se asume el valor de la relación long/diámetro, ya que se ha tomado el espesor de la biela como 1/2" mas la saliente de cubo para generar la superficie de biela para el deslizamiento en sus dos extremos y por ambas caras igual a:

$$(L / d) = 1$$

Según la gráfica consignada en la figura 30, con variable de espesor mínimo ( $h_o/c$ ) = 0.4 para estar posicionado entres los limites de  $h_o$  para fricción mínima (parte izquierda) y  $h_o$  para carga máxima (parte derecha), y  $(L/d)=1$ , se tiene:

$$S=0.125$$

Para temperatura ligeramente superior a la ambiente  $T = 100^\circ\text{F}$  y para fabricación SAE 70, se obtiene  $\mu = 90$  reyns, de la gráfica que se aprecia en la figura 31. pg 565 shigley.

Para finalizar el tratamiento de SOMMERFILD,se calcula la velocidad relativa así.

$$W_p=W_m+W_{p/m}$$

$$W_B=W_m+W_{B/m}$$

$$W_{B/m} = W_B + W_m$$

$$= 119.8063 - (-1610.3)$$

$$W_{B/M} = 1730.1063 \text{ (rad/seg) (1 rev/2}\pi\text{rad)}$$

$$\mathbf{N = 275.35 \text{ rps}}$$

$$\mathbf{P = (r / c)^2 (\mu N / S)}$$

$$r = \text{Valor inicial de } 3/8'' = 9.525 \text{ mm}$$

$$c = \text{Equivalente a la tolerancia } 0.002'' \text{ o } 0.05 \text{ mm.}$$

$$P = (0.375/0.002)^2 \times (90 \times 10^{-6} \times 275.35) / 0.125$$

$$P = 6969.7968$$

Area proyectada :

$$A = 2rL$$

$$A = 2(3/8)'' \times (3/4)''$$

$$\mathbf{A = 0.5625 \text{ plg}^2}$$

$$P_{total}=P \times A$$

$$=3920.51\text{lbs} \times (1\text{Kgf}/2.7 \text{ lbs})(9.81 \text{ N}/1\text{Kgf})$$

$$P_{total}=17481.91 \text{ (N)}$$

Si dividimos  $P_{total}$  que puede soportar / carga original  $\gg 1$

$$17481.91 / 1618.65 = 10 \gg 1$$

Debido a este valor, la relación se dice que es segura , lo cual garantiza una rigidez apropiada a la carga dinámica aplicada en la articulación por pasador en los dos extremos de la biela. Ver Figura 32.

#### **4.2.3.ANALISIS DE FUERZAS SOBRE LA MANIVELA**

Ver Figura 33.

Para permitir que la carrera sea graduable de 0 - 60 mm se talla en la manivela una guía de anclaje tipo T invertida al interior del eslabón, para poder anclar en cualquiera de sus puntos el pasador de unión a la biela. La configuración de la manivela es la de un disco (para garantizar el balanceo) con un cubo al que se le construye una rosca interior para anclarlo al eje del mortajador. La información

sobre el grupo dimensional de la manivela se consigna en la figura 34; en el cual se ha determinado la longitud del cubo por el espesor del carro del mortajador el cual debe moverse recíprocamente sin interferencia.

Para conocer el diámetro de la rosca, se utiliza el concepto de torsión

$$P = T \times W$$

Se determina que la potencia disponible en la salida de el husillo de la fresadora es 1.5 Hp  $\approx$  1.2 Kw.

$$1200 \text{ N.m/S} = R \times T \times A \times W$$

$$= R \times \delta \times \pi R^2 \times W$$

$$= \delta \times W \times R^3$$

Para un acero AISI 4140 - HR

$$T = 0.5 S_u$$

$$T = 0.5 \times 63 \text{ Kpsi}$$

$$T = 31.500 \text{ Lb/pul}_2$$

$$1'200.000 \text{ N mm}^3/\text{S}=(120 \times 2\pi\text{rad} \times 31500 \text{ Lb/plg}^2 \times (1 \text{ Kgf}/2.2 \text{ lb}) \times (9.81 \text{ N}/1 \text{ Kg}) \times (1 \text{ plg}^2/25.4^2 \text{ mm}^2)) / 60 \text{ S}$$

$$1'200.000 \text{ mm}^3 = 2735.90 \text{ R}^3$$

$$\text{R}^3 = 438.6125 \text{ mm}^3$$

$$\text{R} = 7.5978 \text{ mm}$$

$$\varphi = 15.195 \text{ mm}$$

Se toma como  $\varphi_{\text{int}}$  de la rosca =  $3/4" \approx 19.02 \text{ mm} > 15.195 \text{ mm}$  la profundidad de la rosca en el cubo se puede tomar igual a la longitud del cubo. La rosca nominalmente será NC 7/8".

#### **4.2.4.EJE DEL MORTAJADOR**

Por tratarse de ser el mortajador un dispositivo que debe ser de norma, teniendo en cuenta que se utiliza en cualquier tipo de fresadora, es necesario que la toma de potencia sea de fácil acceso para acoplarse con el husillo de la maquina; por esta razón , se tomara su entrada por unión de chaveta cruzada frontal. Considerando las cargas dinámicas el diámetro de esta eje podría ser igual a los pasadores de la

biela, pero constructivamente debe posicionar la biela en el plano del movimiento del carro mortajador lo cual incrementa su diámetro a más de 22 mm que es la medida exterior de la rosca para que sirva de tope a la biela. Se hará un incremento de radio 3 mm , lo cual dejara el diámetro del eje en 28 mm.

