

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

**SECCIÓN DE POSTGRADO**



**“MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN Y MINERÍA DE DATOS PARA EL  
PLANEAMIENTO DE LOS PROCESOS DE FABRICACION EN  
EMPRESAS DEL SECTOR METAL MECÁNICO”**

**TESIS:  
PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Ing. Manuel Antonio López Miranda**

**LIMA PERU**

**2011**

**Dedicatoria:**

A la memoria de mi Padre  
Ing.CIP Víctor Manuel López  
Castillo

**Agradecimiento:**

A mi casa de estudios en la cual me forme y me ayudo a mi desarrollo profesional, a mis profesores, amigos por su apoyo incondicional y a mi familia y muy especial a mi hija Adriana que es mi razón de ser.

## ÍNDICE

	Pág.
Descriptores temáticos	08
Resumen	09
Introducción	10
<b>CAPITULO I MARCO TEÓRICO</b>	
1.1.-Procesos de Fabricación	11
1.1.1.- Procedimientos de conformación.	11
1.1.2.- Procesos Convencionales	11
1.1.3.- Procesos No Convencionales	11
1.2.-Máquinas herramientas y herramientas de corte	14
1.2.1.-Máquinas herramientas	14
1.2.2.-Clasificación de las máquinas herramientas	15
1.2.3.-Torno	16
1.2.4.-Fresadora	17
1.2.5.-Torno C.N.C	18
1.2.6.-Fresadora C.N.C	20
1.2.7.-Herramientas de corte	21
1.3.-Proceso de Producción y Teoría de Mecanizado	24
1.3.1.-Fases del proceso de producción	24
1.3.2.-Planeamiento de Proceso de Fabricación	24
1.3.3.-Velocidad de Corte	25
1.3.4.-Economía de mecanizado	26
1.3.5.-Teoría de Mecanizado	27

1.3.5.1.-Teoría de Taylor	28
1.3.5.2.-Teoría de Kronenberg	31
1.3.5.3.-Teoría de Denis	33
1.4.-Sistemas C.A.D. C.A.M. C.N.C.	38
1.4.1.- Diseño Asistido por Computadora	38
1.4.2.-Manufactura Asistida por Computadora	40
1.4.3.-Integración CAD CAM	43
1.4.4.-Planeamiento de procesos Asistida por computador	43
1.4.5.-Planificación de procesos	44
1.5.-Sistemas Flow Shop	47
1.5.1 Planeación y programación	47
1.5.2 Secuenciación	48
1.5.3 Modelos de Secuenciación	50
1.5.3.1 Configuración de Máquinas	50
1.6.-Técnicas de Minería de Datos	51
1.6.1.- Redes Neuronales	53
1.6.1.2.-Red Neuronal Backpropagation	55

## **CAPITULO II Antecedentes Internacionales o Nacionales**

2.1.- Scheduling parallel CNC machines with time/Cost trade-Off considerations.	59
2.2.- Minimizing cycle time in a blocking flowshop.	60
2.3.- Scheduling of Multi-class Single-Server queues Under nontraditional performance measures.	61
2.4.- Effective sequencing rules for closed manufacturing networks	62

<b>CAPITULO III <u>Planteamiento del problema</u></b>	<b>63</b>
3.1.-Definición del problema.	64
3.2.-Objetivo de Investigación	65
3.3.-Justificación y delimitación de la investigación.	65
3.4.-Importancia y justificación.	65
3.5.-Delimitación.	66
<b>CAPITULO IV <u>Desarrollo de Caso de Aplicación</u></b>	<b>70</b>
4.1.-Desarrollo de modelo de optimización	70
4.2.-Aplicación de Minería de datos	73
4.3.-Desarrollo de planeamiento de procesos de Fabricación en empresas del sector metal mecánico	101
4.3.1.- Desarrollo de Aplicación en VBA en Excel	109
4.3.2.- Caso de Aplicación en Piezas	123
4.3.2.1.- Caso de Aplicación en Fresadora	123
4.3.2.2.-Caso de Aplicación en Torno	129
4.4.-Mejoras en empresas del sector metal mecánico	134
4.4.1.-Distribución de planta	136
4.4.2.-Hojas de procesos de fabricación	126

<b>4.5.-Políticas de producción</b>	<b>139</b>
<b>4.6.-Resultados de caso de aplicación</b>	<b>146</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>147</b>
<b>Glosario de Términos</b>	<b>149</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>150</b>
<b>Anexos</b>	<b>153</b>

## **DESCRIPTORES TEMÁTICOS**

1. **Métodos de optimización**
2. **Procesos de fabricación**
3. **Minería de datos**
4. **Planeamiento**
5. **Metal mecánica**



## RESUMEN

Los problemas de los procesos de planificación son muy frecuentes en empresas industriales, la propuesta del trabajo consiste en investigar los sistemas de producción del tipo flow shop, en la fabricación de piezas mecánicas.

Estos sistemas de producción se presentan en el sector industrial específicamente en empresas del sector metal mecánica en procesos de fabricación por arranque de viruta.

El sistema del tipo flow shop, se basa en un tipo de programación de la producción, que se realiza en función a rutas conocidas de cada pieza que vamos a fabricar, en la actualidad existen estudios (**Adrian Guillermo Ricardo Lucero, Abelardo Alves de Queiroz / UFSC**), los cuales permiten optimizar los programas de producción lo que consideran un tiempo total de fabricación en los que incluyen los tiempos operación y los de preparación (**Imma Ribas/Ramon Companys / UPC**).

Este estudio va a permitir investigar los tiempos de preparación dentro de los procesos de mecanizado que se basan en técnicas del tipo **MTM**( Medición de Tiempos y Movimientos) y **SMED** (Cambio de herramienta en pocos minutos) ya que por la variedad de piezas, por las operaciones de fabricación y por su geometría de las herramientas de corte (**Jorge Amiller Bastidas Muñoz/EAFIT**), las máquinas herramientas, dispositivos de sujeción y los tiempos de preparación para los procesos de mecanizado presentan mucha incertidumbre. Por lo que buscamos la aplicación de técnicas de minería de datos, los cuales nos permitan poder simular los tiempos de preparación para los procesos de fabricación y poder tener tiempos totales más cercanos a los reales, para nuevas piezas o nuevos procesos de fabricación.

La programación de la producción empleará técnicas de optimización, las cuales nos van a permitir minimizar el tiempo de espera entre operaciones de fabricación (**Daniel Cortes Rivera/CINVESTAV**)

## INTRODUCCION

Existen en la actualidad, diferentes investigaciones que se enfocan a la programación de maquinaria herramientas en sistemas productivos. Las propuestas de investigaciones tienen como restricción el dato final del proceso de fabricación ya que no pueden calcular el tiempo de preparación de una máquina para un proceso de fabricación, El presente trabajo de investigación está enfocado en una primera etapa al estudio de los tiempos de preparación de mecanizado empleando la técnica de minería de datos para poder predecir estos tiempos apoyado en las técnicas del tipo **MTM** y en una segunda etapa la aplicación de un algoritmo que nos permita poder reducir el tiempo de entre procesos de fabricación en diferentes máquinas (MAKESPAN) y poder planificar los proceso de producción de una manera más eficaz.

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Procesos de Fabricación**

La complejidad de la tecnología de fabricación, que abarca la denominada Tecnología Mecánica, es tal que las Normas DIN 8580 es una de las que definen los procesos de conformación mecánica, incluyen más de 800 procesos diferentes. Cada uno de ellos puede ser clave para la complejidad en la fabricación de productos.

Los procesos actuales de fabricación en máquinas convencionales y de Control Numérico Computarizado C.N.C., están orientados en el desarrollo de los procesos operativos de los mismos, tanto en diseño mecánico en el uso de una serie de diferentes tipos de materiales para su fabricación.

Los Procesos de conformado por eliminación de material, habitualmente denominados Procesos de Mecanizado, se caracterizan por la obtención de la geometría final de la pieza mediante la eliminación del material sobrante, el cual es determinado principalmente por las características de la pieza a fabricar.

### **1.1.1.- Procedimientos de conformación**

Según el método empleado en la eliminación del material, pueden considerarse dentro de los procesos de mecanizado. Las dos siguientes categorías de procesos.

