



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

**Proyecto de inversión para producción Nacional de
Herramientas Manuales**

PROCESO DE MAQUINADO

Proyecto de Grado

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

MANUEL DE JESUS VARGAS ROMERO

Guayaquil - Ecuador

1990

A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing Ignacio Wiesner,
Director del Tópico de
Graduación, por su es-
tímulo y colaboración
para la realización de
este trabajo.

Al Ing Manuel Helguero
por su orientación en el
desarrollo del mismo.

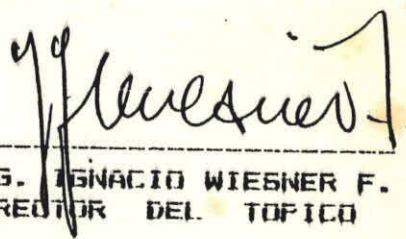
D E D I C A T O R I A

A mis abuelos

A mi madre



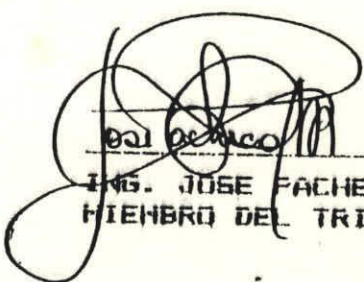
DR. ALFREDO BARRIGA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



ING. IGNACIO WIESNER F.
DIRECTOR DEL TOPICO



ING. MANUEL HELGUERO G.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. JOSE PACHECO H.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"
(Reglamento de Tópico de Graduación)



Manuel de Jesús Vargas Romero

R E S U M E N

El objetivo general del tópico de fundición es promover el desarrollo industrial del país, a través de la elaboración de proyectos de inversión dedicados a la sustitución de importaciones de bienes de consumo y bienes de capital.

El objetivo específico de mi informe está relacionado con la parte del proyecto dedicado a la Ingeniería del proyecto que ha sido dividido en capítulos de acuerdo a la especificación de los procesos de producción, en mi caso particular me he dedicado a la mecanización de partes que constituyen una llave de tubo.

En primer lugar se detallan las características técnicas y operativas que debe presentar la herramienta; los requerimientos de la llave de tubo en lo que respecta a materiales y también las limitaciones que poseemos en cuanto a procesos de producción y materiales disponibles.

Se toma también en consideración la bibliografía consultada en cuanto hace referencia a los parámetros óptimos de corte de los materiales preseleccionados y se realiza una comprobación experimental de los mismos.

Con el objeto de realizar eficientemente el mecanizado de la pieza clave de la llave, la quijada móvil, se hace

necesario seleccionar un utillaje adecuado para centrar y sujetar rápidamente este componente.

También se dispone el diseño de una herramienta que dé las dimensiones finales a los dientes de esta pieza.

Por último se presenta las hojas de rotación de procesos en las que se incluye los tiempos de producción obtenidos y los costos relacionados a las diversas fases del proceso de mecanizado de los componentes de la llave de tubo.

INDICE GENERAL

	Pag .
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE GRAFICOS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XII
ANTECEDENTES.....	15
I. ANALISIS DEL PRODUCTO.....	17
1.1. Análisis de maquinabilidad de los materiales seleccionados.....	17
1.1.1. Determinación teórica de paráme- tros de corte.....	17
1.1.2. Comprobación experimental.....	18
1.2. Selección de la materia prima para los componentes.....	20
1.2.1. Ajustes, tolerancias y acabado superficial de los componentes.....	22
II. DESARROLLO DEL PRODUCTO.....	36
2.1. Selección de Procesos de Maquinado.....	36
2.1.1. Selección de las herramientas de corte requeridas en el proceso.....	38
2.2. Desarrollo de utillajes para producción en serie.....	42
2.2.1. Diseño de utillajes.....	42
2.2.2. Selección de materiales para el	

utillaje.....	43
2.3. Desarrollo de ciclos de operación.....	46
2.3.1. Determinación de tiempos de pro- ducción.....	47
2.3.2. Análisis de costos de producción.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
ANEXO.....	
BIBLIOGRAFIA.....	

INDICE DE FIGURAS

	Pag
Conjunto de la llave de tubo.....	24
Dimensiones de la tuerca de regulación.....	26
Dimensiones de la quijada fija.....	26
Diseño y dimensiones de herramienta para filetear.....	52
Diseño y dimensiones de fresa para tallado de dientes.....	53
Diseño y dimensiones de utillaje para sujección.....	54
Diseño y dimensiones de terraja.....	55
Rotación de Procesos de tuerca de regulación.....	59
Rotación de Procesos de tuerca de regulación.....	60
Rotación de Procesos de tuerca de regulación.....	61
Rotación de Procesos de quijada fija.....	64
Rotación de Procesos de quijada fija.....	65
Rotación de Procesos de quijada fija.....	66
Rotación de Procesos de quijada móvil.....	68
Rotación de Procesos del cuerpo de la herramienta.....	70

INDICE DE GRAFICOS

Relación de Taylor.....	25
Desgaste del flanco V_b VS Tiempo para ILZRO ZA 27.....	29
Log T VS Log V_c para ILZRO ZA 27.....	30
Desgaste del flanco V_b VS Tiempo para SAE 4340.....	31
Log T VS Log V_c para SAE 4340.....	32
Desgaste del flanco V_b VS Tiempo para SAE 1025.....	33
Log T VS Log V_c para SAE 1025.....	34

INDICE DE TABLAS

	Pag
Velocidades de corte referenciales.....	27
Valores de T para diversos desgastes del flanco V para diferentes velocidades de corte V para ILZKO ZA C	27
Valores de T para diversos desgastes del flanco V para diferentes velocidades de corte V para SAE 4340 C	28
Valores de T para diversos desgastes del flanco V para diferentes velocidades de corte V para SAE 1025 C	28
Valores de C y α	35
Rotación de Procesos de tuerca de regulación.....	56
Rotación de Procesos de tuerca de regulación.....	57
Rotación de Procesos de tuerca de regulación.....	58
Rotación de Procesos de quijada fija.....	62
Rotación de Procesos de quijada fija.....	63
Rotación de Procesos de quijada móvil.....	67
Rotación de Procesos del cuerpo de la herramienta.....	69
Costos de mecanizado de tuerca de regulación.....	71
Costos de mecanizado de quijada fija.....	72
Costos de mecanizado de quijada móvil y de cuerpo de la herramienta.....	73

INDICE DE ABREVIATURAS

V	.....	Velocidad
T	.....	Tiempo
α	.....	Exponente de Taylor
C	.....	Velocidad de corte para tiempo igual a 1
K _{um}	.....	Coefficiente de utilización de material
P _a	.....	Material Neto
P _b	.....	Material Bruto
DE _b	Diámetro exterior en Bruto de la tuerca de regulación	
DI _b	Diámetro interior en Bruto de la tuerca de regulación	
DE _a	....	Diámetro exterior Neto de la tuerca de regulación
DI _a	....	Diámetro interior Neto de la tuerca de regulación
Ab, Bb	.....	Dimensiones en bruto de la quijada fija
Aa, Ba, Ca y Da	....	Dimensiones netas de la quijada fija
V _c	.....	Velocidad de corte
R _t	.....	Resistencia a la Tracción
V _r	Velocidad de corte de referencia en la relación de Taylor	
T _r	.....	Tiempo de referencia en la relación de Taylor
T _c	.....	Tiempo de vida óptima de la herramienta para costo mínimo
T _{ct}	.....	Tiempo de cambios de herramienta
C _t	.....	Costo de suministro de una herramienta afilada
M	.....	Costos de operario y máquina
T _{gp}	.....	Tiempo de girar la pastilla
P _{fup}	.....	Promedio de filos usados por pastilla

TrpTiempo de remplazar la pastilla
 CpCosto de la pastilla
 CphCosto del portaherramientas
 Nfvph Número de filos usados durante la vida del
 portaherramientas
 CaCosto de afilado
 ChCosto de la herramienta reafilable
 PapPromedio de afilados posibles
 WoSalario del operario
 MtDepreciación por unidad de tiempo por máquina
 PGGGPorcentaje de gastos generales
 PGGMPorcentaje de gastos generales de la máquina
 CIMCosto inicial de la máquina
 NHTANúmero de horas trabajadas por año
 PAPeriodo de amortización
 CECilindrado exterior
 CICilindrado interior
 MOLMoleteado
 FILFileteado
 TRONZTronzado
 ACANAcanalado
 FFFresado Frontal
 DADesbaste y acabado
 FEFresado de entalle
 PDPerfilado de dientes
 CSDCorte con sierra de disco
 TALTaladrado

TmTiempo de mecanizado
TlTiempo improductivo .
CprCosto unitario para el maquinado

ANTECEDENTES

En nuestro país es obvia la necesidad de autoabastecerse de diversos artículos que hasta la actualidad se siguen importando con el consiguiente elevado costo de adquisición.

Debido a la confluencia de diversos factores tales como subutilización del sistema productivo instalado, la crisis económica en la que se encuentra inmerso el país, la capacidad tanto de los profesionales como de la mano de obra nacionales nos vemos en la posibilidad de producir algunos de tales artículos con niveles de calidad comparables y a un costo inferior.

Como objetivo de este proyecto se ha tomado la producción de llaves de tubo por ser éstas de utilización extendida en nuestro medio.

Según el estudio de mercado realizado se concluye que el volumen de importación y ventas de las mismas hace pensar en la posibilidad de producirlas rentablemente.

Por otro lado, en lo que concierne a procesos de producción es necesario aclarar que se tiene algunas limitaciones como el no poder contar con una prensa de impacto o hidráulica con capacidad suficiente para conformar la quijada móvil de la llave de tubo por lo que se hace necesario utilizar otro proceso para

producirla. En nuestro caso se cuenta con la posibilidad de hacerlo por fundición.

Debido a la forma irregular del mango de la llave de tubo también se tiene la necesidad de obtenerla por fundición.

En lo que concierne a materia prima también se tiene limitaciones tanto en la composición química como en secciones y dimensiones.

Vale aclarar que se hará necesario disponer por cuenta propia del abastecimiento adecuado de toda la materia prima necesaria para llevar a cabo la consecución de este proyecto.

En cuanto al modelo de llave de tubo que se producirá se ha escogido uno de gran aceptación en nuestro medio por sus excelentes características de operación.

Estas características han sido objeto de análisis y de ensayos de control de calidad por cuanto se ha comprobado su comportamiento satisfactorio.

Con el objeto de disminuir costos se tendrá que optar por subcontratar la fabricación de piezas para las que se tendría que invertir en gran cantidad, como las que necesitan maquinarse. En todo caso se desarrollará este proyecto con la idea de producir masivamente las llaves de tubo.

CAPITULO PRIMERO.

I. ANALISIS DEL PRODUCTO.

1.1. Análisis de Maquinabilidad de los materiales seleccionados.

Luego de estudiar los aspectos de diseño y fabricación de la llave de tubo se ha concluido en seleccionar los materiales que serán utilizados en cada uno de los componentes.

Estos son;

Para el cuerpo de la herramienta, una aleación de zinc y aluminio conocida como ILERO ZA 27; para la quijada móvil, un acero SAE 4340; para la tuerca de regulación, un acero SAE 1025; para la quijada fija, un acero SAE 1045; para el pasador, un acero 1025; para el resorte plano, un acero 1030; y para el resorte helicoidal, un alambre de acero para resorte con 0,8 % de carbono.

A continuación se procede a establecer una metodología para evaluar la maquinabilidad de estos materiales para posteriormente determinar sus parámetros de corte.

1.1.1. Determinación teórica de parámetros de corte

Como una base que me permita desarrollar el estudio de los parámetros de corte de los materiales seleccionados he tomado el Manual de Maquinado de ASM para determinar los parámetros de corte que tendré como referencia teórica para los procesos de maquinado.

Estos se encuentran en la Tabla 1.1.

A partir de estos parámetros procedo a un análisis en función de aquellos elementos con los cuales se cuenta en nuestro mercado, ya que podría ser posible una variación en relación con estos parámetros teóricos hallados de acuerdo con el procedimiento seguido por la ASM.

1.1.2. Comprobación Experimental

Debido a la importancia que representa economizar en el proceso de mecanizado se debe hallar la velocidad económica de corte de cada uno de los materiales seleccionados.

Esta velocidad económica de corte se halla en particular para cada condición de corte, esto es, en referencia a ciertos material de trabajo, adecuada herramienta de corte y según el acabado superficial deseado para una dura-

ción del filo de corte.