La longitud de la superficie de deslizamiento se toma como el doble del diámetro, lo que conduce a la relación  $L/d = 2$ , consideración que supera notablemente las condiciones de  $h_0$  óptima para fricción mínima y espesor de película óptimo  $h_0$  para carga máxima ,dando como garantía una duración muy elevada, apoyada en el diseño, por la utilización de un cojinete de deslizamiento en bronce fosforado, de espesor normalizado de 4 mm , el cual se sujetara al bloque de la hembra de la cola de milano, mediante prisioneros axiales de 5 mm de diámetro por 10 mm de longitud, con rosca montada sobre cojinete 0.75 mm o altura de filete, obligándolo a ser solidario al cuerpo en su posición y dirección.

Finalmente, con base en la utilización de una claveta rectangular 10x15x44 mm , se mecanizara la cabeza del eje como punto de acople a la entrada de  $\varnothing 44 \times 20$  mm.

Cabe anotar que el eje en si requiere tratamiento térmico temple/revenido para alcanzar una dureza apropiada de 50 RWC, al cabo de la cual se realizara el rectificado de ajuste sobre la superficie de apoyo.

En la figura 35 se ha detallado el estado final del eje del mortajador.

#### **4.2.5 COJINETE DE DESLIZAMIENTO**

Al utilizar un cojinete de deslizamiento, se define en primera instancia la naturaleza del elemento de contacto por deslizamiento, de las tres posibilidades: rozamiento líquido, semilíquido o seco.

Diseñar un sistema que garantice el rozamiento líquido, no siempre es posible por las construcciones constructivas o por los índices económicos.

Para los cojinetes de accionamiento auxiliares, que soportan cargas pequeñas a velocidades moderadas de rotación es suficiente la lubricación periódica. En el caso específico de cojinetes, en los cuales actúan cargas grandes a pequeñas velocidades de rotación o en el caso del movimiento oscilatorio del dispositivo mortajador es imposible (como en la mayoría de dispositivos patinadores o de deslizamiento sobre bancadas o guías), garantizar el rozamiento líquido.

Con la elección correcta del material, de los parámetros constructivos y del lubricante, los cojinetes de rozamiento semilíquido trabajan con suficiente fiabilidad. Para el eje y cojinete del mortajador se usa un lubricante consistente empaquetado o por arrastre, labor apropiado para grasa con buen nivel de oliosidad, alta viscosidad y elevada adsorción a superficies metálicas. A continuación se presentan los índices de fricción para cojinetes con una lubricación de estas características.

<b>MATERIAL</b>	<b>INDICE DE FRICCION <math>\mu</math></b>
Babbit al estaño	0.01 - 0.02
Babbit al plomo	0.015 - 0.025
Bronce al plomo	0.002 - 0.03
Aleación de AL	0.03 - 0.04
Poronce BrAZh	0.04 - 0.05
Fundición anti fricción	0.05 - 0.08

En casos concretos se recomienda : Para bajas cargas y velocidades circunferenciales o tangenciales altas, el empleo de cojinetes con revestimiento de babbit ; a elevadas cargas Bronce al plomo y para cargas grandes y velocidades pequeñas bronce (fosforado).

Las holguras o tolerancias tomadas según el tipo de ajuste para lubricación semilíquidas es menor que en los cojinetes de rozamiento líquido es decir  $N^{(+0.0005/-0.001)}$ , por ningún motivo la dureza del eje puede ser inferior a 50 RWC, y para mejorar la calidad de su superficie de apoyo se puede someter al proceso de sulfonación o a recubrimiento con silicio.

Por considerar que el cojinete es el elemento fusible para la vida útil del mortajador se analiza en este acápite , aun que escuetamente, las propiedades del material antifricción ; las cuales tienen la misma importancia para cojinetes con rozamiento líquido como para los de rozamiento semilíquido.

## **RESISTENCIA MECANICA**

Las cargas máximas que puede soportar el cojinete se determina por la resistencia a la compresión del metal de que esta hecho y a la temperatura de trabajo.

Una carga excesiva, particularmente cuando el cojinete tiene insuficiente rigidez, provoca grietas de fatiga que en resumen expolian y fragmentan el revestimiento.

## **HUMECTABILIDAD DEL LUBRICANTE**

En algunos casos el lubricante forma película de adsorción resistente que mantiene impregnada la superficie del metal, incluso en condiciones de suministro insuficiente, sin permitir el inicio del rozamiento seco. La adición de ácido oleico y palmitico mejoran la adsorción.

## **COEFICIENTE DE ROZAMIENTO SEMISECO**

La magnitud del cojinete de rozamiento semisecho, determina en sumo grado el desprendimiento de calor en el rozamiento semisecho y el semilíquido, y por consiguiente, también la capacidad de trabajo en condición de lubricación reducida. La adición de grafito coloidal, disulfuro de molibdeno y azufre reducen el coeficiente de rozamiento semisecho.