### **1.1.2.- Procesos Convencionales**

La eliminación de material se realiza fundamentalmente por medios mecánicos. Como son los casos principalmente de los procesos de torneado, fresado y taladrado, los cuales pertenecen a este grupo.

### **1.1.3.- Procesos No Convencionales**

La eliminación de material se debe fundamentalmente a otros medios diferentes de los mecánicos como son principalmente los eléctricos, físico-químicos, etc. Procesos pertenecientes a este grupo son electro erosión por penetración o electro erosión por corte con hilo.

## **1.2.- MÁQUINAS HERRAMIENTAS Y HERRAMIENTAS DE CORTE**

### **1.2.1.-MÁQUINAS HERRAMIENTAS**

Para el proceso de fabricación se emplea una máquina herramienta, para sostener una pieza de trabajo, poner en posición la herramienta de corte con respecto al material. En donde generalmente se puede describir principalmente la característica de movimiento principalmente es dado por la herramienta, siendo las principales variables para este proceso, la velocidad de corte, avance y profundidad que se ha establecido. El control de la herramienta de corte, en el trabajo que se realiza permite fabricar partes con gran precisión y acabado a las tolerancias, las cuales pueden tener una precisión de milésimas de milímetro.

El término máquinas herramientas se aplica a cualquier máquina accionada por fuerza motriz que realice operaciones de maquinado, incluso el esmerilado. El término se aplica también frecuentemente a máquinas que realizan operaciones de formado de metal y prensado.

Las máquinas herramientas usadas tradicionalmente para realizar las tres operaciones de maquinado se identifican en el siguiente

**CUADRO-001 / CARACTERISTICAS DE FABRICACIÓN**

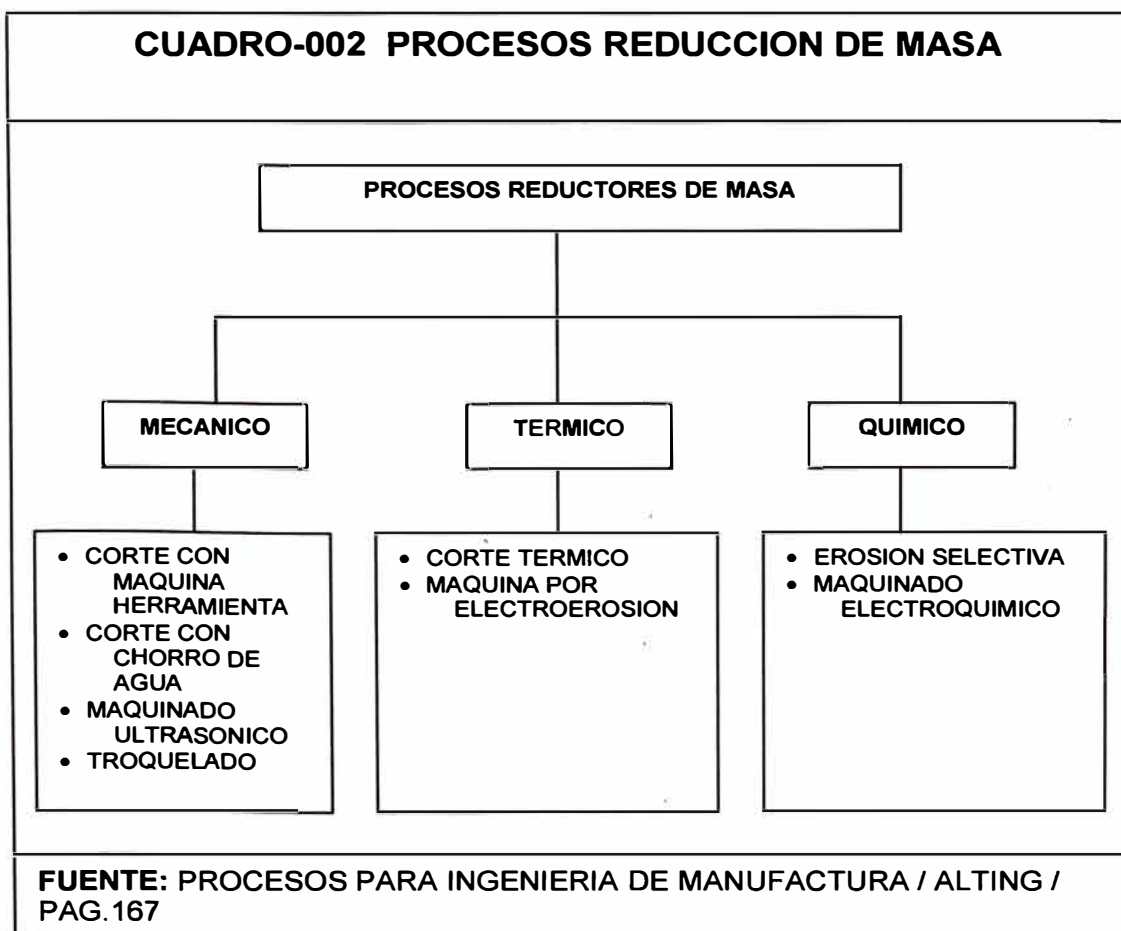
<b>Operación</b>	<b>Máquina herramienta</b>	<b>Definiciones de velocidad, avance y profundidad</b>
<b>Torneado</b>	<b>Torno</b>	La pieza tiene movimiento de rotación continuo.  La herramienta avanza paralela al eje del trabajo  La profundidad de la herramienta en la superficie original del trabajo
<b>Taladrado</b>	<b>Taladro de Pedestal</b>	La pieza se mantiene estática y la herramienta gira y avanza paralelamente a su eje.  La profundidad o avance de corte es dado por la herramienta
<b>Fresado</b>	<b>Fresadora</b>	La herramienta tiene movimiento rotatorio continuo. La pieza avanza en dirección perpendicular al eje de la herramienta. La profundidad de corte es la penetración de la herramienta.

**CUADRO-1 / ELABORACIÓN : PROPIA**

Las máquinas herramientas convencionales son manejadas por un trabajador, aunque las máquinas herramienta modernas están diseñadas para realizar sus procesos con un alto grado de automatización. Estas máquinas automáticas operan generalmente bajo una forma de control llamado “Control numérico Computarizado”

### 1.2.2.- Clasificación de máquinas herramientas

La clasificación de las máquinas herramientas se presentan básicamente por las operaciones las cuales realiza en un proceso de mecanizado para el desarrollo de la investigación se basará en el proceso por arranque de viruta.



### 1.2.3.- TORNO

Es una máquina herramienta en la cual la pieza que va a ser mecanizada tiene un movimiento de rotación alrededor de un eje. En el torno la pieza verifica el movimiento de corte, tanto que la herramienta produce el avance y el movimiento de profundidad de pasada. El torno más corriente es el llamado "Torno Paralelo" tal como observamos en la siguiente FIGURA-001



TORNO PARALELO  
FIGURA-001  
FUENTE : INTERNET

En la **FIGURA – 001** Podemos observar un modelo básico de un torno Convencional paralelo



#### **1.2.4.- FRESADORA**

Son máquinas destinadas a realizar una gran diversidad de operaciones , empezando con el tratamiento de superficies planas y terminando con operaciones de perfilado y de forma.