Para llevar a cabo esta comprobación experimental se hace uso de un torno paralelo en el que se cilindrará las probetas de los materiales seleccionados.

Primero se selecciona el avance de acuerdo al acabado superficial requerido y luego se procede a realizar ensayos que consisten en cilindrar las probetas formando de esta manera tablas que registran el tiempo necesario para alcanzar el criterio de desgaste a una velocidad de corte establecida.

Los resultados de los ensayos proporcionarán pares de valores $V-T$ que trasladados a una gráfica, determinan puntos dispuestos según una curva exponencial (en coordenadas cartesianas) o una recta (en escalas doble-logarítmicas).

La forma analítica de la ecuación es :

$$v^a T = C$$

conocida como la relación de Taylor, en la que el exponente a (de Taylor) depende del material de la herramienta y define la pendiente de la recta $v-T$ (trazada en escalas logarítmicas); C expresa la velocidad de

corte correspondiente a una duración de la herramienta igual a la unidad de tiempo ($T=1$).

Haciendo uso de la relación de Taylor para cada material se halla su velocidad económica de corte característica para una duración deseada de la herramienta.

En las tablas 1.2 , 1.3 y 1.4 se detallan los valores obtenidos en los ensayos de cilindrado de las probetas de cada uno de los materiales y en la tabla 1.5., los valores correspondientes de C y a para cada uno de los materiales ensayados.

1.2. Selección de la forma de la materia prima para los componentes

Para seleccionar la forma que debe tener la pieza antes de ser mecanizada debe considerarse economía de material, de tal forma que la materia prima sea lo más cercana en dimensiones y geometría a la pieza terminada.

Esta condición nos asegura también que las operaciones de mecanizado serán las indispensables, por lo que se obtiene economía debido a un menor tiempo de mecanizado, a una menor utilización de máquinas

herramientas y de mano de obra y menor consumo de herramientas de corte.

Por tanto, es preferible adquirir un material que posea dimensiones lo más aproximado a la pieza terminada aunque sea de un costo de compra mayor ya que se obtendrá ahorro tanto por material como por costos de mecanizado.

Las piezas que se mecanizarán a partir de una pieza en bruto son la quijada fija y la tuerca de regulación.

Para la quijada fija se utilizará una barra cuadrada de 23 X 23 mm de material.

Para la tuerca de regulación se utilizará una barra redonda perforada de 36 mm de diámetro exterior y de 20 mm de diámetro interior de material.

Estas selecciones se justifican con el cálculo respectivo del coeficiente de utilización del material (K_{um}).

$$K_{um} = P_a / P_b \times 100$$

En la que:

P_a = material neto

P_b = material bruto

$$P_b = DE_b^2 - DI_b^2 = (36^2 - 20^2) \text{ mm}^2 = 896 \text{ mm}^2$$

$$P_a = DE_a^2 - DI_a^2 = (32,5^2 - 18^2) \text{ mm}^2 = 732,25 \text{ mm}^2$$

$$K_{um} = P_a/P_b \times 100 = 732,25 / 896 \times 100 = 81,72 \%$$

Para la quijada fija:

$$P_b = A_b \times B_b = (23 \times 23) \text{ mm}^2 = 529 \text{ mm}^2$$

$$P_a = (A_a \times B_a) + (C_a \times D_a) = (9,20 \times 22,5) + (10,70 \times 8,40) \text{ mm}^2 = 296,68 \text{ mm}^2$$

$$K_{um} = P_a/P_b \times 100 = 296,68 / 529 \times 100 = 56,12 \%$$

Estas abreviaturas se explican en las figuras 1.9 y 1.10.

1.2.1. Ajustes, Tolerancias y acabado superficial de los componentes.

En cada uno de los componentes de una máquina o un conjunto existe una forma de acoplamiento de acuerdo a su función, ya sea de juego o de aprieto.

Esta elección de los ajustes exige un profundo conocimiento de los procesos de fabricación, de las disponibilidades y limitaciones de equipos y sólo mediante este conocimiento se podrá decidir de entre la enorme variedad de posibilidades de acoplamiento de ajustes para la consecución de la calidad precisa.

En la calidad de todo ajuste influyen fundamentalmente las características del material en que se efectúe, pues éstos se comportan de una u otra forma, según varía su resistencia y elasticidad.

A continuación se define el grado de ajuste para cada par de componentes de la llave de tubo:

Entre el cuerpo de la herramienta y la quijada fija debe existir juego deslizante.

Entre la tuerca de regulación y la quijada móvil debe existir un asiento muy holgado ya que esta rosca sirve tan sólo para posicionamiento y no para fijación de la quijada móvil.

Entre el pasador, el cuerpo de la herramienta y la quijada fija el aprieto debe ser forzado medio para mantener en su lugar al pasador cuya función es la de impedir el movimiento relativo de la quijada fija en su alojamiento en el cuerpo de la herramienta.

Conjunto de la llave de tubo

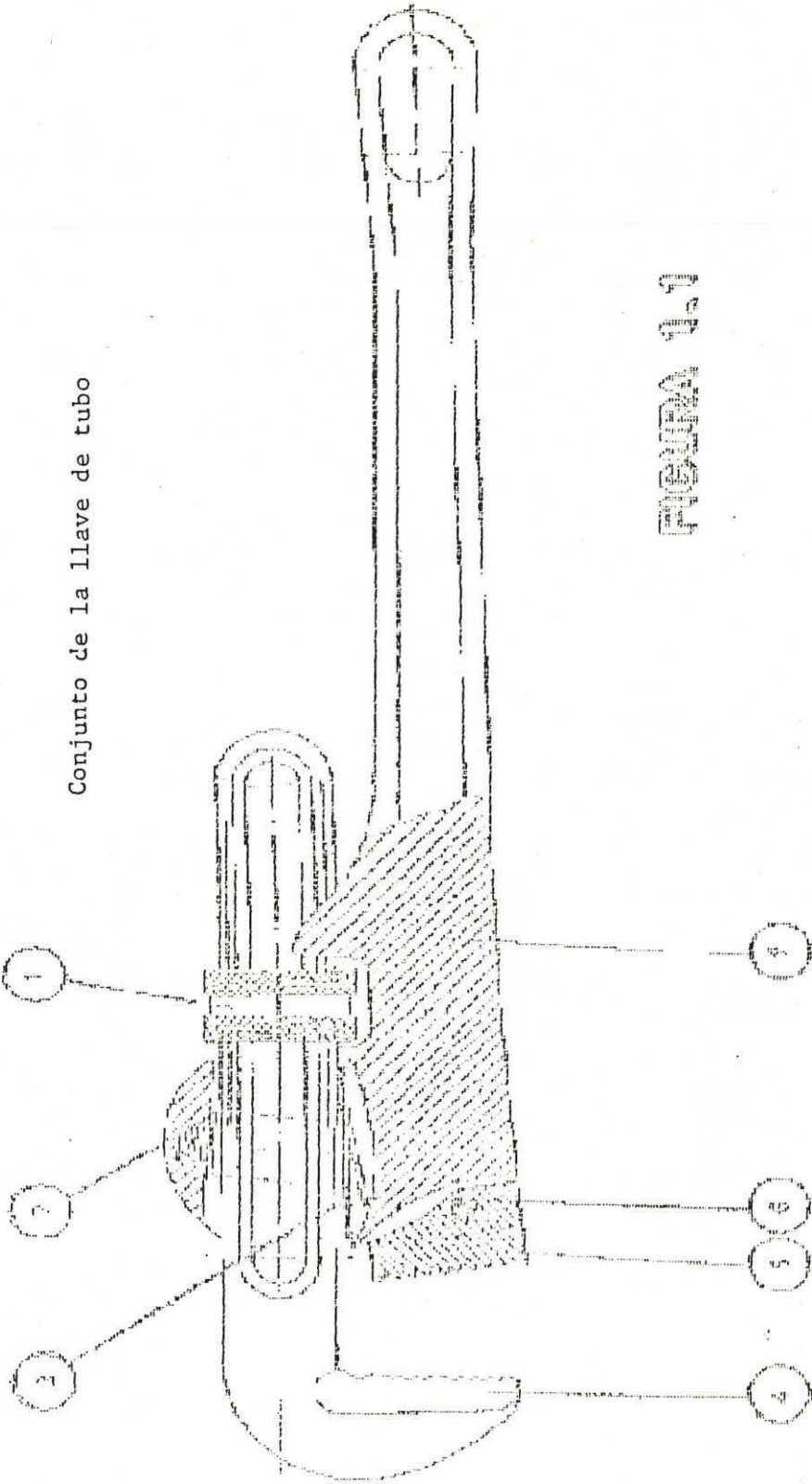


Figura 11

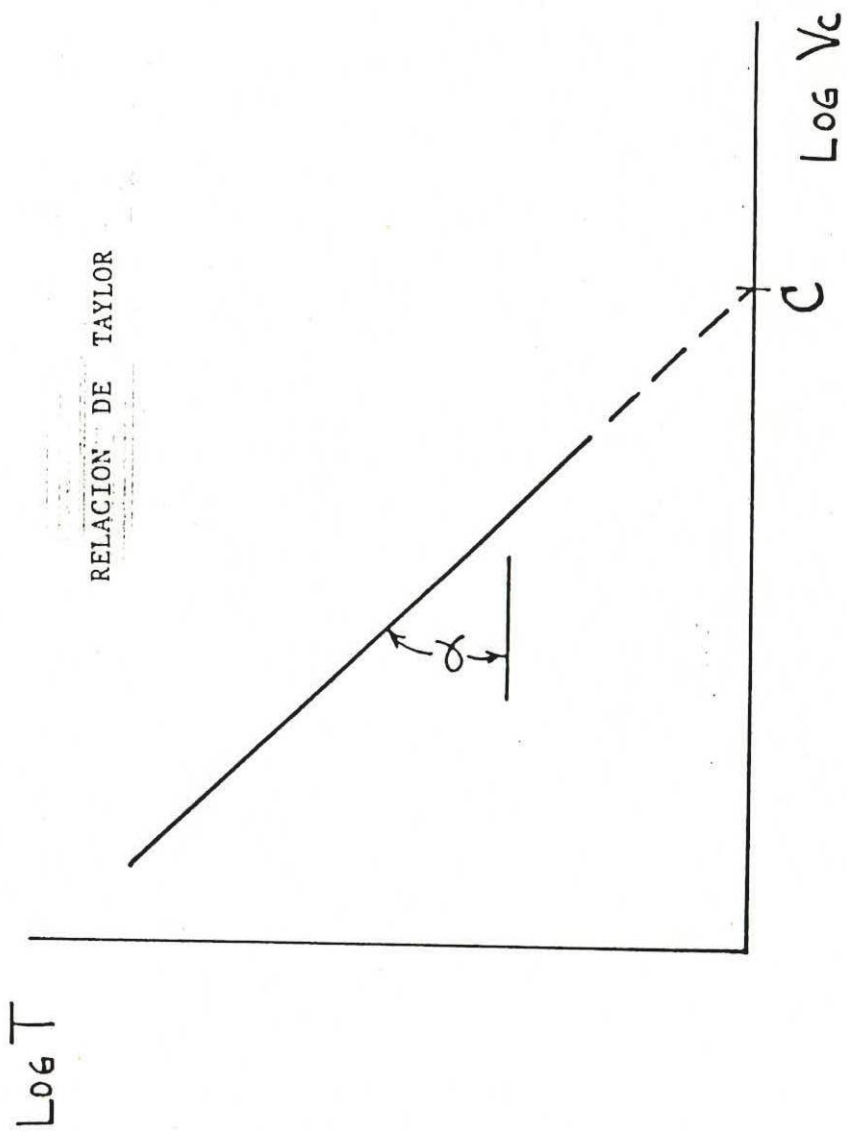


Gráfico l.l.

Dimensiones de la Tuerca de Regulación

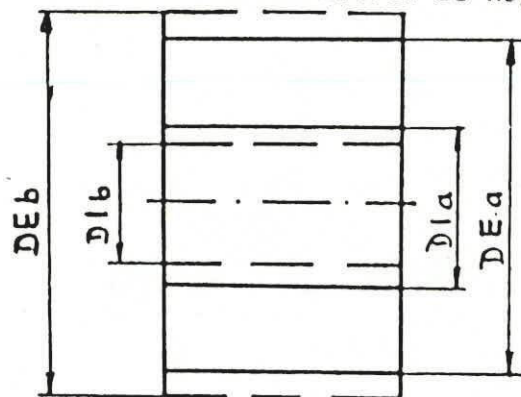


Figura 1.2.