## **CONDUCTIVIDAD TERMICA**

Cuanto mayor es la conductividad térmica del material del cojinete, tanto mejor extrae el calor que se forma en la capa lubricante. Por eso, los cojinetes fabricados en material plástico (baja conductividad térmica), por ejemplo, poseen menor capacidad de carga portante que los metálicos de buena transmisión térmica.

### **CAPACIDAD DE AJUSTE DE EXPLOTACION**

Al ajustamiento durante la explotación consiste en el alisamiento o pulido de las micro irregularidades y los sectores salientes o protuberantes de la superficie del cojinete, formados por el método de fabricación y montaje inexacto. Se ha seleccionado bronce para el cojinete del mortajador, considerado para este tipo de utilización como material duro, ya que la presión de borde que genera la biela se elimina en un elevado porcentaje por las caras interiores de la guía de milano y el ajuste de la cuña guía, eliminando la eventual deformación elástica del eje al quedar la carga en cantiléver; razón por la cual solo se alisan las micro irregularidades, no requicimento asentamiento por localización de fuerza s concentradas.

### **PROPIEDADES DE ANTIATORAMIENTO O AGARROTAMIENTO**

Los materiales con semejanza en red cristalina y propiedades físico-químicas, en condiciones de rozamiento semiseco tienden a generar puntos de soldadura. El proceso se inicia con el desprendimiento de partículas de uno de los metales, su arrastre, su adherencia al otro metal, hasta que la superficie se hace tan irregular

que produce el agarrotamiento. Con frecuencia este fenómeno ocurre cuando un árbol no es tratado térmicamente y su asiento es de bronce ; al sufrir recalentamiento el agarrotamiento se aprecia pues el eje queda cubierto con una capa continua de bronce.

Las aleaciones a base de cobre-estaño, de cobre-aluminio, de castaño-antimonio polifasicas para cojinetes con componentes estructurales duros y con matriz plástica, resisten muy bien el agarrotamiento, las propiedades de antiatoramiento de los aceros mejora ante la presencia de componentes no metálicos en su estructura, tales como nitruros, sulfuros y siliciuros.

La inclusión en el lubricante de líquidos de silicio y del trifenilfosfato como aditivos antiagarrotamiento es muy favorable.

## **RESISTENCIA AL DESGASTE**

Cuando mas dura es la superficie del material del árbol, mayor es la resistencia al desgaste. La sulfonación y el recubrimiento con silicio (saturación de la capa superficial del árbol con azufre y silicio respectivamente). Pese a que la dureza de la superficie, en este caso, no aumenta como ocurre con otros tipos de tratamientos químico-térmico, la resistencia de los árboles sulfamados y recubiertos con silicio aumenta de 10 a 20 veces , ala vez que se reduce la tendencia al atoramiento y agarrotamiento.

## **RESISTENCIA A LA CORROSION**

Los materiales para cojinetes deben ser resistentes a los ácidos que aparecen en el aceite después del trabajo prolongado y temperatura moderadamente elevada. La saturación difusiva de la superficie del material para cojinete con indio los protege bien de la corrosión.

### **NEUTRALIDAD QUÍMICA**

El material de los cojinetes debe de ser químicamente neutro con relación al aceite. La mayoría de los materiales antifricción satisfacen esta condición, a la excepción del PB y CU, los cuales a elevadas temperaturas aceleran catalíticamente la oxidación del aceite. En presencia de estos elementos se deben introducir aditivos organometálicos ( S,P,N, ), los cuales actúan como agentes antioxidantes.

### **MAQUINABILIDAD**

El acabado de las superficies de rozamiento dependen de cierto grado de la maquinabilidad del material. Algunos materiales para cojinetes ( por ejemplo, bronce duros y materiales termoplásticos), se someten mal al mecanizado fino de la herramienta de corte. Se mecanizan bien los babbits, los bronce blandos y las aleaciones a base de aluminio. Los árboles de acero, como regla general, se mecanizan tanto mejor (acabado superficial), cuanto mas dura es su superficie.

El grupo dimencional del buje del árbol del mortajador se ha proyectado como aparece en la figura 36.

En la tabla 8,9,10 ORLOV., aparecen relacionados los bronce antifricción, fundiciones antifricción y babbits con su composición y propiedades mecánicas entre los cuales se pueden completar su conductibilidad térmica de 50 a 100 cal/mhc°, su coeficiente de dilatación lineal de  $\approx 1,9 \times 10^{-7}$  mm y un modulo de elasticidad

$$E = 8 \times 10^3 / 10 \times 10^3 \text{ Kgf/mm}^2.$$

#### **4.2.6BASE HEMBRA DE LA COLA DE MILANO**

El diseño de una pieza fundida requiere especial atención, y tanto la base hembra de la cola de milano, como la base de anclaje de la fresadora con su guía circunferencial que permite la rotación del mortajador, tendrán el mismo desarrollo; pero solo en el primero se hará el proceso detalladamente mientras que en el segundo sencillamente se darán los resultados en el próximo ítem.

La base hembra de la cola de milano debe cumplir tres funciones especificas a saber:

-Servir de guía para el movimiento reciprocante del carro mortajador.

-Soportar el eje del mecanismo.

- Servir como brida escualizable del dispositivo.