El fresado es un procedimiento para trabajar los metales, con ayuda de un instrumento de múltiples dientes cortantes ( fresas)

La fresa es un cuerpo de revolución cuyas superficies laterales o frontales llevan una serie de dientes cortantes, estas pueden fabricarse de acero al carbono rápido o de aleación, o bien pueden ser provistas de aleaciones duras o placas mineral o cerámicas, como lo podemos observar en la **FIGURA - 002**



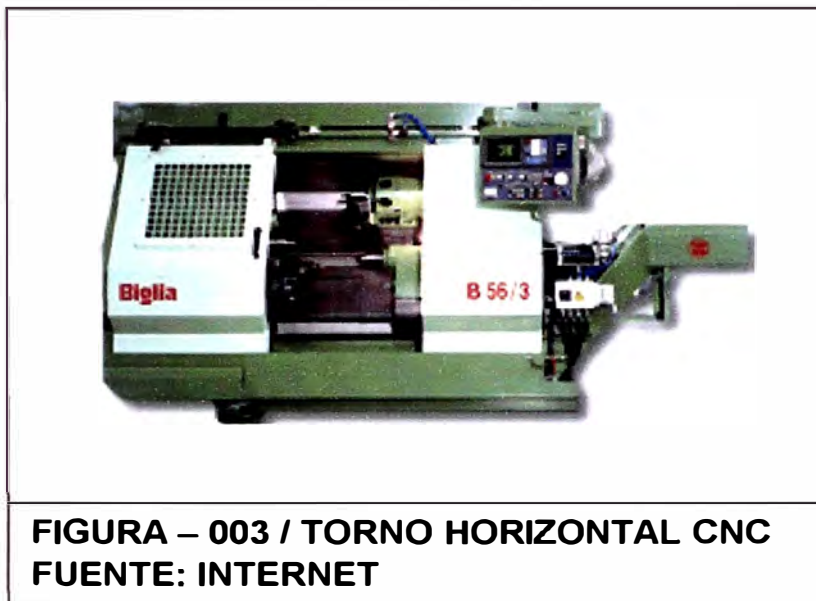
**Fresadora Vertical**  
**FUENTE : ELABORACION PROPIA**  
**FIGURA-002**

### **1.2.5.- TORNO CNC**

Los mismos principios usados en la operación manejo de una máquina convencional, son usados en una máquina programable NC o CNC. La diferencia principal es que en vez de mover manivelas hasta colocar una guía en cierto punto, la distancia de ese mismo punto será almacenada una sola vez en la memoria del control de la máquina, Después de esto, el control moverá la máquina automáticamente a estas posiciones cada vez que se ejecute el programa. Los principios de operación y programación necesarios para operar la máquina.

La operación del torno horizontal requiere que una parte del programa sea diseñado y escrito en la memoria del control, la manera más común de escribir los programas para las partes es fuera de la línea de comunicación, es decir en un equipo separado del CNC, donde el programa pueda almacenarse y posteriormente pueda transmitirse al control del CNC. La manera más común de transmitir el programa de una pieza al CNC es por medio de una interconexión RS-232. El torno tiene una interconexión RS-232, que es compatible con la mayoría de las computadoras y CNC existentes en el mercado. Si una persona planea operar y programar una máquina controlada con CNC, ese técnico debe tener conocimientos básicos en operaciones de maquinado manual y conocimientos elementales de matemáticas, trigonometría, dibujo técnico, etc. Los cuales son necesarios para el cálculo de programa a elaborar.

La persona necesita familiarizarse con el tablero de control y la posición de las teclas, los interruptores, pantallas, relacionadas con las características de cada máquina



### **1.2.6.- FRESADORA CNC**

Una **fresadora** es una máquina herramienta utilizada para dar formas complejas a piezas de metal u otros materiales. Son máquinas que pueden ejecutar una gran cantidad de operaciones de mecanizado complejas, como cortes de ranuras, perforaciones, mecanizado de forma, etc.



Dependiendo de la complejidad de la fresadora, ésta puede, o no, tener un controlador electrónico el cual sea capaz de recibir instrucciones para su operación automática.

Los movimientos en el trabajo realizado con una fresadora obedecen a dictado de los planos cartesianos; pues en un caso sencillo, dígame de una fresadora manual, la acción será la de una vertical o una horizontal, más en una máquina más sofisticada, la

dirección de movimientos puede ser combinada, aún en mayor cantidad de movimientos axiales, los cuales se subscriben a la regla de la mano derecha.

Su forma básica es la de un cortador rodante que gira en el eje vertical. El cortador se puede mover en tres dimensiones y en muchos casos, lo puede hacer con diversas orientaciones con relación a la pieza a mecanizar. Esto contrasta con el taladro, que sólo se puede mover en una dimensión mientras corta.

El movimiento a lo largo de la superficie de la pieza a mecanizar se lleva a cabo, generalmente, mediante una tabla móvil en la que se monta la pieza a mecanizar, preparada así para moverse en dos dimensiones. Se puede operar las máquinas fresadoras tanto manualmente como mediante control numérico por computadora o CNC.

### **1.2.7.- Herramientas de corte**

Es el elemento que entra en contacto directo con la pieza y produce la eliminación del material a la pieza a la cual vamos a mecanizar.

Una herramienta consta, de una o varias aristas o filos, materializadas por la intersección de superficies, generalmente planas. Entre éstas superficies, resultan de mayor interés la denominada cara de incidencia, aquélla que queda enfrentada a la superficie mecanizada de la pieza y la cara de desprendimiento, aquélla por la que se desprende el material eliminado o viruta. Las aristas se denominan aristas o filos de corte.

La tipología existente de herramientas es muy amplia, ya que depende, de la operación a realizar y condiciones de la misma, en el que se desarrolla dicha operación y de las propiedades que se pretenden conseguir en la pieza una vez finalizado el proceso. En función del número de aristas de corte es frecuente considerar una primera clasificación de herramientas en:

Herramienta mono filo.- Las empleadas en las operaciones de torno.

Herramienta multi filo.- Las empleadas en las operaciones de fresado.

La herramienta se completa con una parte no activa que permite su fijación de los elementos de sujeción de la máquina herramienta.

Según su construcción pueden considerarse:

Herramientas enterizas.- Cuando toda la herramienta es del mismo material.

Herramientas de plaquitas.- Cuando la parte activa y el resto de la herramienta son de materiales diferentes. Se denominan de esta forma porque la parte activa suele tener forma de pequeñas placas que se unen al mango o al cuerpo de la herramienta mediante soldadura o medios de fijación mecánica los cuales pueden ser tornillos, bridas, etc.

Las operaciones de maquinado se realizan usando herramientas de corte. Las altas fuerzas y temperaturas durante el proceso de fabricación crean un ambiente muy agresivo para la herramienta el cual influye en el rendimiento de la herramienta.

Las fuerzas de corte eleva demasiado la temperatura, el material de la herramienta se ablanda y falla. Y si ninguna de estas

condiciones ocasionan falla de la herramienta, de cualquier manera hay una acción continua de desgaste de la herramienta de corte que la conduce finalmente a la falla.

La tecnología de las herramientas de corte tiene dos aspectos principales:

a) **El material de la herramienta**

Se refiere al desarrollo, materiales que puedan soportar las fuerzas, las temperaturas y la acción de desgaste en el proceso de maquinado.

b) **La geometría de la herramienta**

Se ocupa de optimizar la geometría de la herramienta, corte para el material de la herramienta y para una operación dada. Es conveniente empezar considerando la vida de las herramientas ya que es un requisito en la revisión de varios temas sobre los materiales para las herramientas. Otro punto muy importante sobre los procesos de fabricación es el tema de fluidos para corte, ya que éstos se usan frecuentemente en las operaciones de maquinado para prolongar la vida de las herramientas, en la actualidad se están presentado diferentes tipos de refrigerantes en los procesos de mecanizado y también se están empleando herramienta de corte las cuales trabajan en seco.

## **1.3.- Proceso de Producción y Teoría de Mecanizado de corte**

### **1.3.1.-Fases del proceso de producción.**

Las fases que se presentan en el estudio de piezas para los procesos de producción se basa en las características propias que presenta la pieza la cual queremos mecanizar, la máquina herramienta la cual vamos a utilizar y las herramientas de corte las cuales vamos a emplear.

### **1.3.2.-Planeamiento de Proceso de fabricación**

Las principales características que consideramos para todo proceso de fabricación son:

#### **Características de la pieza**

- Tolerancias de Ajustes
- Acabado superficial
- Tipo de material
- Tipo de operaciones de mecanizado
- Cara de referencia

#### **Características de la máquina**

- Múltiples husillos
- Máquinas de Varios ejes
- Potencia de máquina
- Tipo de montaje de pieza en la máquina
- Exactitud de máquina



## Características de las herramientas

- Herramientas Mixtas
- Herramientas simples
- Tipo de material de la herramienta
- Sistemas de portaherramientas

### 1.3.4.-Velocidad de corte

Es la que corresponde al movimiento principal de corte y representa los (m/min.) metros recorridos por un punto de la pieza con relación a la herramienta, o de la herramienta en relación a la pieza, dependiendo quien de ellos lleve el movimiento principal este tipo de característica se presenta por la configuración propia del fabricante que puede tener cada máquina.

En la máquina herramienta torno, como conocemos el movimiento principal es rotativo y que lo lleva la pieza bajo el efecto de eje principal de la máquina, por tanto, la velocidad de corte será:

$$V = w \cdot r = 2\pi n$$

.....(1)

$$V = \frac{\pi D \cdot n}{1.000}$$

m/min.