Dimensiones de la quijada fija

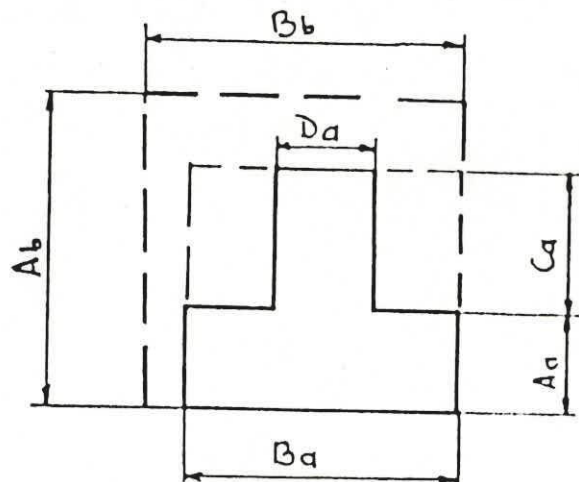


FIGURA 1.3.

Velocidades de corte Referenciales

ACERO RAPIDO				CARBURO	
ACERO	DUREZA Hb	VELOCIDAD DE DESBASTE(1)	DE ACABADO(2)	CORTE DESBASTE(1)	(pie/min) ACABADO(2)
1025	175-225	90	125	335	420
1045	175-225	90	125	335	420
4340	275-325	65	85	270	35

(1) 0.150 pul (profundidad de corte);0.015 pul/rev

(2) 0.025 pul (profundidad de corte);0.007 pul/rev

Tabla 1.1

Z 27

VELOCIDAD DE CORTE [m / min]

	63,00	80,00	100,00	125,00
TIEMPO	V	V	V	V
[min]	b	b	b	b
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,00	0,10			
5,00		0,05	0,25	0,10
8,00	0,30			
10,00		0,10	0,25	1,00
12,00	0,30			
15,00		0,35		
16,00	0,30			
20,00		0,45		
25,00		0,50		

Tabla 1.2.

SAE 4340

TIEMPO [min]	VELOCIDAD DE CORTE [m / min]			
	63,00	80,00	100,00	125,00
	V_b [mm]	V_b [mm]	V_b [mm]	V_b [mm]
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
3,00				0.35
5,00	0.08	0.05		
6,00			0.45	0.62
9,00			0.65	
10,00	0.25	0.15		
15,00	0.35	0.20		
20,00	0.42	0.55		
25,00	0.65			

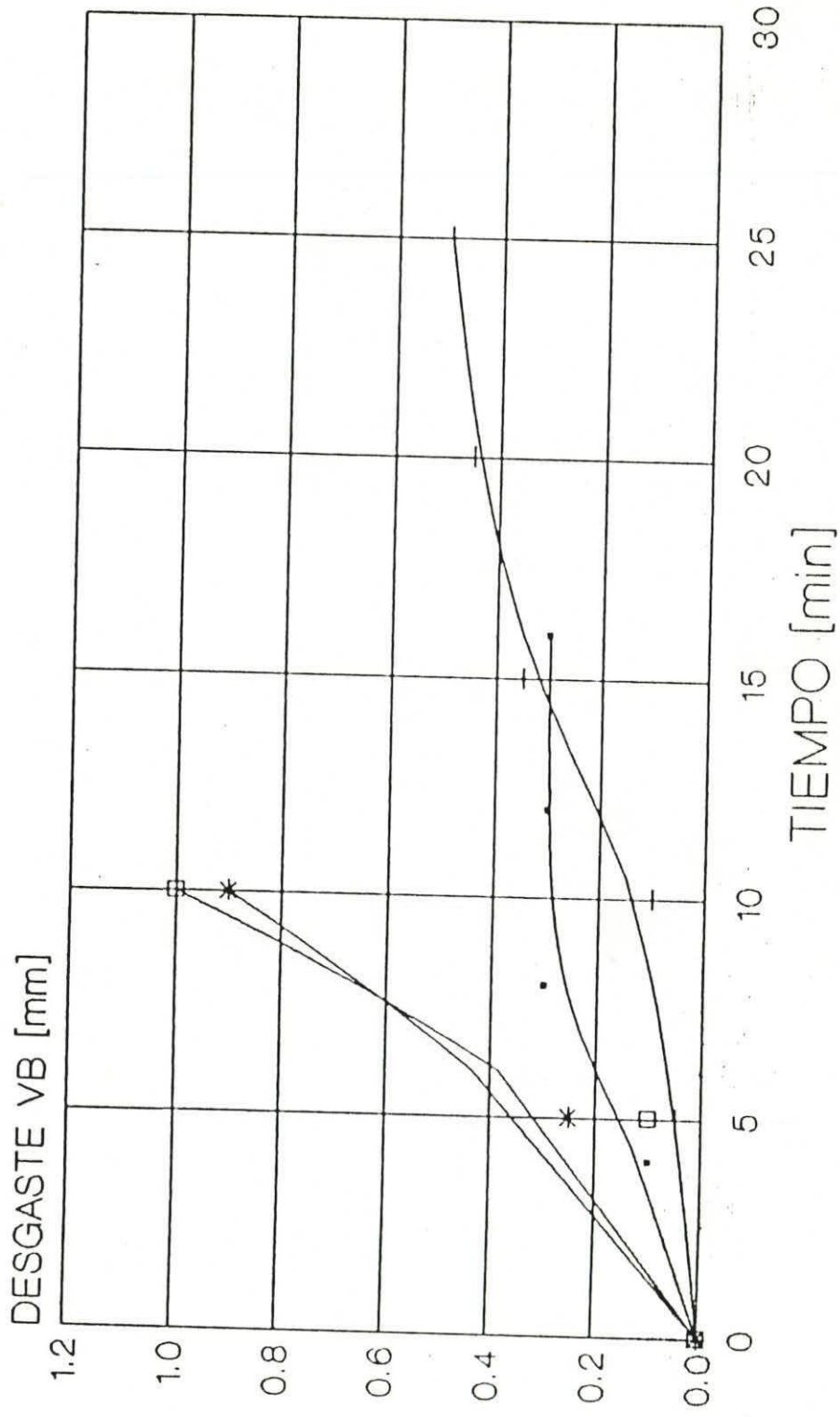
Tabla 1.3

SAE 1025

TIEMPO [min]	VELOCIDAD DE CORTE [m / min]			
	63.00	100.00	125.00	160.00
	V_b [mm]	V_b [mm]	V_b [mm]	V_b [mm]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00				0.30
4.00				0.45
5.00	0.10	0.20	0.55	0.56
10.00	0.15	0.42		
15.00	0.20	0.55		
20.00	0.20			
25.00	0.25			
30.00	0.30			
35.00	0.35			
55.00	0.55			

Tabla 1.4.

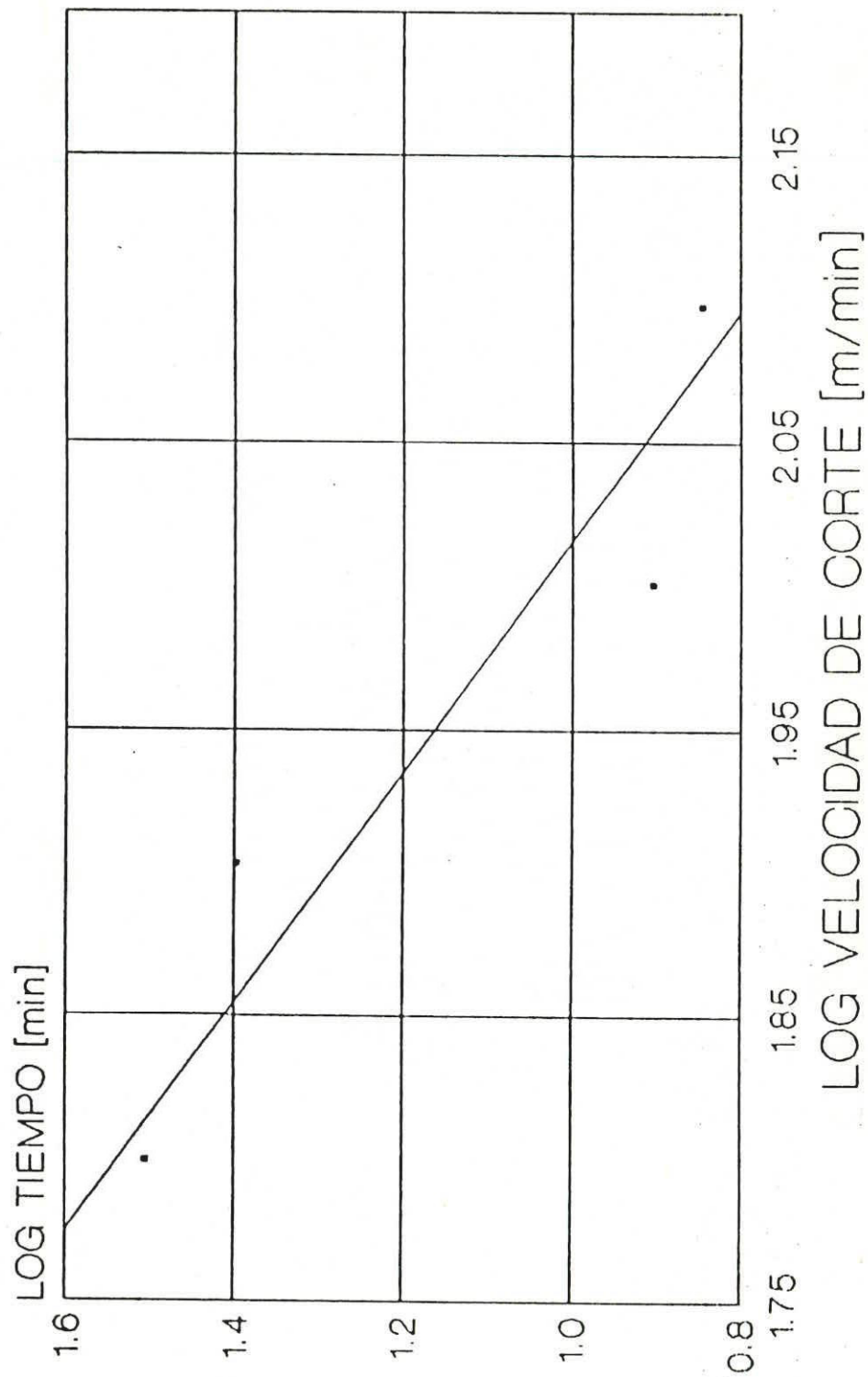
ILZRO ZA 27



—•— Vc = 63 m/m —+— Vc = 80 m/m —*— Vc = 100 m/m —x— Vc = 125 m/m

GRAFICO 1.2.