De acuerdo a lo anterior se trata de unir estas tres necesidades en una sola pieza fundida. En la figura 37 se utilizara individualmente soluciones particulares para cada requisición de servicio y luego utilizando el método de acople por superposición o por ensamble se logra la solución morfológica aproximada que se busca.

De la figura citada anteriormente se pueden apreciar los esquemas individuales, que a primera vista presenta ciertos aspectos a tener en cuenta:

-La longitud de asiento para el eje del mecanismo será la suma de los espesores de la guía y de la brida mas la longitud de la pieza donde se aloja parte del buje.

$$L_p = E_{cola} + L_{cilindro-hueco} + E_{brida}$$

-Se debe determinar el diámetro exterior del sector del cilindro hueco.

-El ajuste en la guía se debe dar por la cuña lateral, la cual se debe proyectar para ajustar con prisioneros.

-Como es la sujeción escualizable

-Seleccionar cual de las dos posibilidades es la mejor entre volumen de aligeramiento o pieza maciza para el caso de la pieza intermedia.

-Como garantiza la concentricidad entre el giro del cabezote y el eje de mortajador.

Para hallar una solución progresiva, se iniciará la definición de formas y tamaños, tomando la cuña de espesor uniforme para sujeción con huella cónica de  $118^\circ$ , dada por elafilado directo de la broca de diam. 8m, ver Figura 38. Como la inclinación es de  $30^\circ$  y la diferencia entre las medidas transversales del carro y de la guía es de 8mm, se debe alejar este espacio la sección lateral izquierda la cual resiste la componente transversal de la fuerza que ejerce la biela en su carrera de vacío, mientras que la zona derecha que resiste la normal que crea fricción en la carrera de corte será el área de trabajo por deslizamiento.

El carro tiene un movimiento en el plano vertical de la guía, lo cual querría decir que no existe componente por la carga posterior del carro; pero debido al efecto de cuña al moverse, la guía esta dotada de superficie de deslizamiento frontal para bloquear el movimiento axial del eje o husillo del mortajador. La pregunta para este detalle es ¿ Cual es su ancho ?. Por elemental análisis dimensional será igual al espacio que lateralmente deje libre la sección del volumen de aligeramiento mas 2 mm de tolerancia por cada cara.

Una vez esta definido el volumen de alojamiento del carro y la cuña en la guía, se debe indagar que factor determina el espesor de la pared lateral de la guía a

fabricar en fundición gris.

Como regla general se aconseja emplear paredes del menor espesor posible de acuerdo al tipo de fundición y condiciones de carga. En la Figura 39 se representa el espesor (s) mínimo aceptable teóricamente en función de las dimensiones reducidas (paralelepipedas) de la pieza y diferentes materiales de fundición, calculada de acuerdo con la siguiente formula:

$$N = 2L + b + h / c$$

L = Longitud de la pieza

b = Ancho de la pieza

h = Altura de la pieza

c = Condición de aplicación

c = 3 Para elementos de bastidores, carcazas, bridas, etc.

c = 5 Bancadas de martinets y prensas, cajas de trenes de laminación, etc.

c = 0.3 Equipo de precisión y producción de maquinaria

De acuerdo a lo anterior se determinaran de forma aproximada las dimensiones de

la pieza así:

-La longitud de la guía es aprox. 75 ÷ 80 % de la longitud del patín, esto es:  $0.775 \times 225 = 174.37 \text{ mm}$

-El ancho se tomara menor y aproximadamente al 70 % de la longitud, así:  $0.7 \times 225 = 157.5$

-El espesor se tomara igual a la longitud de deslizamiento del eje mas lo alto de la guía, así  $56 + 24 = 80 \text{ mm}$

-De acuerdo al establecimiento de estas condiciones o características aproximadas de tamaño, se tiene que:

$$N = 2 \times 174.37 + 157.5 + 80 / 0.25$$

$$N = 1785.00 \text{ mm}$$

Según la figura 39 este valor se ubica entre 12 y 15 mm; se tomara para este caso 15 mm, el cual es el espesor de las paredes laterales de la guía inclinadas 30° con respecto al plano de movimiento vertical, así como el fondo de la guía, la cual como pieza de superposición queda totalmente definida al incluir las dimensiones del aligeramiento de la pista frontal de 1 mm de profundidad por 32 de ancho a lo largo de la guía, como también se dimensiono en el patín.

Ahora se concentra la atención en la tercera pieza o brida del conjunto, esta brida debe cumplir dos funciones específicas:

- Anclar en cualesquiera posición de giro la guía con respecto a la base del mortajador, para permitir que la herramienta elabore el mortajado en cualquier dirección perpendicular al husillo.
- Garantizar la concentricidad del husillo con respecto a la pieza base para cualesquiera posición.

En la fundería convencional se toman el espesor de las bridas entre 1.5 a 1.8 el espesor de la pared de diseño.

$$S_{BRIDA} = (1.5 \div 1.8) S_{PARED}$$

$$S_{BRIDA} = 1.5 \times 15 \text{ mm}$$

$$S_{BRIDA} = 22.5 \text{ se aproximara a } 23 \text{ mm}$$

Esta aproximación se toma para que el escalón guía de concentricidad, sea torneado hasta 7 mm de altura y un diámetro de acople a la pieza de basamento de 80 mm.