.....(2)

$$V = r \cdot w$$

.....(3)

$$V = \pi d \cdot n$$

.....(4)

$$W = 2\pi \cdot n$$

.....(5)

Donde:

D = Diámetro máximo de la pieza en mm. Este valor varía a lo largo del filo de la herramienta, haciendo variar, por tanto, la velocidad de corte a lo largo del mismo. Sin embargo, se toma el valor máximo, ya que en el caso de grandes penetraciones es el punto más desfavorable del filo.

n = Número de revoluciones por minuto del eje principal (r.p.m.)

Normalmente el problema también aparecerá a la inversa, es decir, conocida la velocidad de corte ya que este dato es dado por los fabricantes de herramientas para cada tipo de material con el que es fabricado la herramienta, por lo que debemos utilizar para que se cumplan una serie de condiciones técnicas y económicas, tendremos que hallar el número de revoluciones por minuto que tiene que dar el eje principal del torno, para conseguir la mencionada velocidad de corte. Es decir:

V = Velocidad de corte en m/mm

$$n = \frac{1.000 \cdot V}{\pi \cdot D} \dots\dots\dots(6)$$

El cálculo de la velocidad de corte debe realizarse de forma que en el proceso de mecanizado, la herramienta tenga un servicio suficiente antes de perder su filo.

### **1.3.5.-Teoría de mecanizado**

La economía en un proceso de mecanizado está ligada a los parámetros de corte y al tipo de herramienta que se fijan para dicho proceso. El parámetro quizá más importante sea la velocidad de corte, ya que de él dependen la vida de la herramienta y el tiempo de mecanizado. Con velocidades pequeñas el tiempo de mecanizado es grande, mientras que si las velocidades son elevadas, la vida de la herramienta disminuye considerablemente.

El problema inverso consiste en calcular el número de revoluciones por minuto que tiene que dar el eje principal para conseguir una determinada velocidad de corte utilizada para cumplir ciertas condiciones técnicas y económicas, La velocidad de corte debe calcularse teniendo en cuenta que la herramienta tenga un servicio suficiente antes de perder su filo. Dicho servicio se mide por la producción y por la duración de la herramienta entre afilados como la teoría de Taylor y Kronenberg.

Por la producción, que se basa en el volumen de viruta eliminado entre dos afilados consecutivos, siendo la teoría más importante la de:

### 1.3.5.1.-Teoría de Taylor

Esta teoría se basa en el cálculo de la velocidad de corte para una duración establecida de la herramienta entre dos afilados consecutivos. Taylor para ello realiza una serie sistemática de largos ensayos, haciendo intervenir doce parámetros de corte:

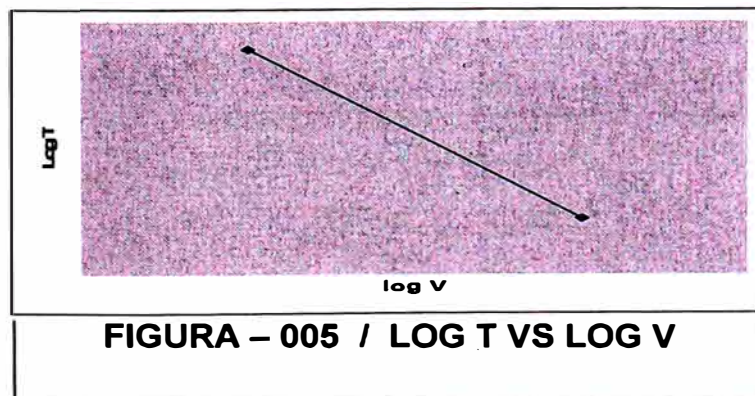
Condiciones de corte: velocidad de corte, avance, profundidad de pasada, etc.

Geometría de la herramienta: ángulo de situación principal, ángulo de desprendimiento normal, ángulo de caída de filo, calidad del material de la herramienta y de la pieza.

Criterio de duración o vida de la herramienta: desgaste frontal de la cara de incidencia, profundidad del cráter de la cara de desprendimiento, tolerancias de la pieza.

Condiciones de trabajo: refrigerante utilizado, medios de fijación de la pieza, potencia y estado de la máquina, tipo de máquina, tipo de operación, etc.

Para estudiar la relación existente entre la vida de la herramienta y la velocidad de corte fijó diez de los parámetros y se dedicó a variar la velocidad de corte para estudiar la influencia en la duración del filo. Los resultados los llevó a una gráfica en escala logarítmica observando que: siempre que permanecían fijos diez de los parámetros, cualesquiera que fuera su valor, siempre se obtenía una recta.



La ecuación de esta recta es:

$$V \cdot T^n = V_1 \cdot T_1^n = V_2 \cdot T_2^n = K \quad (3)$$

Esta relación nos permite calcular la velocidad de corte para un tiempo entreafilados prefijado, conociendo el tiempo entreafilados para una velocidad concreta y permaneciendo fijos el resto de los parámetros de corte.

V: velocidad de corte.

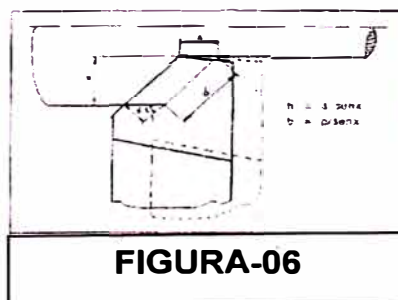
T: vida de la herramienta.

n: depende del material de la herramienta y pieza, se puede calcular realizando dos ensayos análogos en los que la única variación permitida sea la V y como consecuencia T. Tendremos dos pares de valores  $(V_1, T_1)$  y  $(V_2, T_2)$  que nos permiten despejar n.

K: es una constante que engloba todos los factores que han permanecido fijos durante el ensayo y expresa la velocidad de corte para una duración de la herramienta de un minuto y para los valores fijados en el ensayo.

### Teoría de Taylor Generalizada.

Trataremos de evaluar la influencia que sobre la constante  $k_1$  ejercen diversos factores de mecanizado, tales como el desgaste (VB) de la cara de incidencia, el espesor (h) de la viruta y el ancho (b) de la viruta. Podemos ver un esquema de los parámetros en la siguiente figura:



**FIGURA-06**

Influencia del desgaste (VB) de la cara de incidencia: suponemos una relación lineal entre el desgaste de la cara de incidencia y la vida de la herramienta. Sea  $k_2$  la velocidad de corte que nos determina un desgaste de 1 mm. Para la vida de la herramienta de 1 min. La relación resulta ser de la forma:  $v = k_2 \cdot VB^n$

Influencia del espesor (h) de viruta: resulta ser una ley hiperbólica de la forma:

$$v = k_3 / h^x$$

En dicha expresión, x es un coeficiente que valora la influencia del espesor de viruta sobre la velocidad de corte y depende del material de la herramienta y pieza.  $K_3$  representa la velocidad de corte para  $T = 1$  min.,  $VB = h = 1$  mm.

Influencia del ancho (b) de viruta: observamos que el aumento del ancho de viruta trae consigo una disminución de la velocidad de corte según una ley hiperbólica, es decir:  $v = k_4 / b^y$

En ella, y es un parámetro que valora la influencia del ancho de viruta sobre la velocidad de corte y depende del material de la herramienta y pieza.  $K_4$  representa la velocidad de corte para  $T = 1$  min.,  $VB = h = b = 1$  mm. De este modo, la ecuación de Taylor generalizada nos quedará finalmente:

$$v = \frac{k_4 \cdot (VB)^n}{h^x \cdot b^y \cdot T_{VB}^n}$$

(4)

En ella, la constante  $k_4$  y los coeficientes x e y dependen del material de la pieza a mecanizar, de la herramienta, de la geometría y posición de la herramienta, del tipo de mecanizado, etc. Dichos valores se encuentran tabulados. En la práctica, los datos de partida son el avance y la

penetración; si tenemos en cuenta la figura 2, la ecuación de Taylor tomará la forma:

$$v = \frac{k_4 \cdot VB^n}{a^x \cdot p^y \cdot (\text{sen}(x))^{x-y} T_{VB}^n}$$

(5)

Además,  $k_4$ ,  $VB$  y  $\text{sen}(x)$  se suelen englobar en una sola constante  $k$ , quedándonos la expresión:

$$v = \frac{k}{a^x \cdot p^y \cdot T_{VB}^n}$$

(6)

En ella,  $k$  es la velocidad de corte para  $a = p = 1\text{mm.}$ ,  $T = 1\text{ min.}$  Y para los valores de  $VB$ , geometría, materiales, etc. Para los que ha sido determinada;  $a$  es el avance en  $\text{mm./rev.}$ ;  $p$  es la profundidad de pasada en  $\text{mm.}$  Y  $T_{VB}$  es el tiempo de mecanizado entre dosafilados consecutivos para el desgaste  $VB$  fijado.