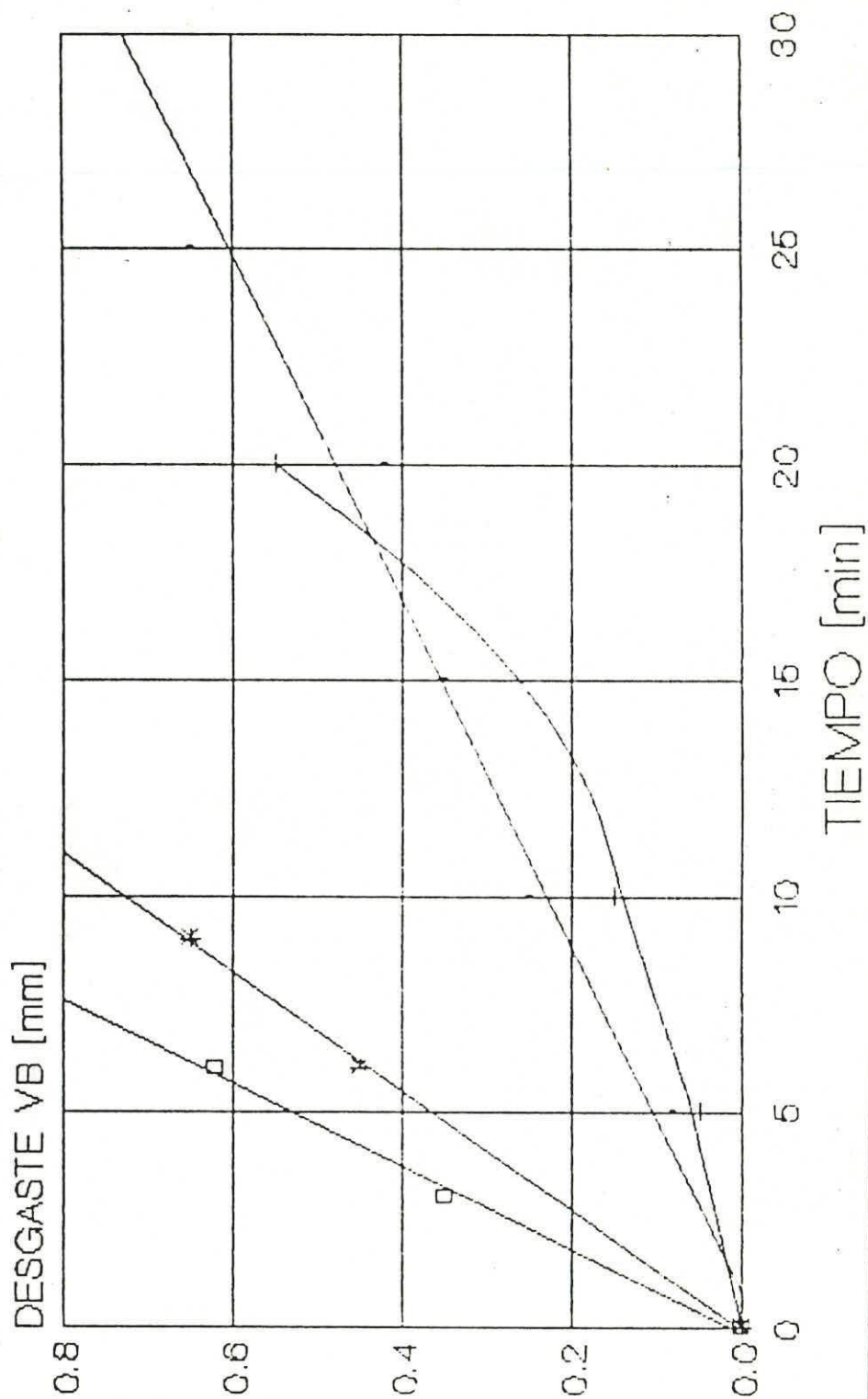
ILZRO ZA 27



—•— RELACION TAYLOR

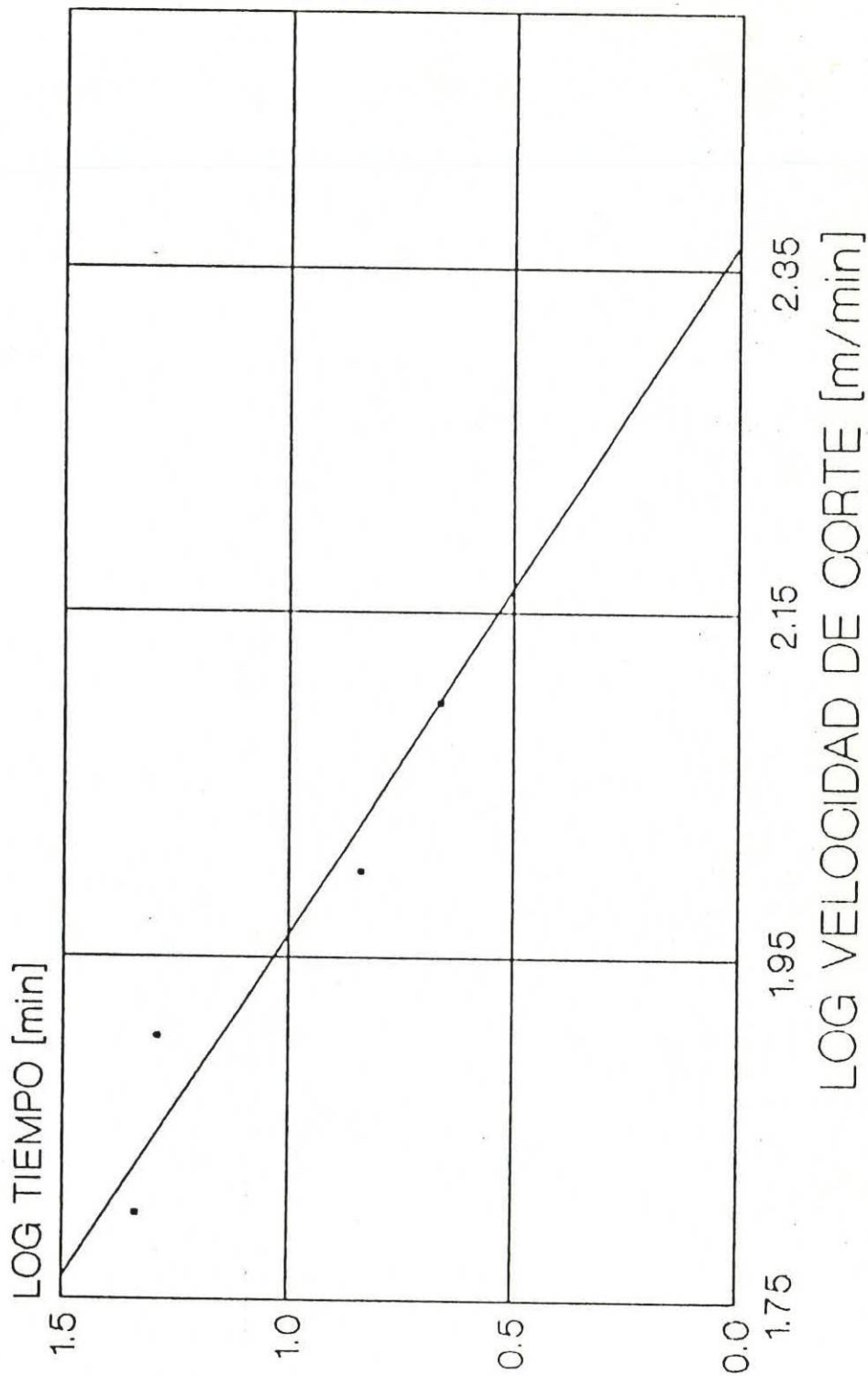
GRAFICO 1.3.

SAE 4340



—+— $V_c = 60$ m/m —*— $V_c = 80$ m/m —□— $V_c = 100$ m/m

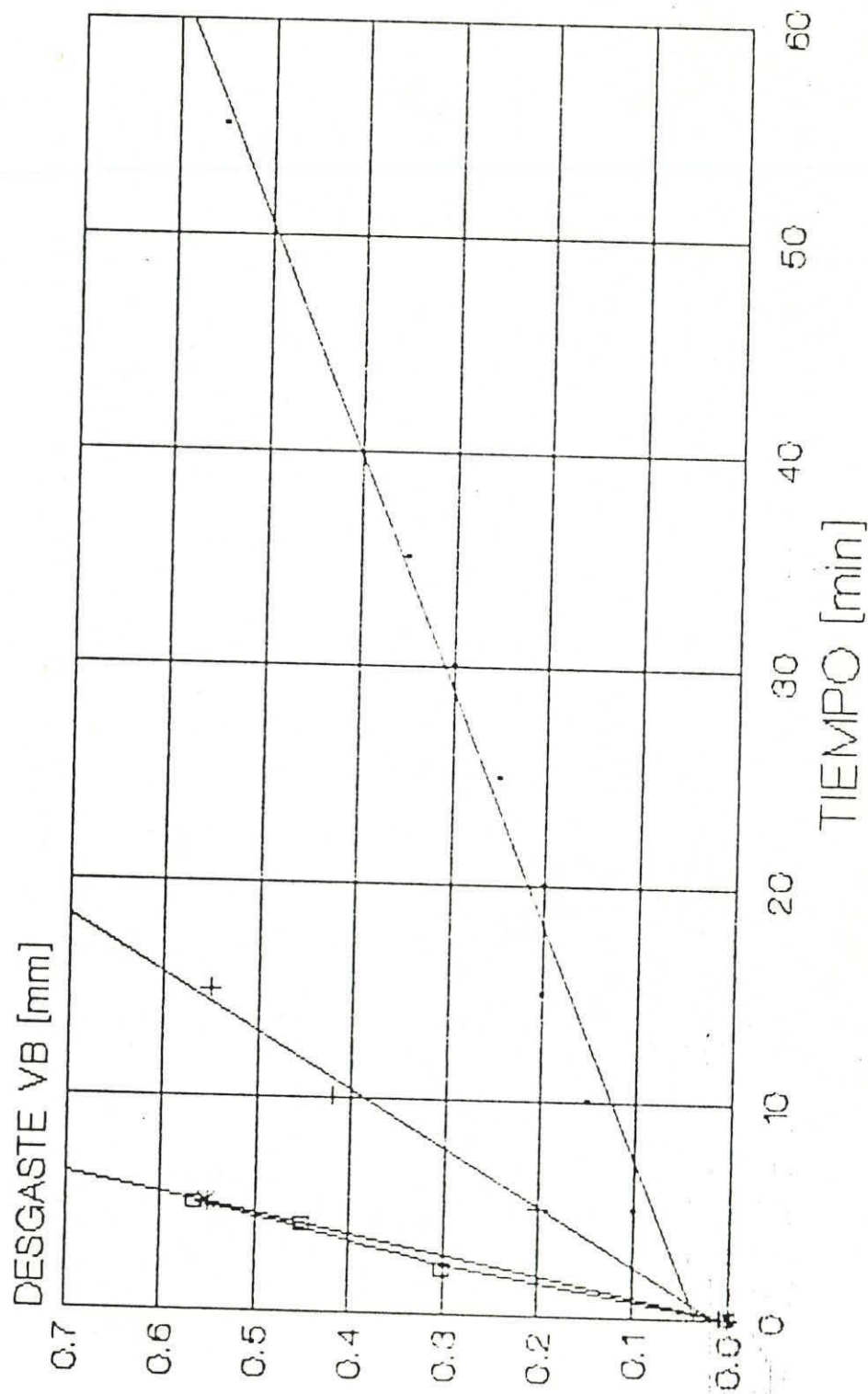
SAE 4340



—•— RELACION DE TAYLOR

GRAFICO 1.5.

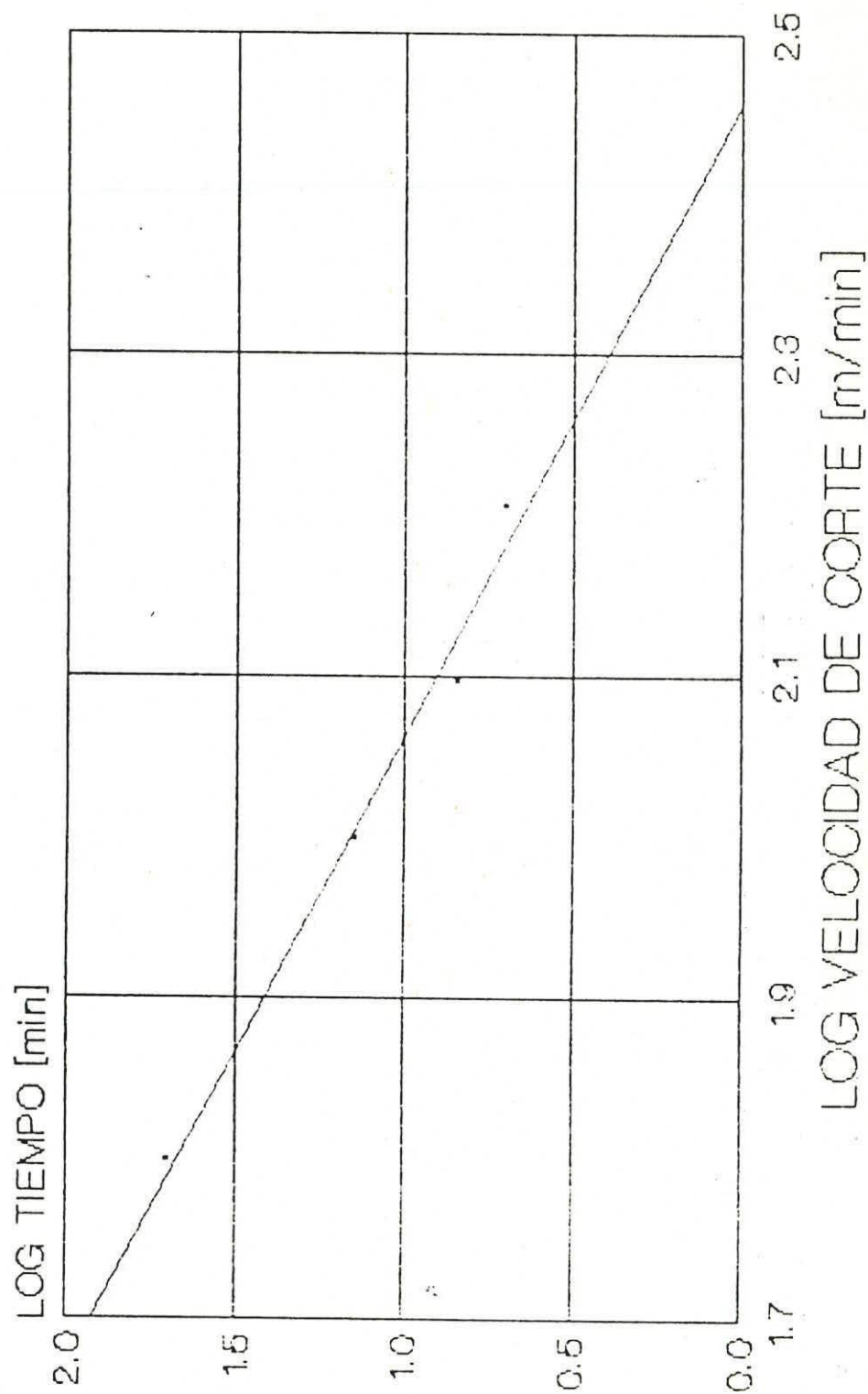
SAE 1025



— $V_C = 63 \text{ m/m}$ — $V_C = 100 \text{ m/m}$ — $V_C = 125 \text{ m/m}$ — $V_C = 160 \text{ m/m}$

GRÁFICO 1.6.