Si bien se tiene el espesor de la brida y del centrador, es necesario precisar ¿ Qué sistema de anclaje se utiliza ?. Para usar un sistema universal se hace un arreglo

similar al de una prensa de banco de tamaño similar, el cual esta constituido por una guía circular de sección transversal tipo Tee invertida normalizada para tornillo de sujeción con cabeza cuadrada diámetro 3/8" con rosca NC y longitud de alcance igual a:

$L_{\text{PERNO DE AVANCE}} = \text{Alto de la Tee} + \text{Espesor de la brida sin altura del centrador} + \text{Longitud tuerca y arandela} + \text{Altura de cabeza.}$

$$L_{\text{PA}} = 10 + 15 + 12.7 + 7$$

$$L_{\text{PA}} = 45 \text{ mm}$$

Como la guía por norma tiene un ancho de 20 mm y una altura de 8 mm, la cabeza del sujetador se tomara cuadrada de 19 mm de lado por 7 mm de altura. Observar la Figura 40.

La distribución de pernos será a 180° y a una distancia centrada de 125 mm, para lo cual el espacio radial entre el centrador y los huecos es de 17.5 mm y al exterior se dejara una distancia libre de 15 mm desde el centro de la perforación o 10 mm desde su perímetro, lo cual determina el diámetro exterior de la brida de  $\hat{Y}_8 = 155$  mm. En este caso especifico el diámetro de los pernos se hace por selección y tamaños ya que su calculo a corte es prescindible ya que este esfuerzo lo contrarresta la sección transversal del centrador y no los sujetadores.

Para concluir la pieza se debe determinar las características de la unión entre la guía y la brida, para lo cual se buscara aligerar el volumen del material, construyendo una unión a base de nervios o venas de refuerzo y no fabricando una pieza maciza.

Se parte de la base que se respeta el espesor de la pared de diseño  $S = 15 \text{ mm}$  y que para el volumen que ella ocupa se mantiene en valor, solo que se conforma una distribución simétrica de material que eleve la rigidez del cuello.

El arreglo será de cuatro nervios de sección rectangular cuyo ancho es  $20 \text{ mm}$  y su altura es  $18 \text{ mm}$  que es la separación entre la brida y la guía.

Como el volumen se mantiene constante:

Volumen del anillo cilíndrico original = Volumen del anillo final + Volumen de los nervios.

$$\pi(R_{co}^2 - R_i^2) \times 18 = \pi(R_{ef}^2) \times 18 + 4(20 \times 18 \text{ Ln})$$

$R_{co}$  = Radio exterior con pared de  $15 \text{ mm}$

$R_i$  = Radio exterior del buje de bronce

$R_{ef}$  = Radio exterior del anillo con pared de  $6.5 \text{ mm} = S/2$

mecanizado.  $S_f = 7.5 - 1 = 6.5 \text{ mm}$

$L_n$  = Altura o extensión del nervio

$$\pi(32.5^2 - 17.5^2) \times 18 = \pi(24^2 - 17.5^2) \times 18 + 4 \times 20 + 18L_n$$

$$42412 \pi - 15254 \pi + 1440 L_n$$

$$L_n \pi - 18.85 \text{ mm}$$

$$L_n \pi - 19 \text{ mm}$$

A lo anterior solo se le adiciona al plano la calidad de acabado de las superficies de deslizamiento. Como se ha proyectado en la Figura 41.

Pieza guía de escualización

Esta base de fundición gris, debe cumplir las siguientes funciones:

-Soportar el giro de posicionamiento garantizando la centricidad con respecto al eje.

-Anclar la brida

-Poseer una escala que indique el grado de inclinación de la posición de la

herramienta.

-Proteger el acople de el husillo de la fresadora con el eje del dispositivo mortajador.

Inicialmente se tiene la sección de la guía:

$$N = 2 \times 25 + 20 + 20 / 0.3 = 300$$

Para  $N = 300$  se tiene que el espesor de pared según la Figura 42 es como mínimo igual a seis, se tomara por seguridad  $S = 7$  mm, por lo cual el sector de la guía queda definido así: Ver Figura 43.

Una vez dimensionada la zona de sujeción escualizable de la brida o guía del perno sujetador, se debe inducir una zona de a esbeltez, que ubique en una posición adecuadamente retirada de la columna de la fresadora, la herramienta de mortajar; hasta ahora se ha acumulado una separación aproximada a los 120 mm, y como la distancia será  $1/2$  de la máxima retracción transversal de la mesa de la maquina la cual esta en el rango de 350 mm.

$$\text{Distancia} = (350/2) - 120$$

$$\text{Distancia} = 55 \text{ mm}$$

De este valor se debe reducir la zona de los cantos de la base rectangular del

dispositivo que por disponibilidad del anclaje a la maquina se tomara de 200 mm y 180 mm

$$N = 2 \times 200 + 180 + 20 \text{ (tanteo)} / 0.3$$

$$N = 2000$$

Para  $N = 2000$  según el monograma de la Figura 39,  $S = 15$ , si de la distancia de 55 mm se resta el espesor del canto de anclaje, se encuentra que la esbeltez suplementaria es 40 mm como la altura  $< 0$ , se crea una situación de flexión nula, por lo cual  $E = 40$  mm. quedando de esta forma totalmente definida esta pieza.