### 1.3.5.2.-Teoría de Kronenberg.

En este caso utilizamos la sección  $S = b \cdot h$  y la esbeltez  $E = b/h$  para el cálculo de la expresión de Taylor y sus coeficientes.

El criterio adoptado para la vida de la herramienta es el adoptado por Taylor, es decir, el de caída del filo, por lo tanto permanecerá constante para cada par material de la herramienta, material de la pieza, geometría de la herramienta, tipo de operación, etc.

Sin embargo, para el cálculo de las constantes en las cuales Taylor adoptaba una vida de la herramienta de 1 min., Kronenberg adopta una vida de 60 min.

$$v = \frac{k_4 \cdot VB^n \cdot E^{(x-y)/2}}{S^{(x+y)/2} \cdot T_{VB}^n} \quad (7)$$

La ecuación 6 es la ecuación de Kronenberg y si en ella hacemos:

$$(x - y)/2 = g$$

$$(x + y)/2 = f$$

$$VB^n \cdot K_4 = K \cdot 60^n / 5$$

Obtendremos finalmente:

$$v = \frac{K \cdot (E/5)^g}{S^f \cdot (T/60)^n}$$

La ecuación 7 está calculada para trabajos de torneado y análogos. K es la velocidad de corte en m./min.; los valores de K y las potencias de S, E y T están calculados y tabulados para el mecanizado de aceros y fundiciones, mediante herramientas de acero rápido y metal duro. También se encuentran tabulados los valores correspondientes a materiales no féreos. Además, también se encuentra tabulada la geometría de la herramienta de corte. A modo de ejemplo, damos algunos de los valores:

$$S = 1 \text{ mm}^2.$$

$$E = 5.$$

$$T = 60 \text{ min.}$$

$$g = 0.14 \text{ para aceros.}$$

$$0.10 \text{ para fundiciones.}$$

$$f = 0.28 \text{ para aceros.}$$

$$0.20 \text{ para fundiciones.}$$



- n = 0.15 para aceros rápidos.
- 0.30 para carburos metálicos.
- 0.7 para herramientas de cerámica.

### **1.3.5.3.-Teoría de Denis**

Las experiencias de Denis son menos precisas que las de Taylor pero demuestran de forma gráfica la necesidad de elegir una velocidad de corte entre unos límites.

Vamos a calcular la velocidad de corte relacionada con el volumen de viruta que eliminamos entre dosafilados consecutivos. En ella van a influir diversos parámetros. Para ver que influencia ejercen sobre el mecanizado realizaremos unos estudios en los que se fijan todos excepto el que queremos estudiar y construimos unos gráficos. En abscisas se podrá la velocidad de corte (dm/min) y en ordenadas el caudal de viruta arrancado entre dosafilados consecutivos (dm<sup>3</sup>).

En los gráficos podemos distinguir tres velocidades de interés:

$V_0$  → Velocidad de mínimo desgaste. Se da cuando alcanzamos  $Q_{max}$  que llamamos  $Q_0$ .

$V_l$  → Velocidad límite. Se da cuando  $Q=0$ . Toma distintos valores según sea la herramienta.

$V_p$  → Velocidad práctica límite.

Las velocidades aptas para el mecanizado serán las que estén comprendidas entre  $V_0$  y  $V_p$ .

## Parámetros que influyen sobre la velocidad de corte

Vemos la influencia de diversos parámetros en la velocidad de corte:

**Naturaleza del material de la herramienta:** El poder de corte aumenta con la calidad de la herramienta. Tendremos mayores velocidades de corte y mayores caudales de viruta entre afilados. (Fig.7)

**Naturaleza del material de la pieza:** La economía en el mecanizado aumenta al disminuir la resistencia del material a trabajar ya que aumenta el caudal de viruta arrancada y la velocidad de corte empleada. (Fig. 8)

**Máquina empleada:** La propia condición de la máquina que usemos nos obliga a variar la velocidad de mínimo desgaste. (Fig. 9)

**Refrigeración:** El rápido desgaste de la herramienta se debe sobre todo al calor que se produce durante el corte. El refrigerante absorbe este calor y aumenta por tanto la duración del filo de la herramienta y el caudal de viruta entre afilados. (Fig. 10)

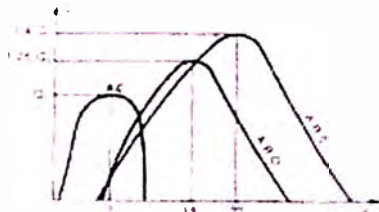


Fig.007. Naturaleza material

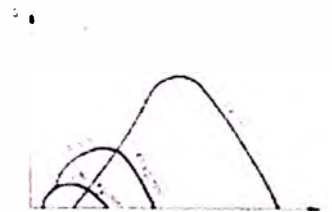


Fig.008. Material pieza



Fig. 009. Máquina

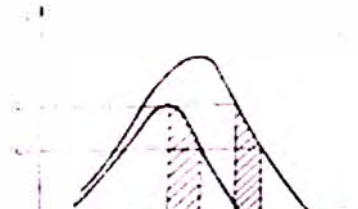


Fig. 010. Refrigeración

**Ley de rendimiento constante.** El rendimiento de una herramienta es el volumen de viruta en  $\text{dm}^3$  que esta puede arrancar entre dosafilados consecutivos. Se denota por  $Q$  y  $Q_{\text{max}}$  lo tendremos como ya vimos antes cuando estemos en  $V_0$ .

Se calcula como:

$$Q = a \cdot p \cdot V \cdot T \quad (9)$$

con:

$Q \equiv$  Volumen de viruta entre dosafilados consecutivos  $\text{dm}^3$

$a \equiv$  Avance en  $\text{dm/rev}$ .

$p \equiv$  Penetración en  $\text{dm}$ .

$V \equiv$  Velocidad de corte en  $\text{dm/min}$ .

$T \equiv$  Tiempo entreafilados en  $\text{min}$ .

Cuanto mayor es la sección de la viruta (manteniendo los demás factores constantes) mayores son los esfuerzos de corte y el calor generado y menor es la vida de la herramienta.

La geometría de la herramienta de corte utilizada, para el cálculo de los parámetros de corte de la tabla (1) es la de la tabla (3). En ella, se especifican también los coeficientes, pro los que hay que multiplicar la velocidad de corte, dependiendo de la operación realizada y del tipo de trabajo.

**TABLA 1: VALORES DE K PARA ACEROS Y FUNDICIONES**

Dureza Brinell HB	Resistencia a la tracción daN/mm <sup>2</sup>	Mecanizado de Acero			A.R16 18%W		Ver Tabla	
		Herramienta de Metal Duro			Ver Tabla	Fundición	Fundición	Ver Tabla
		Mat. Bue Cal	Mat. Med. Cal	Mat.	2	nodular	maleable	2
				Ant				
100	35	361	282	150	85	-	240	50
125	44	283	213	113	64	-	200	40
150	53	224	169	90	51	-	160	35
175	61	183	138	73	42	220	130	30
200	70	150	113	60	34	125	100	25
225	79	133	100	53	30	90	80	20
250	87	113	85	45	26	70	60	-
275	96	101	76	41	23	65	45	-
300	105	89	67	36	20	65	70	-
325	117	84	63	33	-	-	-	-
350	122	76	57	30	-	-	-	-
375	133	68	51	27	-	-	-	-
400	140	63	47	25	-	-	-	-