SAE 1025



— RELACION DE TAYLOR

GRAFICO 1.7.

	ILZRO ZA 27	SAE 4340	SAE 1025
C	123.03	229.09	295.12
α	0.81	0.29	0.44

Tabla 1.5.

Valores de C y ALFA

CAPITULO DOS

II. DESARROLLO DEL PRODUCTO

2.1. Selección de Procesos de Maquinado.

En lo que respecta a procesos de maquinado aplicables a cada uno de los componentes se tiene muy en claro las características de cada uno de los procesos.

La elección de un proceso de mecanizado en especial se determina a partir de un análisis en base a ciertas características del elemento en cuestión.

Entre otras, las características analizadas son: superficies de la pieza que serán mecanizadas, peso y dimensiones, tolerancias dimensionales y acabado superficial deseados y cantidad a producir.

Así, en cuanto a la tuerca de regulación y debido a que la superficie a mecanizar es de revolución y se debe roscar en el interior de la misma la utilización de un torno es apta para dicho fin.

Debido a que la tuerca de regulación posee poco peso y dimensiones relativamente pequeñas basta con un torno paralelo o con un torno revólver.

Ya que la producción es grande se podrá escoger de entre estos al torno revólver por su característica

de producir grandes series en poco tiempo y por lo tanto a bajos costos de mecanizado.

La característica del material de la tuerca de presentar baja dureza nos permite utilizar procesos de mecanizado por arranque de viruta confirmando así la elección del torneado.

Además, el torno realiza este trabajo con las tolerancias dimensionales y acabado superficial suficientes para dicha aplicación.

Debido a todas estas consideraciones se selecciona un torno revólver para el mecanizado de la tuerca.

En lo que corresponde a la quijada fija se tiene una figura definida por superficies planas que debe mecanizarse en una serie de gran tamaño por lo tanto es necesario el uso de una fresadora.

Las dimensiones reducidas y el poco peso de la pieza; la dureza y el grado de acabado de la misma confirman dicha selección.

Por tales motivos se selecciona una fresadora para mecanizar la quijada fija.

La quijada móvil, por provenir terminada a partir del proceso de fundición, sólo requiere de rectificado de los dientes para darle las dimensiones exactas. Con este fin se diseñará una terraja con las características apropiadas para tal efecto.

Deberá disponerse de un choque que sujete a la quijada móvil y la centre automáticamente. Por ser ésta en su parte dentada una superficie de revolución deberá ser mecanizada en una roscadora.

Para el cuerpo de la herramienta se hace necesario mecanizar la superficie que servirá de asiento a la quijada fija ya que es de suma importancia que exista un buen acople entre estos dos elementos.

2.1.1. Selección de las herramientas de corte requeridas en el proceso de mecanizado.

El acero, material de viruta larga, correspondiente al área P de la clasificación ISO, es el material que mecanizaremos tanto para la quijada fija, quijada móvil y tuerca de regulación; y, para el cuerpo de la herramienta se mecanizará 1L2R0 ZA 27.

En lo que respecta a la selección del tipo o calidad del filo de corte en los procesos de torneado tendremos plaquitas de carburo de designación ISO P05-P35.

Se justifica esta selección ya que esta calidad de plaquitas de carburo se emplea en forma óptima para el acabado y desbaste ligero de acero, aceros moldeados, fundición

maleable y fundición nodular de viruta larga. Con una enorme resistencia al desgaste y una buena resistencia a la deformación plástica que permite un elevado régimen de arranque de viruta con un amplio campo de aplicación.

En lo correspondiente al fresado de la quijada fija la selección recae en las plaquitas de carburo ISO P20-P40 debido a su excelente resultado en operaciones de fresado de acero y acero moldeado en condiciones donde se requiere simultáneamente tenacidad, buena resistencia al desgaste y resistencia a las fisuras térmicas y además cubre un amplio campo de aplicaciones.

Las plaquitas que se utilizarán para el fresado del cuerpo de la herramienta en la superficie que servirá de asiento para la quijada fija se encuentran en la designación ISO K05-K20, rango adecuado para el mecanizado satisfactorio de aleaciones de aluminio.

En cuanto a la forma de las plaquitas para el torneado se tiene las siguientes designaciones ISO ;

Para desbastar

Para tronzar

R 150.2 - 300 05

Para acanalar

R 154.91 - 3 300

Para el mandrinado de la tuerca se debe utilizar una herramienta de acero rápido normal ya que de entre todos los portaherramientas para plaquitas de metal duro no se encuentra uno de dimensiones menores al diámetro interior de la tuerca.

Debido a que la rosca es ACME y ésta no se halla dentro de la normalización de la ISO deberá utilizarse en el fileteado una herramienta apropiada de acero rápido normal cuyo diseño se detalla en la figura 2.1.

En cuanto a las designaciones ISO correspondientes a portaherramientas tenemos las siguientes :

Para desbastar

P T G N R 20 20 K 16

Para tronzar

150.2 - 25 - 3

Para ranurar

R 154.91 - 20 20 - 3

Las designaciones ISO correspondientes a la forma de las plaquitas de carburo para el fresado de la quijada fija son las siguientes:

Para el fresado frontal

L N C X 18 06 AZ R 11

Para el fresado de tres cortes

T P A N 11 03 PP

Las fresas correspondientes tienen las siguientes designaciones ISO:

Fresa frontal

R 260.7 - 125 - 40

Fresa de disco de tres cortes

con ángulo de corte positivo

R 331.2 - 10012 - 0

Para el tallado de los dientes se usará una fresa especial cuyo diseño se detalla en la figura 2.2.

Para el fresado del cuerpo de la herramienta se utilizará una fresa de disco de tres cortes cuya designación es

331.2- P0012-0

y las plaquitas que se utilizarán tienen una designación ISO

2.2. Desarrollo de utillajes para producción en serie.

2.2.1. Diseño de utillajes

Con el objeto de asegurar un mecanizado eficiente se debe contar con utillajes que sujeten las piezas de trabajo y las posicionen tanto con respecto a la mesa (en el caso de la fresadora) como con respecto a las herramientas de corte.

En cuanto a los utillajes posicionadores y de sujección de las piezas de trabajo se deben diseñar en base a las superficies de referencia de éstas y a las superficies que sean mecanizadas.

Con el fin de diseñar el utillaje de sujección para el mecanizado de la quijada fija se estimará una longitud de la barra cuadrada a partir de la que se obtendrán las piezas. Esta tendrá 1000 mm de longitud. La forma del utillaje es básicamente el de una prensa cuyo diseño se detalla en la figura 2.3.

En nuestro caso también se hace necesario diseñar una terraja que nos permita realizar el rectificado de los dientes de la quijada

móvil, los que se obtienen terminados a partir del proceso de fundición.

Debemos dimensionar la terraja en base a lo siguiente:

Una terraja es, básicamente una tuerca con varias perforaciones longitudinales que exponen de tal manera, múltiples filos cortantes formados por la intersección de cada perforación con los filetes.

Los filos cortantes en el extremo inicial están biselados para ayudar a la terraja en su entrada hacia la pieza de trabajo. Por lo tanto, unos pocos filetes en el extremo de la entrada de la pieza de trabajo no están cortados a su total profundidad. Esto no ocurre en nuestro caso ya que los dientes vienen con sus medidas completas del proceso de fundición.

Las dimensiones de la terraja se muestran en la figura 2.4.

2.2.2. Selección de materiales para el utillaje.

Para seleccionar el material adecuado para la terraja se debe considerar la velocidad a la que va a trabajar, la presión resultante en

el filo de corte y la potencia de la máquina utilizada.

La primera de ellas nos indica la temperatura que puede alcanzar el filo de la herramienta, dato sumamente importante para evaluar los requerimientos de dureza en caliente de la herramienta.

Conocer la potencia de la máquina utilizada nos permite saber si es capaz de accionar la herramienta a una velocidad suficientemente elevada para que ésta trabaje a la temperatura de rendimiento óptimo.

El valor de la presión resultante en el filo de corte originada por el mecanizado nos indica cuán tenaz debe ser la herramienta para resistirla.

Otras consideraciones al seleccionar el material para la herramienta son:

1. Qué cualidad básica es la más necesaria, o más importante, para hacer el trabajo.
2. La clase de trabajo a realizar. Esto viene relacionado con la resistencia del material y del tipo y severidad de la operación.

Para seleccionar el material apropiado para

la terraja debemos analizar las condiciones de nuestro trabajo;

- Al mecanizar un material de alta resistencia a la tracción, como es el caso del acero SAE 4340 se crea en la arista cortante de la herramienta de corte una elevada presión, por esto, la alta tenacidad es sumamente importante. Además, estos materiales producen elevadas temperaturas en la punta de la herramienta; por esto, la dureza en caliente es necesaria.
- Debido a que se hará un mecanizado a baja velocidad el corte no generará un incremento considerable de calor y por lo tanto no es necesaria una extrema dureza en caliente.
- Debido a la severidad de la operación, ya que se realiza un corte interrumpido que crea choques duros y repentinos contra la arista de corte de la herramienta, amerita altísimas tenacidades.
- Ya que la severidad de este impacto aumenta al crecer el avance por vuelta y en este caso el avance por vuelta es de 5 mm se hace necesario utilizar tenacidades sumamente altas.

- Esta severidad también aumenta con el incremento de la resistencia a la tracción del material.
- En cuanto a la dureza en caliente de la herramienta cabe indicar que si las velocidades de corte aconsejadas para el rectificado de los dientes de la quijada móvil no producen temperaturas superiores a 650°C bastará usar un material con moderada dureza en caliente.

Refiriéndonos al Anexo para materiales de elevada resistencia ($R_t > 75 \text{ kg/mm}^2$) con avances mayores a $1,5 \text{ mm/vuelta}$ y corte interrumpido seleccionamos el acero rápido normal debido a sus características de elevadísima tenacidad, buena dureza en caliente y muy buena dureza en frío.

2.3. Desarrollo de Ciclos de Operación

El desarrollo de los ciclos de operación se lo hará por medio de la elaboración de las hojas de Rotación de Proceso.

En estas hojas se registra la sucesión de procesos activos, llamados así porque en ellos se produce la actividad de la herramienta de corte y para cada

proceso se anota las herramientas, utillajes y calibres necesarios para realizar el proceso e inspeccionar su calidad; además en base a longitud de mecanizado y a los parámetros de corte apropiados (que también se registran) se calculan los tiempos de producción por pieza para con estos determinar los costos de fabricación de la pieza a mecanizar.

2.3.1. Determinación de Tiempos de Producción.

A partir de la información obtenida de los Hojas de Rotación de Procesos se determina el tiempo activo, t_m de mecanizado para cada una de las piezas.

Se ha calculado además el tiempo no productivo, t_l para cada una de las piezas, definido como el tiempo de montar y desmontar cada pieza y regresar la herramienta al comienzo del corte; y, también el tiempo total gastado en el cambio de herramientas desgastadas, t_{ct} .

2.3.2. Análisis de Costos de Producción.

En este análisis de costos se desea obtener el costo de producción mínimo de cada una de las piezas y con este objetivo se debe contar con una velocidad óptima de corte para costo

de producción mínimo.