Es preciso anotar que asimilando las inexactitudes al fundir en arena por dos cajas de moldeo y la utilización de machos central secado al  $CO_2$ , es aceptable una dimensión por exceso o por defecto de  $\pm 1$ mm, antes de mecanizar, (+) exteriormente y - interiormente.

Esta base esta sujeta a la placa guía de anclaje mediante un arreglo rectangular de 4 tornillos de 160 mm x 140 mm,  $\dot{Y}$  5/8" x 1" NC.

Adicionalmente en la Figura 44 se muestra las dimensiones en detalle de esta base guía de escualización, imito con el detalle de la boca de ingreso de la cabeza cuadrada de los pernos de anclaje en la guía de Tee invertida.

## **5. CONSTRUCCION Y MONTAJE**

### **5.1 PROCESO**

El proceso de fabricación es un conjunto de operaciones ordenadas de forma secuencial en una relación que se denomina como GAMA DE FABRICACION .

#### **5.1.1 CONDICION INICIAL**

Define la optencion primaria de cada elemento, características físicas iniciales, propiedades mecánicas de acuerdo a composiciones normalizadas hasta dejarla lista para iniciar el proceso de transformación por desprendimiento de viruta.

### **5.1.2. MECANIZADO**

Sobre la vista representativa se dispondrán las herramientas, con la explicación de que es la pieza la que se orienta al anclarse o bridarse con respecto a la sección de corte de la herramienta; en el caso contrario se informara oportunamente.

### **5.1.3. ENSAMBLE Y MONTAJE**

Se indica el proceso de ensamble desde la pieza base hasta la herramienta; así como la relación de pasos a seguir en el montaje.

Es necesario indicar que esta información se consigna en la hoja técnica de proceso de fabricacion para cada pieza.

## **ANEXO - 2**

El rectificado y esmerilado puede tener varios objetos; los más corrientes son:

- 1.El desbarbado de piezas de fundición, para evitar el trabajo en la lima o buril.
- 2.Pulimentar las piezas para darles brillo especular.
- 3.Rectificar superficies planas que han de asentar, deslizarse unas sobre otras o bien para útiles de medición.
- 4.Rectificado cilíndrico, interior y exterior.

## 5. Afilar herramientas de corte.

En este anexo nos dedicaremos únicamente a estudiar los últimos tres grupos. El trabajo se efectúa con máquinas especiales y afecta principalmente una gran parte de piezas que por su gran ajuste o por su dureza (temple) se acaban en la misma sección de maquinaria.

### **MATERIALES ESMERILANTES.**

Las muelas empleadas para el rectificado o afilado de herramientas pueden ser fabricadas con abrasivos naturales o artificiales; pero como actualmente casi todas las muelas se preparan con estos últimos, daremos una breve idea de los más empleados.

Los abrasivos artificiales de mejor rendimiento son: el corindón artificial (óxido de aluminio,  $Al_2O_3$ ) y el carburo de silicio (SiC).

El corindón artificial se obtiene de la arcilla y se utiliza para trabajar materiales de alta resistencia, como acero de herramientas, acero fundido y maleable, hierro forjado, etc.

El carburo de silicio se obtiene de una fusión de arena, cuarzo, coque, serrín, y sal, y está muy indicado para el rectificado de materiales agrios y de poca resistencia, como el hierro colado, fundición dura y vidrio, y también para materiales blandos,

como el aluminio, cobre, goma endurecida, etc.

## **MUELAS**

Las muelas de esmerilar están formadas por un material abrasivo y su aglutinante, de modo que lo define sus características y propiedades son: el grano, el aglomerante y la dureza.

## **GRANO**

El grano se designa según su magnitud, o sea, de acuerdo con la finura de la criba por que pasa. El número del grano viene determinado por el de mallas que tiene la criba por pulgada de longitud.

Hay aproximadamente unos 20 números diferentes de grano, siendo los más corrientes los que da la escala Norton:

MUY GRUESO	GRUESO	MEDIANO	FINO	MUY FINO	PULVERULENTO
10-12	20-24	40-50	80-90	150-180	240-300
14-16	30-36	60-70	100-120	200-220	400-600

## **AGLOMERANTE CERAMICO**

Se llama aglomerante a la substancia que sirve para aglutinar los granos de

esmeril, dando a la muela la forma deseada por medio de moldes.

Hay varias clases de aglomerantes, siendo el más importante el llamado cerámico o cocido a alta temperatura. Este aglomerante está constituido por arcilla y caolín o feldespato en diferentes proporciones, según el grado de dureza que se quiera obtener.

Las muelas de esta clase son más porosas, y comparadas con las otras, ofrecen un corte más libre, su dureza es uniforme y no contienen impurezas; son inatacables por el agua, el aceite y el calor, pero, en cambio, son sensibles a los choques porque carecen de elasticidad.

## **DUREZA DE LAS MUELAS**

Una muela tiene la dureza adecuada cuando el grano, después de haberse embotado por la fuerte presión, puede soltarse de su aglomerante dejando su lugar ocupado por otro que trabaje bien.