El valor de Kv se multiplica a K si el A.R. es diferente al 16-18% de W

**Tabla 2: Constante modificadora Kv para Acero Rápido**

Tipo de A.R.	%W	%Cr	%V	%C	%Co	%Mn	Coeficiente Kv		
							sin riego	con riego	
								medio	máximo
14-4-1	14	4	1	0,7 a 0,8	-	-	0,83	1,04	1,17
18-4-1	18	4	1	0,7 a 0,75	-	-	0,94	1,18	1,32
18-4-2	18	4	2	0,8 a 0,85	-	0,75	1,00	1,25	1,40
18-4-2	18	4	2	0,8 a 0,85	10	0,75	1,28	1,60	1,80
18-4-3	18	4	3	0,85 a 1,1	-	-	1,08	1,35	1,51
20-4-2	20	4	2	0,8 a 0,85	18	1,00	1,33	1,67	1,86

**Tabla 3: Exponentes de la ecuación de Kronenberg (férreos)**

	Herramienta de metal duro			Herramienta de acero rápido	
	H. de media o alta calidad sobre acero	H. normal sobre acero	Sobre fundición	Sobre acero	Sobre fundición
<b>F</b>	0,28	0,28	0,20	0,28	0,20
<b>G</b>	0,14	0,14	0,10	0,14	0,10
<b>N</b>	0,30	0,67	0,25	0,15	0,25

#### **1.4.- Sistemas C.A.D. C.A.M. C.N.C.**

Dentro de los principales procesos de fabricación aplicados a sector metal mecánico tenemos los siguientes:

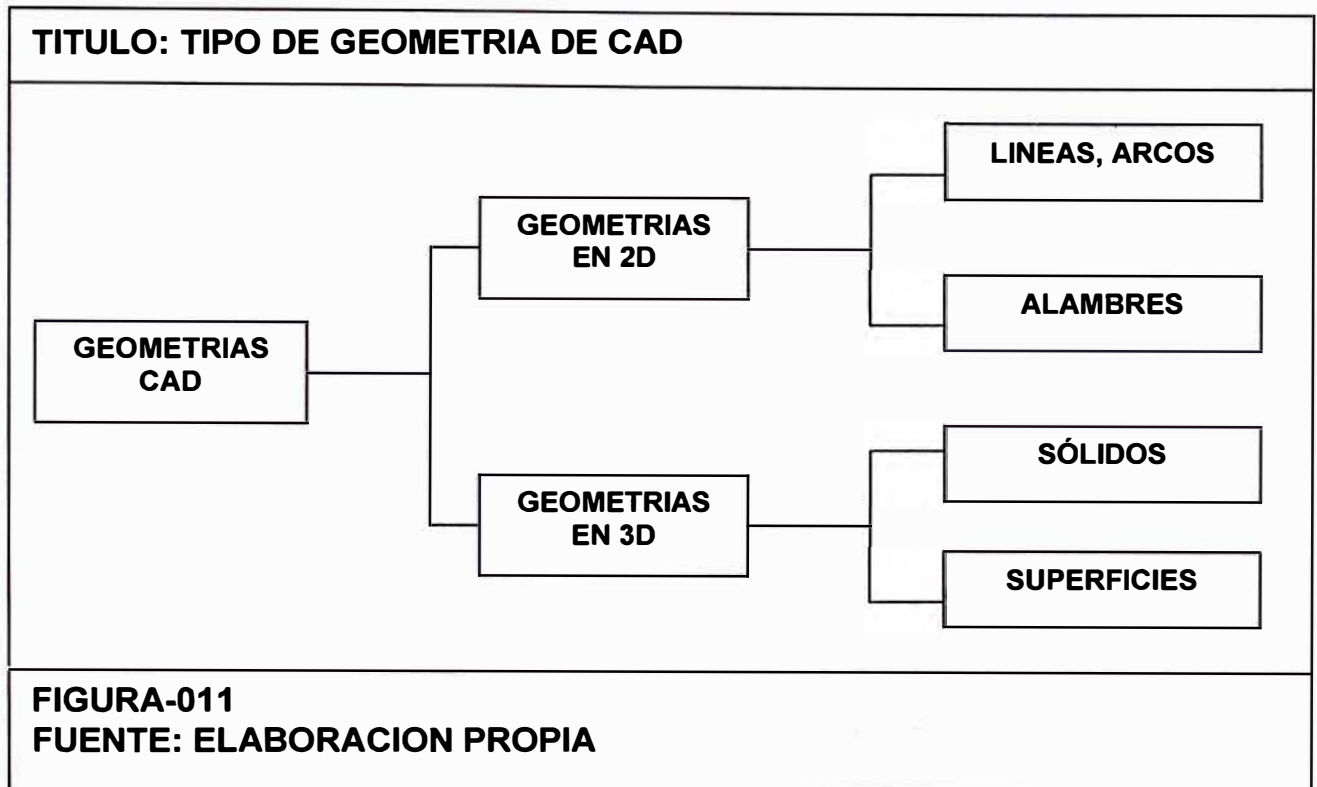
- Diseño asistido por computadora (CAD)
- Manufactura asistida por computadora (CAM)
- Planeamiento de procesos asistida por computadora (CAPP)

##### **1.4.1.-Diseño Asistido por Computadora ( CAD )**

Es un concepto global que resume todas las actividades en las que se utiliza la informática de forma directa o indirecta, dentro del marco de las actividades de desarrollo y diseño. En un sentido más estricto, esto se refiere a la generación gráfica e interactiva y logrando la manipulación de una representación digital de un objeto, por ejemplo mediante la preparación de un dibujo bidimensional o tridimensional según sea su requerimiento.

Detalle de características de un modelo CAD:

- Establecimiento del esquema
- Especificaciones del producto
- Establecimiento de la lista de piezas del diseño



Como podemos observar en el flujo grama básico de división sobre las características que presentan los software, esto nos permite tener múltiples aplicación las cuales ofrecen muchas ventajas, según su aplicación del desarrollo de geometría que deseamos hacer, no debemos olvidar que los software CAD tan solo son herramientas que nos permiten agilizar diseño y por consiguiente la reducción de tiempos, pero lo mas importante detrás de todo software CAD es el recurso humano, que es el encargado de darle valor agregado mas importante a un diseño.

Por lo tanto, el CAD se entiende como un sistema informático de ayuda al diseño. El proyectista ya no trabaja sobre el tablero sino en la pantalla. Pueden aprovecharse los datos registrados en la base de datos sobre características de la producción, fórmulas, cuadros, etc.

Además de los cálculos de diseño, pueden llevarse a cabo cálculo de costos previo, a fin de establecer la rentabilidad de las diferentes variantes de diseño.

A menudo el proyectista puede disponer de otras informaciones relativas a piezas disponibles, como piezas normalizadas, así como su utilización en otros productos. Mediante la utilización de sistemas CAD se puede reducir notablemente el tiempo de preparación de variantes de diseño y sus adaptaciones, si bien en los diseños de nueva planta el ahorro de tiempo es prácticamente nulo.

Basándose en los requisitos establecidos, la sección de proyectos diseña y detalla la forma, función y dimensiones de piezas y subconjuntos, los calcula y simula eventualmente la interacción o el montaje. De ahí resulta la lista de despiece del proyecto.

#### **1.4.2.-Manufactura asistida por computadora (CAM)**

Los computadores han sido introducidos desde los años 60s en el proceso de control de manufactura industrial, tales como las plantas químicas, plantas de ensamblaje automotriz, refinerías etc. En los últimos años el progreso en la tecnología de sistemas, software, electrónica, mecánica y potencia permiten el desarrollo de fábricas que elaboran una gran variedad de productos por jornada, utilizando los mismos equipos de producción.

En los años 70' no era posible la elaboración de muchos productos debido a las técnicas mecánicas que se utilizaban, las cuales eran muy rígidas. Es por ello que se desarrollan las nuevas técnicas flexibles generadas por computador, donde los nuevos sistemas denominados CAM dan una rápida solución, aunque presentan serios problemas económicos para su implementación.

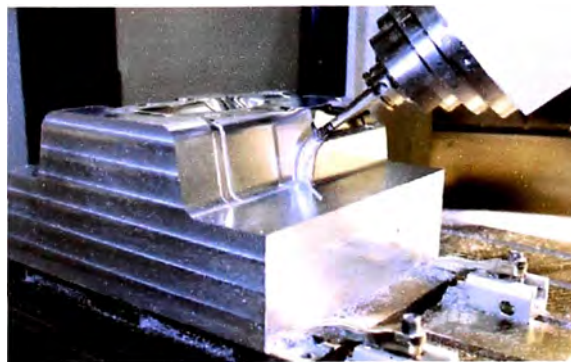


Se denomina CAM al control y supervisión técnica, asistidos por computador, de los medios de producción empleados en la fabricación de los objetos. Esto se refiere al control directo de las instalaciones técnicas de proceso, medios de producción, equipos de manipulación y sistemas de transporte y almacén.