Además se debe contar con los valores correspondientes para cada uno de los factores que intervienen en la fórmula que se utilizará para determinar el costo.

La fórmula para hallar la velocidad de corte óptima para costo mínimo es la siguiente:

$$Vc = V_r (T_r / T_c)^{\alpha}$$

Donde

V_r , T_r y α son los parámetros de la relación de Taylor y T_c es la vida óptima de la herramienta para costo mínimo, la cual se determina a partir de la fórmula siguiente:

$$T_c = [(1-\alpha)/\alpha] [T_{ct} + (C_t/M)]$$

Donde T_{ct} es el tiempo de cambio de herramientas definido como el tiempo requerido para remover la herramienta de la máquina, colocar una nueva, ubicarla en su posición correcta y reiniciar el proceso de mecanizado.

Se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T_{ct} = [T_{gp} \times (P_{fup} - 1) + T_{rp}] / P_{fup}$$

Donde:

T_{gp} = Tiempo de girar la pastilla

P_{fup} = Promedio de filos usados por pastilla

T_{rp} = Tiempo de remplazar la pastilla.

C_t es el costo de suministrar una herramienta afilada y para el caso de plaquitas de carburo se calcula de la siguiente manera:

$$C_t = (C_p / P_{fup}) + (C_{ph} / N_{fvph})$$

Donde:

C_p = Costo de la pastilla

C_{ph} = Costo del portaherramientas

N_{fvph} = número de filos usados durante la vida del portaherramienta

Para el caso de una herramienta reafilable (como el caso de las de acero rápido) C_t se calcula de la siguiente forma:

$$C_t = C_a + C_h / P_{ap}$$

Donde:

C_a = Costo de afilado

C_h = Costo de la herramienta

P_{ap} = Promedio de afilados posibles

M define los costos de operario y máquina incluyendo el salario, los gastos generales

asociados con el empleo y la depreciación de la máquina herramienta más los gastos generales asociados con su uso.

La expresión para el cálculo de M es la siguiente:

$$M = W_o + (PGGO/100)W_o + M_t + (PGGM/100)M_t$$

$PGGO$ = Porcentaje de los gastos generales del operario

$PGGM$ = Porcentaje de los gastos generales de la máquina

M_t es la depreciación por unidad de tiempo de la máquina y se la calcula de la siguiente manera:

$$M_t = CIM / (NHTA \times PA)$$

Donde:

CIM = Costo inicial de la máquina

$NHTA$ = Número de horas trabajadas por año

PA = Período de amortización

W_o es el salario del operario.

DISEÑO Y DIMENSIONES DE HERRAMIENTA PARA FILETEAR

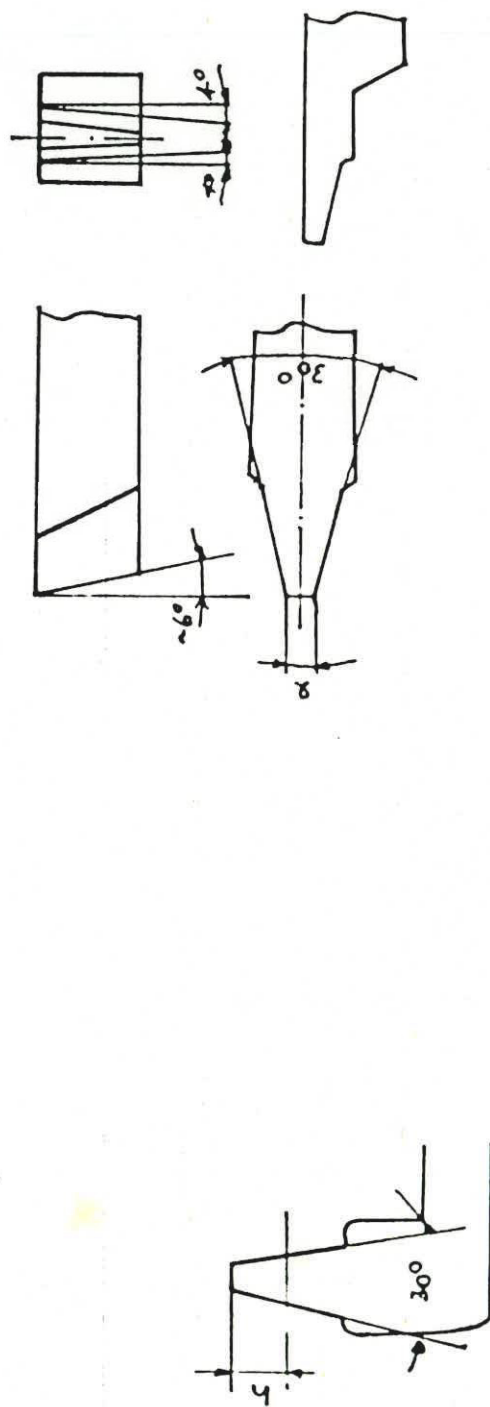


FIGURA 2.1.

DISEÑO Y DIMENSIONES DE FRESA PARA TALLADO DE DIENTES

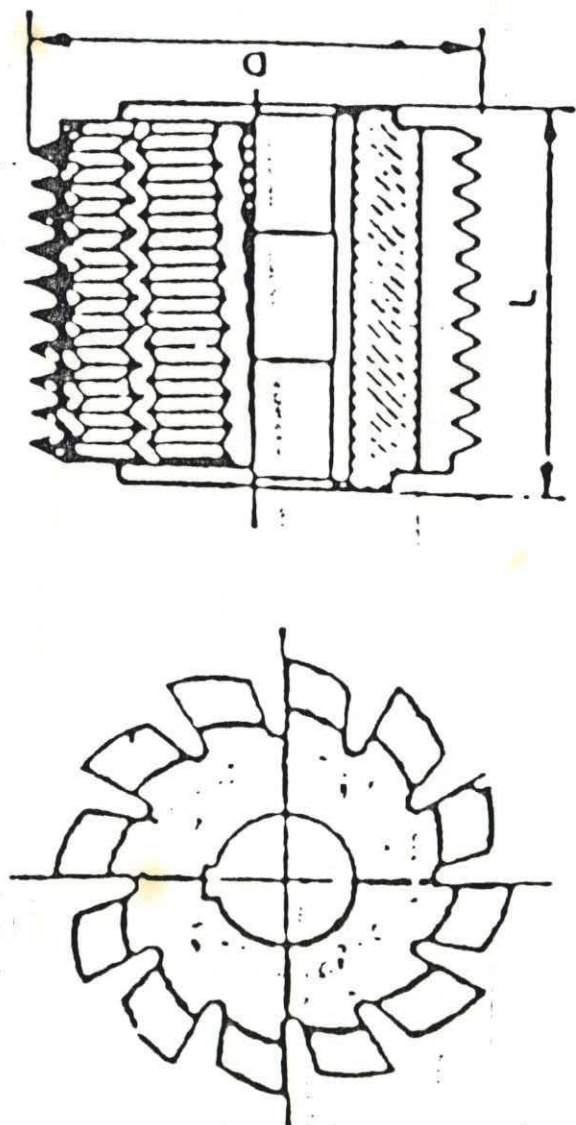


FIGURA 2.2.

Diseño y dimensiones de utilaje para sujeción.

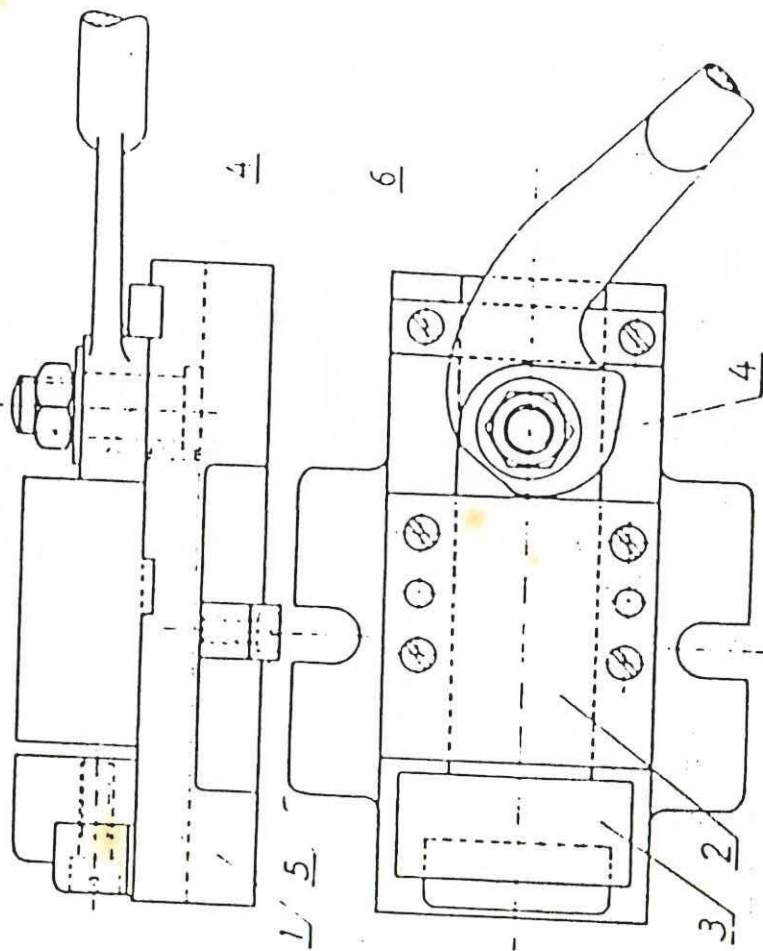
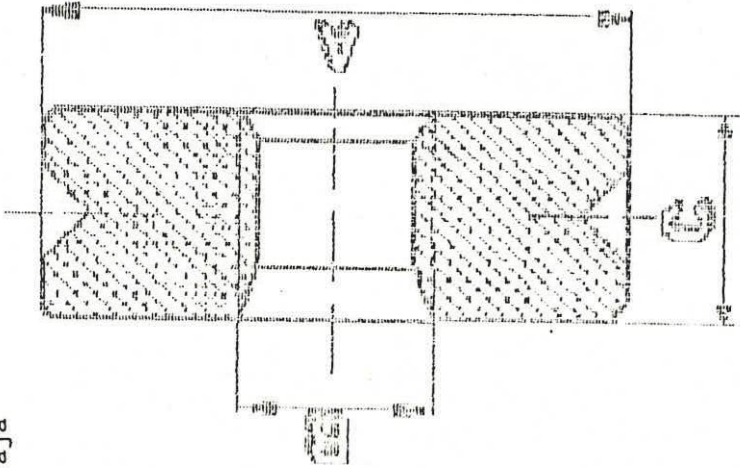
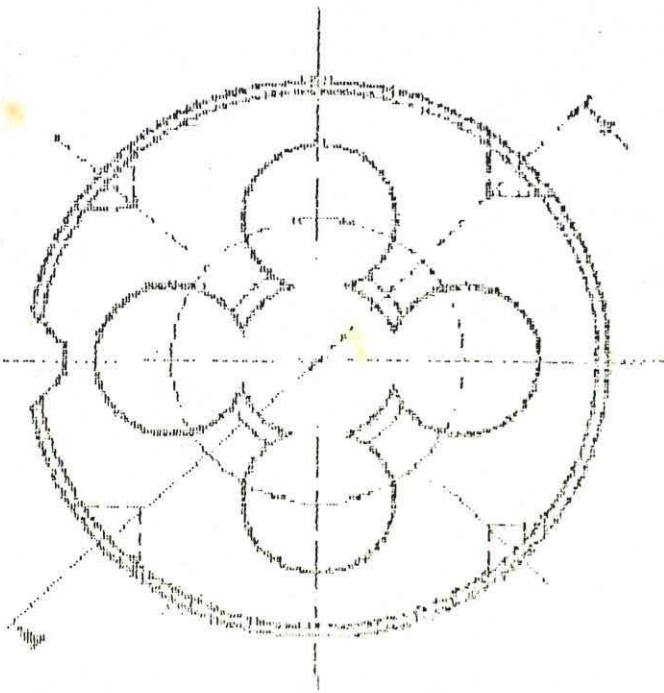


FIGURA 2.3.