Si la muela es demasiado dura, los granos gastados no saltan y entonces la muela comprime. Las muelas demasiado blandas pierden sus granos con facilidad y se gastan rápidamente.

Así, pues, debemos entender por grado de dureza de una muela la mayor o menor facilidad con que el material aglutinante deja saltar los granos una vez saltados. No se trata de la dureza del propio grano, sino del material aglutinante que lo retiene

con mas o menos fuerzas. Serán muelas duras las que retienen los granosa con mayor fuerza, y muelas blandas, las que los deja saltar con facilidad.

Puesto que el grano que se ha embotado ha de desprenderse lo mas pronto posible de la muela, y el material duro embota mas pronto los granos que el blando, resultara que la dureza de la muela ha de estar de razón inversa de la del material que se trabaja. Así, para el acero mecánico blando combienen las muelas duras; para aceros muy carburados muelas muy blandas, y para el acero templado y fundición endurecida, las clases mas blandas.

Para trabajar materiales sumamente blandos que tienden a empastarse, como, por ejemplo, el cobre, el latón, las condiciones son diferentes. Estos materiales necesitan muelas especialmente blandas, por que las duras se obstruyen con las virutas arrancadas y en estas conducciones no son capaces de regenerar el filo por si mismas. Para estos casos, deben emplearse grandes velocidades de corte para producir virutas muy delgadas.

## **IMPORTANCIA DEL ARCO DE CONTACTO**

Para facilitar el desprendimiento de los granos embotados tienen gran importancia la magnitud del arco de contacto entre la muela y la pieza que se trabaja. Cuanto mayor sea el arco de contacto, tanto mas lentamente se efectuara el desgaste del grano. Además, la presión superficial que da lugar que salten los granos gastados es tanto menor cuanto mayor sea la superficie de contacto entre la muela y la pieza, donde se deduce que las grandes superficies de contacto exigen muelas

mas blandas que las superficies de contacto pequeñas.

Por consiguiente las muelas mas blandas combienen al rectificado interior plano y frontal.

Las muelas anulares y de vaso han de ser mas blandas que las muelas planas.

Las muelas duras convienen mejor al rectificado cilíndrico.

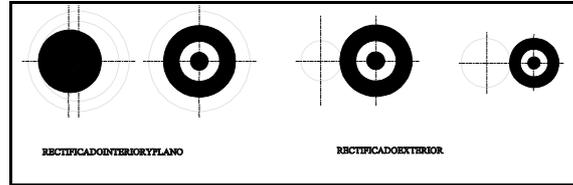
De todo lo dicho pueden deducirse las siguientes conclusiones:

1.Cuanto mas dura es el material que se rectifica mas blanda debe ser la muela y viceversa.

Para el rectificado preliminar de desbaste,se emplearan muelas blandas, y grano basto,y para el acabado, muelas duras y grano fino.

2.Para el esmerilado a mano,se emplearan muelas mas duras que las empleadas a maquina.

3.Las superficies de contacto grandes requieren muelas blandas y de grano basto (rectificandole interiores y superficies planas).



La dureza de las muelas se da, en general, por medio de las letras siguientes, de acuerdo con la escala Norton.

MUY BLANDAS	BLANDAS	MEDIAS	DURAS	MUY DURAS
EFG	HIJK	LMNO	PQRS	TUVW

### **ELECCION DE MUELA**

Para una buen elección de muela deben tenerse en cuenta muchos factores, como se comprende por todo lo dicho; es, pues, muy difícil elegir en cada caso una muela que reúna todas las condiciones necesarias, por lo que en las tablas que damos a continuación anotamos unos tipo que pueden servir de punto de partida para la elección de la muela más apropiada.

### **CARACTERISTICAS DE LAS MUELAS MAS INDICADAS PARA EL RECTIFICADO**

MATERIAL	ABRASIVO Y AGLUTINANTE	ESMERILADO	ESMERILADO	ESMERILADO
		CILINDRICO	INTERIOR	PLANO
ACERO TEMPLADO	CORINDON CERAMICO	46 K-M	40-50 K	24-60 J
ACERO BLANDO	CORINDON CERAMICO	40-50 L-N	46-60 K-N	24-60 I-K
FUNDICION	CARBURO DE SILICIO Y CERAMICO	40-60 I-K	40-46 H-I	20-40 H-K
LATON	CARBURO DE SILICIO Y CERAMICO	30-36 J-K	30-40 H-K	24-40 H-J
ALUMINIO Y METALES LIGEROS	CARBURO DE SILICIO Y RESINA ARTIFICIAL AGLOMERANTE CERAMICO	36-60 I-J	30-60 H-J	20-40 H-I

### MUELAS PARA AFILAR HERRAMIENTAS DE CORTE

CLASE DE HERRAMIENTA	MUELAS DE ALUNDUM (OXIDO DE ALUMINIO)	
	GRANO	DUREZA

CLASE DE HERRAMIENTA	MUELAS DE ALUNDUM (OXIDO DE ALUMINIO)	
HERRAMIENTAS DE TORNO Y MAQUINA DE CEPILLAR	20-24	P
	20-36	O-P
FRESAS DE ACERO RAPIDO	46-60	H-M
ESCARIADORES Y MACHOS DE ROSCAR	46-60	J-M
SIERRAS	36-50	M-N
BROCAS ESPIRALES	46-60	M
HOJAS DE SIERRA	30-60	J-M

### **VELOCIDADES DE CORTE PARA LAS MUELAS**

Puede compararse la velocidad de corte de la muela con la de las fresas cilíndricas, esto es, cuanto menor velocidad lleve la muela para un mismo avance de la mesa, tanto menos granos trabajarán por unidad de tiempo, por lo que su desgaste será más rápido. Las muelas de movimiento rápido trabajan como si fueran más blandas de lo que corresponde a su clasificación.