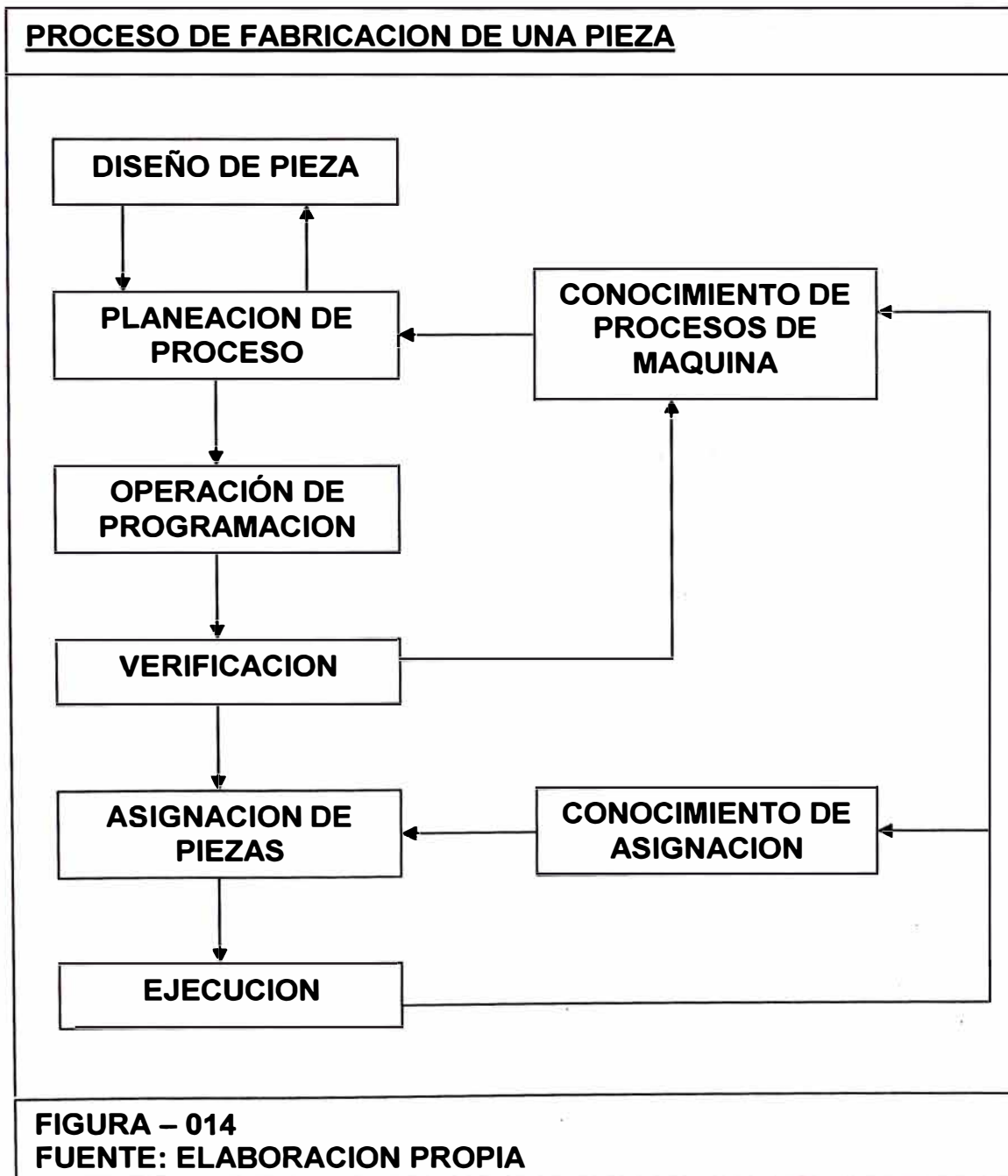
**FIGURA-012**  
**FUENTE: INTERNET**

El ámbito del CAM se encuentra en el ámbito operativo y logístico de la producción de una empresa. Abarca todos los detalles que pueden describirse utilizando los conceptos de fabricación, flujo de materiales y conservación, lo que incluye la automatización de todos los campos próximos a la producción



**FIGURA – 013**  
**FUENTE : INTERNET**

Desde la entrada de mercancías, almacén, fabricación de piezas y montaje, hasta las secciones de verificación y expedición.



### **1.4.3. La Integración CAD CAM**

El Diseño y la fabricación asistidos por computador (CAD/CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costos y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos, para reducir los costos (tiempo y dinero) en el desarrollo de los productos y en su fabricación.

El uso cooperativo de herramientas de diseño y de fabricación ha dado lugar a la aparición de una nueva tecnología denominada 'Manufactura Integrada por Computador' e incluso se habla de la 'Gestión Integrada por Computador' como el ultimo escalón de automatización hacia el que todas las empresas deben orientar sus esfuerzos. Esta tecnología consiste en la gestión integral de todas las actividades y procesos desarrollados dentro de una empresa mediante un sistema informático.

### **1.4.4.- Planeamiento de procesos asistida por computadora (CAPP)**

La planificación de procesos asistida por computador, CAPP, ha sido reconocida como una de las tareas más importantes en la investigación de la ingeniería de fabricación, en el esfuerzo de unir

varios modelos en el ambiente de fabricación integrada por computador.

El CAPP ha sido dirigida por varios investigadores para ayudar a establecer un puente entre el CAD y el CAM a través de la mejora en la planificación de procesos. Establecimiento y secuenciación de procesos, máquinas, utillajes, herramientas y parámetros de corte

#### **1.4.5.- PLANIFICACIÓN DE PROCESOS**

El objetivo de la planificación de fabricación es coordinar dos tipos de actividades y restricciones (diseño de intenciones y acciones de fabricación) para que una unidad de producción efectiva pueda ser creada. (Ham and Lu, 1988) La finalidad de la planificación de procesos es seleccionar y definir, en detalle, el proceso que debe ser ejecutado con el fin de transformar un material en bruto en una forma dada. El objetivo primario es definir procesos factibles.

El costo y la producción son objetivos secundarios y los recursos disponibles (máquinas, herramienta, herramientas de corte y trabajo) actúan como restricciones.