Diseño y dimensiones de Terraja



A

59.8

B

9.525-22.225

C

15.075

PROY. 24

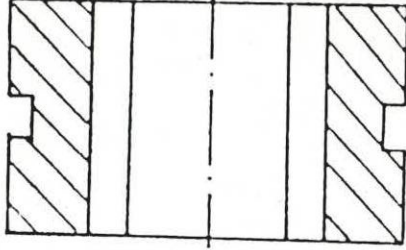
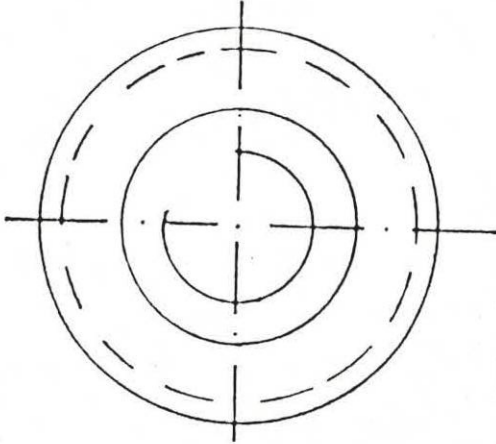
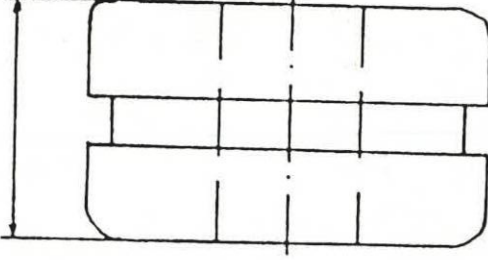
ESPOL		ROTACION DE PROCESOS		Producto: TUERCA DE REGULACION Material: Barra perforada SAE 1024 Peso Bruto: Peso Neto:				No Ref.	
OPERACION		Equipos y Utililajes		Cond. Trabajo		Tiempos			
No	DESCRIPCION	DESCRIPCION		RPM	Av. Uc.	Unit	Piez /H		
10	Cilindrado exterior 1 paso 1 75mm prof x 17,35mm Insp diametro exterior	Torno revolver Choque de ajuste rapido Soporte posterior para la barra Portabarr PTQNR2020K16 Plaquitas TNYC160308-15 Vernier		900	0,02 100	0,98			
20	Acanalado 1 paso 0,95mm prof	Torno revolver Choque de ajuste rapido Soporte posterior para la barra Portabarr R154.91-2020-3 Plaquitas R154.91-3 300		900	-- 100	.047			
30	Moleteado 3 pasos 0,5mm prof x 17,35mm	Torno revolver Choque de ajuste rapido Soporte posterior para la barra Herramienta para moletear		100	.02 15	19.6			

ESPOL		ROTACION DE PROCESOS		Producto: TUERCA DE REGULACION Material: Barra perforada SAE 1025 Peso Bruto: Peso Neto:		No Ref.	
OPERACION		Equipos y Utililajes		Cond.Trabajo		Tiempos	
No	DESCRIPCION	DESCRIPCION	RPM	Av.	Uc.	Unit	piez/H
40	Cilindrado Interior 1 paso 1mm prof x 17.35 mm Insp Diametro Interior	Torno revolver Choque de ajuste rapido Soporte posterior para la barra Herramienta de acero rapido para cilindrado interior Uernier	1600	.02	100	.545	
50	Fileteado 3 pasos 0.5mm profx17.35mm 2 pasos 0.2mm profx17.35mm 1 paso 0.1mm profx17.35mm Insp todas las medidas	Torno revolver Choque de ajuste rapido Soporte posterior para la barra Herramienta de acero rapido para fileteado interior Calibre macho para rosca	320	P	5	0.26	

ESPOL		ROTACION DE PROCESOS		Producto: TUERCA DE REGULACION Material: Barra perforada SAE 1025 Peso Bruto: Peso Neto:				No Ref.	
OPERACION		Equipos y Utililajes		Cond. Trabajo		Tiempos			
No	DESCRIPCION	DESCRIPCION	RPM	Au.	Uc.	Unit	Piez /H		
60	Tronzado 1 paso 16,25mm profx 16,25mm Insp longitud	Torno revolver Choque de ajuste rapido Soporte posterior para la barra Portaherr 150.2-25-3 Plaquitas R150.2-300 05 Vernier	600	.02	60	1.38			

ESPOL	ROTACION DE PROCESOS	Producto: TIERCA DE REGULACIÓN Material: Barra perforada SAE 1025 Peso Bruto: Peso Neto:	No Ref.
(10) Technical drawing of a single rectangular bar. A horizontal dimension line at the bottom indicates a diameter of $\phi 32.50$. The bar is divided into three equal segments by two vertical lines.		(20) Technical drawing of two rectangular bars joined together. A horizontal dimension line at the bottom indicates a diameter of $\phi 30.80$. The combined bar is divided into five equal segments by four vertical lines.	

ESPOL	ROTACION DE PROCESOS	Producto: TUERCA DE REGULACION Material: Barra perforada SAE 1025 Peso Bruto: Peso Neto:	No Ref.
30	40		

ESPOL	ROTACION DE PROCESOS	Producto: TUERCA DE REGULACION		No Ref.
		Material: Barra perforada SAE 1025		
		Peso Bruto:	Peso Neto:	
(50)		(60)		
				
				

ESPOL		ROTACION DE PROCESOS		Producto: QUIJADA FIJA Material: SAE 1045 Peso Bruto: Peso Neto:		No Ref.	
OPERACION		Equipos y Utililajes		Cond.Trabajo		Tiempos	
No	DESCRIPCION	DESCRIPCION	RPM	Av.	Uc.	Unit	piez /H
10	Fresado plano para dimensionar altura 1 paso 3,1 mm prof x 1000 mm Inspeccionar altura	Fresadora horizontal Utililaje de sujecion Fresa R260.7-125-40 Plaquitas LNCX1806AZR-11 Vernier	250	100	80	0,4	
20	Fresado plano para dimensionar ancho 1 paso 0,5mm prof x 1000mm Inspeccionar ancho	Fresadora horizontal Utililaje de sujecion Fresa R260.7-125-40 Plaquitas LNCX1806AZR-11 Vernier	250	100	60	0,4	
30	Desbastado y acabado 1 paso 8mm prof x 1000mm 1 paso 2,7mm x 1000mm Insp. todas las dimensiones	Fresadora horizontal Utililaje de sujecion Fresa R331.2-10012-0 Plaquitas IPAN 11 03 PP Vernier	250	50	80	1,6	
40	Fresado para realizar entalle 1 paso 10,7mm prof x 1000mm Inspeccionar diametro	Fresadora horizontal Utililaje de sujecion Fresa P331.2-10012-0 Vernier	250	25	80	1,6	

ESPOL		ROTACION DE PROCESOS		Producto: QUIJADA FIJA Material: SAE 1045 Peso Bruto: Peso Neto:		No Ref.	
OPERACION		Equipos y Utilajes		Cond. Trabajo		Tiempos	
No	DESCRIPCION	DESCRIPCION	RPM	Av. Uc.	Unit	piez /H	
50	Perfilado de dientes 1 paso 1,3mm prof x 1000mm Insp todas las dimensiones	Fresadora horizontal Utilaje de sujecion Fresa especial de acero rapido Calibre	50	50 15	0,45		
60	Taladrado de agujero 1 paso 22,5mm prof Insp diametro interior	Taladro Utilaje de sujecion Broca de 7/8 plg Calibre	1100	0,5 20	0,04		
70	Cortado de piezas Inspeccionar longitud	Cortadora de disco Disco abrasivo de 250mm Utilaje de sujecion Mantenier	3300	0,2 375	0,003		

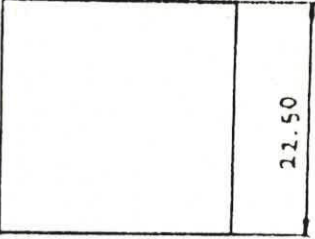
ESPOL	ROTACION DE PROCESOS	Producto: QUIJADA FIJA		No Ref.
		Material: SAE 1045		
		Peso Bruto:	Peso Neto:	

(10)



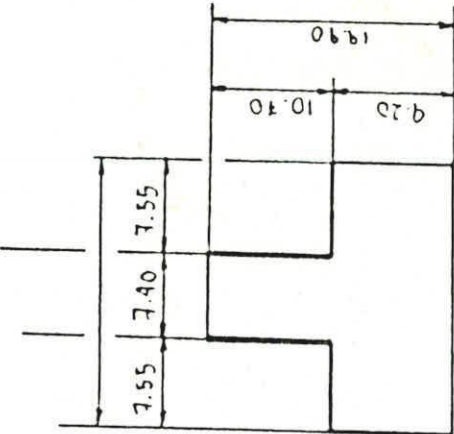
19.90

(20)



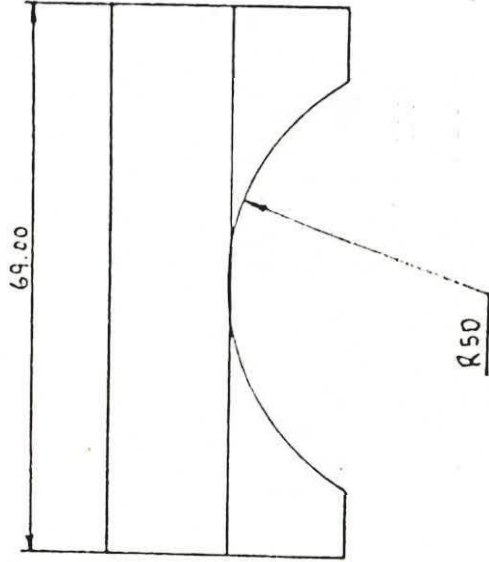
22.50

(30)

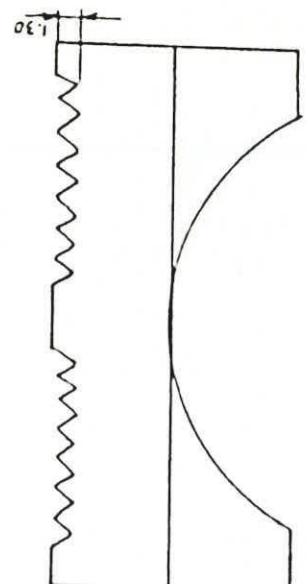


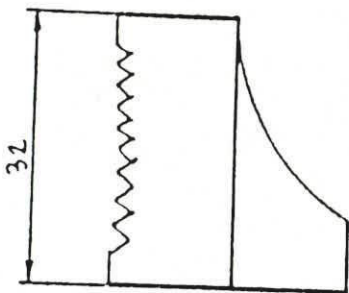
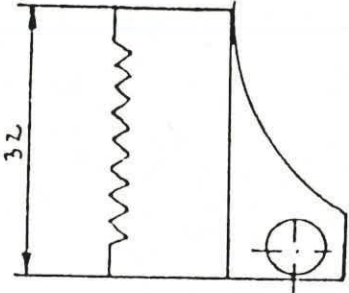
ESPOL	ROTACION DE PROCESOS	Producto: QUIJADA FIJA		No Ref.
		Material: SAE 1045		
		Peso Bruto:	Peso Neto:	

40



50



ESPOL	ROTACION DE PROCESOS	Producto: QUIJADA FIJA Material: SAE 1045	No Ref.
Peso Bruto:		Peso Neto:	
(60) (70)  			

ESPOL		ROTACION DE PROCESOS		Producto: QUIJADA MOVIL Material: SAE 4340 Peso Bruto: Peso Neto:		No Ref.	
OPERACION		Equipos y Utililajes		Cond. Trabajo		Tiempos	
No	DESCRIPCION	DESCRIPCION	RPM	Av.	Uc.	Unit	Piez /H
10	Rectificado de dientes Insp todas las medidas	Roscadora Ternaja de acero rapido Cabezal de roscar Calbre hembra para rosca	60	5	5	.314	