### **VELOCIDADES DE CORTE PARA MUELAS SEGUN LOS MATERIALES**

CLASE DE MATERIAL	VELOCIDAD DE CORTE METROS POR SEGUNDO
ACERO MECANICO	30
ACERO RAPIDO (BROCAS)	15 A 20
FUNDICION DE HIERRO	25
METALES LIGEROS	15
ESMERILADO PLANO	20
RECTIFICADO INTERIOR CON MUELA PEQUEÑAS DE 20 A 40 mm DE DIAMETRO	8 A 12

Para calcular el número de revoluciones, la velocidad de corte o la tangencial, se emplean las siguientes formulas, en las que figuran:

n =Número de revoluciones por minuto.

v=Velocidad de corte en metros por segundo.

d=Diámetro en milímetros.

Número de revoluciones,  $n = 60.000 \cdot v / d \cdot \pi$

Velocidad de corte,  $v = d \cdot \pi \cdot n / 60.000$

## VELOCIDADES DE LA PIEZA EN METROS POR MINUTO

CLASE DE MATERIAL	RECTIFICADO EXTERIOR		RECTIFICADO INTERIOR
	DESBASTE	ACABADO	
HIERRO COLADO	10 A 15	10 A 12	20 A 24
ACERO BLANDO	10 A 12	8 A 10	18 A 20
ACERO TEMPLADO	12 A 15	10 A 12	20 A 24
LATON	15 A 18	12 A 15	28 A 32
METALES LIGEROS	30 A 40	20 A 30	30 A 35
PIEZAS DE PAREDES DELGADAS DE ACERO TEMPLADO CON GRAN AVANCE LONGITUDINAL	8 A 10		
RECTIFICADO PLANO EN MAQUINAS ALTERNATIVAS	6 A 8	6	

El número de vueltas de la pieza o velocidad depende de la velocidad de corte de la muela, aumentando o disminuyendo el número de vueltas de acuerdo con esta última. El desbastado requiere mayor número de vueltas por pulido. Cuanto menor velocidad lleve la pieza, tanto más pulido quedará la superficie rectificada.

El numero de revoluciones de la pieza o su velocidad tangencial se hallaran,

como hemos hecho anteriormente, llamando:

$n$  =Número de revoluciones de la pieza por minuto.

$u$ =Velocidad tangencia de la pieza en metros por minutos.

$d$ =Diámetro en milímetros de la pieza.

Número de revoluciones,  $n = 1000 \cdot u / d \cdot \pi$

Velocidad tangencial ,  $u = d \cdot \pi \cdot n / 1000$

### **AVANCE DE LA MESA EN SENTIDO LONGITUDINAL**

Este avance se toma en milimitros por cada vuelta de la pieza y se indica como la fracción del ancho  $B$  de la muela. El avance de la mesa en metros por minutos se halla por la formula:

$$S' = n \cdot s / 1000$$

Siendo

$S'$  el avance en metros por minutos

$n$  el numero de vueltas de la pieza

s el avance por vuelta en milímetros.

**AVANCES MAS CORRIENTES DE LA MESA  
(B=ANCHO DE LA MUELA EN MILIMETROS)**

CLASE DE MATERIAL	AVANCE EN mm POR VUELTA DE LA PIEZA
PARA ACERO	2/3 A 3/4 de B
PARA FUNDICION DE HIERRO	3/4 A 4/5 de B
PARA ESMERILADO MUY FINO	1/4 A 1/3 de B

**PROFUNDIDAD DE PASADA EN SENTIDO RADIAL DE LA PIEZA**

La profundidad de la muela por pasada en el sentido radial depende del grano, pudiendo ser tanto mayor cuanto mas granado sea aquel.

**PROFUNDIDADES POR PASADA EN EL RECTIFICADO**

CLASE DE MATERIAL	DESBASTES	AFINADO
RECTIFICADO EXTERIOR CILINDRICO: ACERO TEMPLADO (BROCAS)	0.02 A 0.03	0.005 A 0.007
ACERO MECANICOS	0.02 A 0.05	0.005 A 0.007
FUNDICION HIERRO	0.04 A 0.06	0.02 A 0.05
PIEZAS DE PAREDES DELGADAS	0.01 A 0.02	0.003 A 0.01
RECTIFICADO INTERIOR	0.005 A 0.007	0.002 A 0.003
RECTIFICADO PLANO	0.004 A 0.006	0.003 A 0.005

El numero de pasadas de afinar se considera el 20 % de las de desbaste.

### **ANCHO DE LA MUELA**

El ancho de la muela depende del diámetro de la pieza en relación a su longitud, pudiendo ser tanto mas ancha cuanto mayor diámetro tenga la pieza.