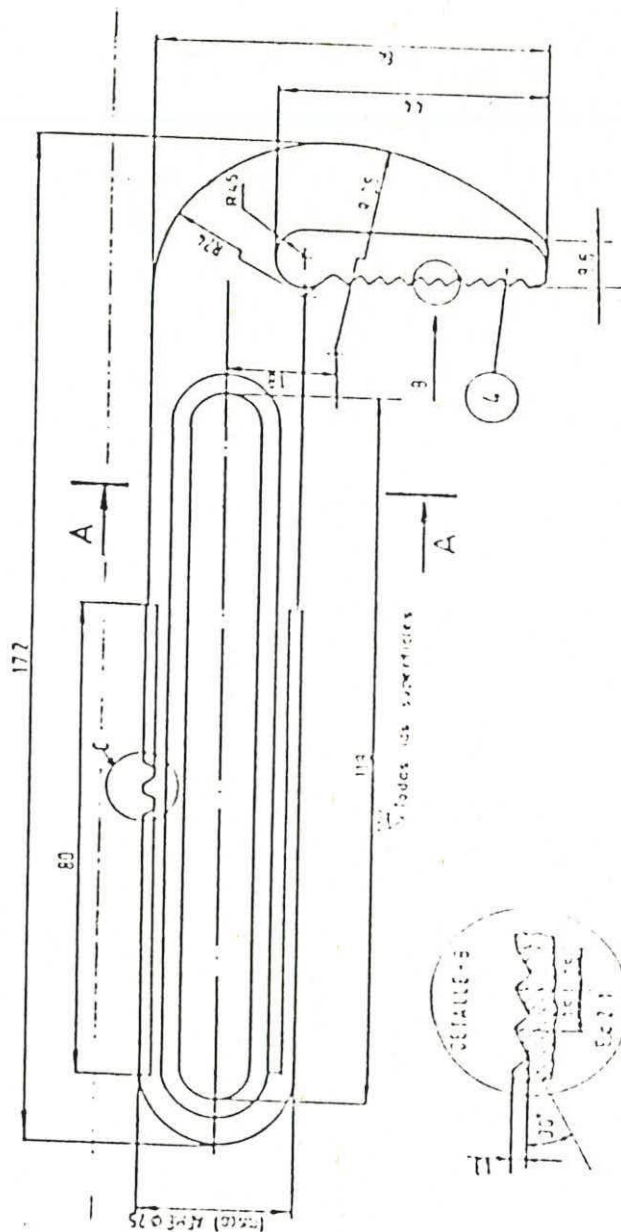
TOP SECRET

ROTACION DE
PROCESOS

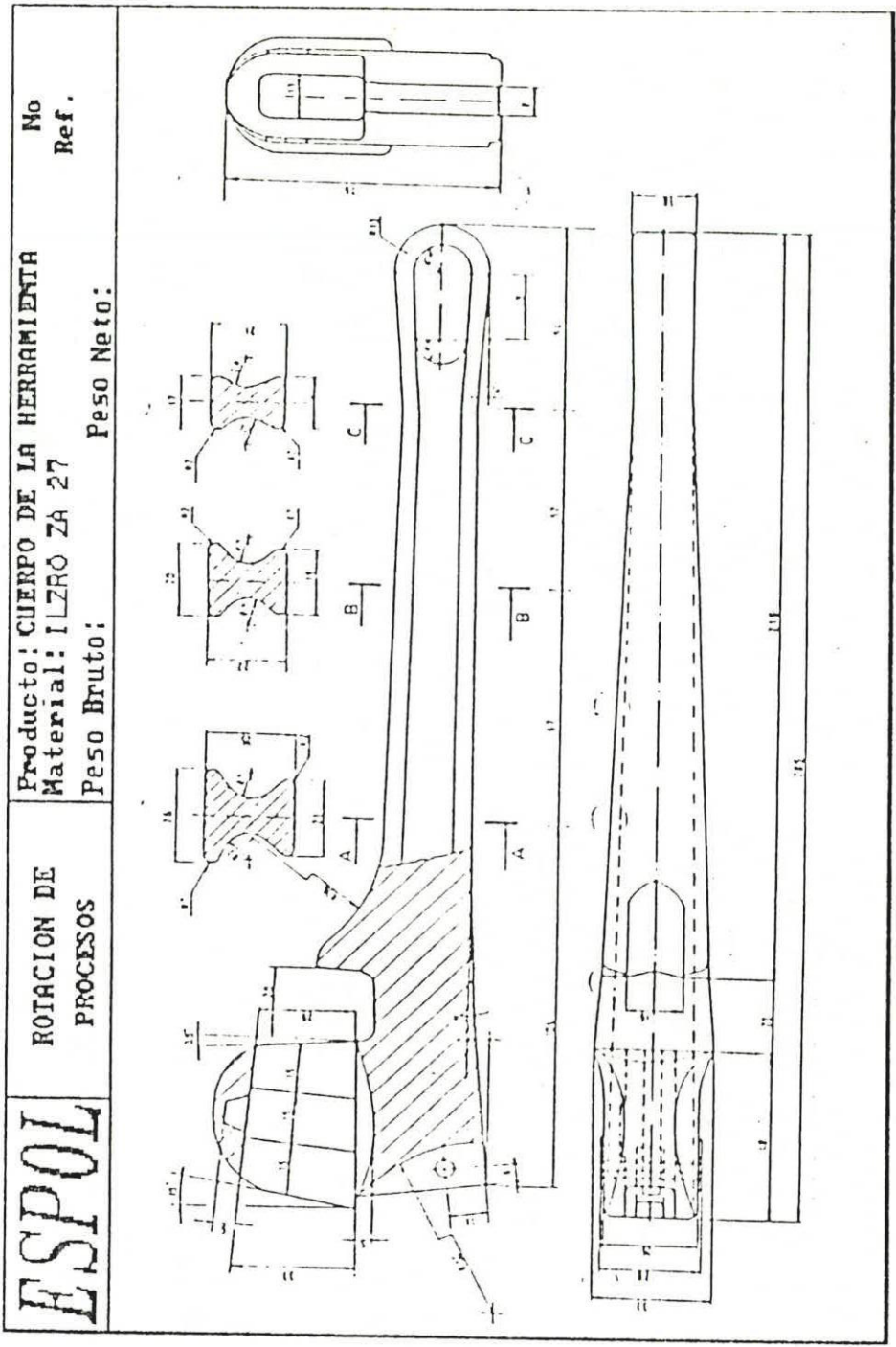
Producto: QUIJADA MOVIL
Material: SAE 4340

Peso Bruto:	Peso Neto:
-------------	------------

No	Ref.
----	------



ESPOL		ROTACION DE PROCESOS	Producto: Cuerpo de la herramienta Material: ILZRO ZA 27 Peso Bruto: Peso Neto:				No Ref.
OPERACION			Equipos y Utilajes	Cond. Trabajo		Tiempos	
No	DESCRIPCION		DESCRIPCION	RPM	Av. Uc.	Unit	piez /H
10	Fresado del alojamiento de la quijada fija		Fresadora Fresa 331.2-F0012-0 Utilaje de sujecion	30	0.6 10	0.93	



TIENDA DE REGULACION

	CE	CI	MOL	FIL	TRONZ	ACAN
Wo [\$/\$]	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087
Mt [s]	0,222	0,222	0,222	0,222	0,222	0,222
Ct [\$]	598,33	250,00	250,00	250,00	1181,67	1181,67
M[\$/s]	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618
a	0,29	0,15	0,15	0,15	0,29	0,29
Im [min]	1,34	0,82	15,5	0,26	1,38	0,047
C [m/min]	229,09	42	42	42	229,09	229,09
Tct [s]	80	80	80	80	80	80
Tc [min]	52,41	56,5	198,1	56,5	59,6	93,6
Im/Tc	0,0255	0,0145	4,728-4	0,078	4,68-3	0,0138
Il/pieza[s]			177,84			
Vc [m/min]	72,67	22,93	18,99	22	60	60,34
Cpr[\$/pieza]			140,51			

Tabla 2.6.

CE : Cilindrado exterior
 CI : Cilindrado interior
 MOL : Moleteado
 FIL : Fileteado
 TRONZ: Tronzado
 ACAN : Acanalado

GUILLARDO F114

	FF1	FF2	DA	FE	PD	CSD	TAL
Wo [\$/s]	0,027						
Mt[\$/s]	0,1944	0,1944	0,1944	0,1944	0,1944	0,0347	0,0674
Q	0,5						
Ct[°]	1767	1767	2400	1100	1100	100	250
M[\$/s]	0,5628	0,5628	0,5628	0,5628	0,5628	0,2434	0,3128
a	0,30	0,30	0,20	0,20	0,15	0,30	0,15
Tm [min]	0,37	0,37	0,74	0,74	0,45	0,033	0,042
C [m/min]	138	138	138	138	42	138	42
Tct [s]	420	420	960	480	1200	60	80
Tc[min]	178	178	261,2	261,2	368	23,54	102
Tm/Tc	2,07E-3	2,07E-3	2,87E-3	2,87E-3	1,22E-3	1,41E-3	4,11E-4
Tl/pieza[s]	97,23	97,23	97,23	97,23	97,23	28,2	35,01
Vc [m/min]	36	36	32	32	8,78	65,9	23,3
Cpr	79,96	79,96	79,96	79,96	79,96	7,083	2,537
Cpr[\$/pieza]	69,58						

Tabla 2.9.

FF : Fresado Frontal
 DA : Desbaste y Acabado
 FE : Fresado de entalle
 PD : Perfilado de dientes
 CSD : Corte con sierra de disco
 TAL : Taladrado

QUIJADA MOVIL		CUERPO DE LA HERRAMIENTA
Wo [\$/s]	0,087	0.087
Mt [\$/s]	0,0694	0,1944
Ct [s]	200	1700
M [\$/s]	0,3128	0.5628
α	0,15	0.81
Tm [min]	0,314	1.67
C [m/min]	42	123.03
Tct [s]	80	400
Tc [min]	345.51	126.6
Tm/Tc	0.9545	0.0131
Tl/pieza	40	20.24
Vc [m/min]	17,47	4.27
Cpr [\$/pieza]	30,68	85.58

Tabla 2.10.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de la maquinabilidad de los materiales preseleccionados utilizando las condiciones de corte reales de nuestro trabajo por medio de los ensayos de cilindrado para establecer de esta manera los parámetros de la relación de Taylor tienen gran validez cuando se necesita conocer dichos parámetros con el objeto de utilizarlos en los cálculos de costos de mecanizado.

La quijada móvil no se fabricó por conformado sino por fundición y luego por mecanizado utilizando una terraja, la cual fue diseñada para fabricarla con acero rápido normal, pero debido a la no disponibilidad tanto de este material como del equipo necesario para realizar el tratamiento térmico del mismo se llega a la sustitución forzosa del material con uno que puede ofrecer un comportamiento similar con características operativas satisfactorias y a un costo razonable. Por lo tanto, se empleará acero SAE D6, que posee alta resistencia al desgaste y está recomendado como un excelente material para herramientas de producción en gran escala.

Lo mismo cabe anotar con respecto a la fresa especial para el tallado de los dientes de la quijada fija.

Lograr economía en el mecanizado, factor de suma importancia en la producción de cualquier elemento, se logra solamente al elaborar correctamente los ciclos de

fabricación correspondientes, utilizando en ellos los parámetros de corte (tanto velocidad de corte y avances), calculados para un costo mínimo.

Vale recalcar que un pequeño cambio en la velocidad de corte tiene gran influencia en la duración del filo de la herramienta, por lo tanto, es indispensable para alcanzar la duración esperada de la herramienta y los costos calculados el contar con máquinas-herramientas en las que la velocidad de corte pueda ser ajustada a menos de 10% de diferencia de la velocidad de corte teórica recomendada para costo mínimo.

ANEXO

BIBLIOGRAFIA

1. ASM. Metals Handbook.Machining. Volumen 3 , American Society for Metals, Metals Park,Ohio, 1967.
2. FORN,RAMON. Herramientas de Corte. Volumen 22, Ediciones CEAC, Barcelona, 1967.
3. FORN, RAMON. Herramientas de Corte. Volumen 21, Ediciones CEAC, Barcelona, 1967.
4. SANDVIK COROMANT , Catálogo General de Aceros Sandvik.
5. HELGUERO, MANUEL, Apuntes de Clases de Ingeniería de Producción con Máquinas Herramientas,ESPOL, 1987.
6. HELGUERO, MANUEL, Apuntes de Clases de Trabajado Mecánico (Mecanizado), ESPOL, 1989.
7. DE GARMO,PAUL, Materials & Processes in Manufacturing, Callier MacMillian International Editions, New York, 1979.
8. JIMENEZ BALBOA, Prontuario de Ajustes y Tolerancias, Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1981.
9. BOOTHROYD, GEOFFREY, Fundamentos del Corte de Metales y de las Máquinas-Herramientas, Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, México, 1978.
10. SANDVIK COROMANT, Herramientas de Torno, Esselte Herzogs AB, Ljungfoeretagen, 1978.
11. SANDVIK COROMANT, Fresas, Esselte Herzogs AB, Ljungfoeretagen, 1981.
12. ANCHALUISA, MARCOS, Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Análisis del

Diseño y Fabricación), ESPOL, 1990.

13. BEJAR , FERNANDO, Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Proceso de Fundición), ESPOL, 1990.

14. NUNEZ , HECTOR, Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Estudio de Mercado) , ESPOL, 1990.

15. BLUM, FEDERICO, Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Tratamientos Térmicos y Control de Calidad) , ESPOL, 1990.