##### **1.4.5.1.-ENFOQUE MANUAL**

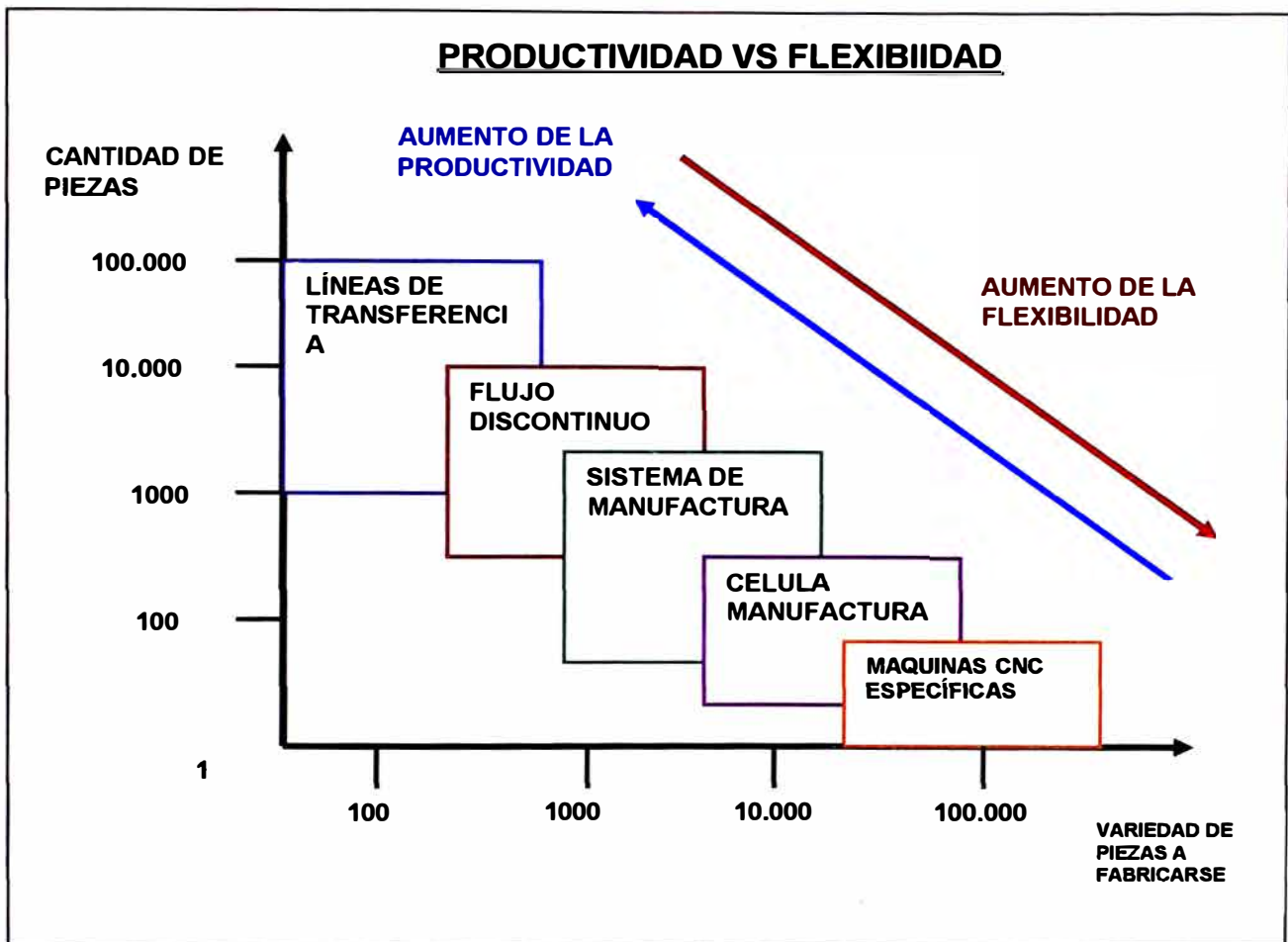
El enfoque de partida, el manual o tradicional implica examinar el dibujo de una pieza de ingeniería y desarrollar planes de procesos de fabricación e instrucciones basándose en el conocimiento de los procesos y las capacidades de la máquinas, de las herramientas, material.

#### **1.4.5.2.-ENFOQUE VARIANTE**

Este enfoque es comparable con el manual, donde un plan de proceso para una pieza nueva es creado para volver a llamar, identificar y reencontrar un plan existente para una pieza similar (a veces llamada pieza master, (Alting L.and Zhang H., 1989) y haciendo las modificaciones necesarias para la pieza nueva.

#### **1.4.5.3.- ENFOQUE GENERATIVO**

En este enfoque los planes son generados por medio de lógicas de decisión, fórmulas algoritmos tecnológicos y datos basados en geometrías para representar únicamente las muchas decisiones de procesado para convertir una pieza desde el material bruto hasta el estado acabado.



**CUADRO-003 / Fuente:** Fundamentos de Manufactura Moderna, materiales, procesos y sistemas / Prentice Hall Hispanoamericana.

Para la investigación se centrara en el estudios de máquinas de control numérico computarizado C.N.C. las cuales nos brindan una gran flexibilidad de la producción de piezas, pero un gran problema que se presenta es la productividad para poder planificar correctamente los tiempos totales de fabricación, para el ramo de piezas de producción en serie, el grupo de piezas en las cuales se va a desarrollar el estudio es de piezas de materiales en barras y en placas.

## **1.5.-Sistemas Flow Shop**

Una división clásica de los posibles problemas de secuenciación es según el tipo de taller. Se dividen en Flow-shop y en Job-shop. Flow-shop es cuando todas las órdenes recorren el taller siguiendo exactamente la misma ruta de máquinas.

### **1.5.1 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN**

La planeación y programación de la producción "son el conjunto de funciones que tienen como objetivo la previsión y coordinación de los medios y trabajos a realizar, de forma tal que se puedan definir los plazos de entrega de los productos, así como fabricarlos en el menor tiempo posible. Para ello es necesario un sistema, unas técnicas de trabajo y unos servicios que permitan lograr los objetivos señalados"

En las actividades de planeación y programación de las operaciones se consideran generalmente tres horizontes de tiempo, largo plazo: se realiza para tiempos mayores a un año, mediano plazo: se realiza mensual o trimestralmente para períodos que varían entre seis y dieciocho meses y corto plazo: se realiza para periodos menores a seis meses, el lapso de tiempo para el cual se planea la producción está determinado entre otros factores por la disponibilidad de los recursos, la naturaleza del proceso como tal ( tiempos de ciclo) y las características del producto.

En el ámbito industrial actual las técnicas de planeación y programación más comúnmente utilizadas son:

**MRP:** es un método en el cual se determinan el número de partes, componentes y materiales, necesarios para producir cada artículo, partiendo de pronósticos de la demanda, al igual que el tiempo en el que debe ordenarse o producirse cada una de las mismas, es muy utilizado en

industrias que fabrican lotes de productos utilizando un mismo equipo de producción.

Entre los conceptos básicos de este sistema se cuenta el de ventana congelada o de estabilidad la cual se refiere al periodo de tiempo durante el cual la programación es fija y no es posible realizar cambios adicionales.

JIT: las características más representativas de este método son: altos volúmenes de producción, altos niveles de calidad, eliminación de desperdicios en materiales, tiempos, operaciones, entre otros, combinados con inventarios mínimos de materias primas y productos en proceso y terminados, la lógica en este método, se basa en producir lo que es demandado y en el momento preciso.

Teoría de Restricciones: esta técnica tiene como objetivo equilibrar el flujo del producto a través del proceso productivo, para lo cual es necesario identificar aquellos recursos que actúan como restricciones en el flujo (cuellos de botella o embotellamientos) y explotarlos, lo cual consiste en hacerlos tan efectivos como sea posible y posteriormente alinear los demás recursos, de tal forma que apoyen la restricción.

### **1.5.2 SECUENCIACIÓN**

La secuenciación juega un rol muy importante dentro del proceso de toma de decisiones en una empresa, es usada en muchas de las áreas de la misma, tales como: producción, transporte y distribución y en procesos de información y comunicación, ésta utiliza métodos matemáticos o heurísticos para asignar una serie de recursos limitados al procesamiento de tareas. La adecuada asignación de los recursos, le permite a una compañía optimizar sus objetivos y alcanzar sus metas. Los recursos pueden ser máquinas: en un centro de trabajo, dispositivos en una máquina, etc. Las tareas pueden ser: operaciones en un centro de trabajo y estas a su vez tienen un nivel de prioridad, un tiempo de inicio y una fecha de entrega.



Los objetivos de la secuenciación toman otras formas tales como, minimizar el tiempo de procesamiento en el que todas las tareas serán completadas o minimizar el número de tareas que son completadas después de la fecha de entrega pactada.

Para una empresa manufacturera la secuenciación se encuentra asociada a unos recursos y unas tareas y consiste en que cuando llega una orden a piso se convierte en trabajo con una fecha de entrega, estos trabajos a su vez deben ser procesados en determinadas máquinas y según una secuencia o ruta de proceso y para esto y la programación de esta tarea, es necesario tener en cuenta cuando una máquina esta ocupada con otra orden y el nivel de prioridad de la orden entrante. Este método se puede ver afectado cuando se tienen eventos inesperados como: paros en la máquina o tiempos muy largos de procesamiento.

Adicionalmente la secuenciación también depende de si el proceso de planeación de producción es a corto, mediano o largo plazo, es por esto que las decisiones realizadas con tan alto grado de planeación se deben tomar de una manera integrada ya que pueden afectar directamente el proceso. Actualmente se utiliza el sistema MRP (Planeación de Requerimiento de Materiales), el cual hace uso de un listado de materiales (BOM), que reconoce el inventario en cada parte y utiliza técnicas de tamaño de lote; sin embargo en procesos muy complejos el MRP arroja una secuenciación satisfactoria.

### **1.5.3 MODELOS DE SECUENCIACIÓN**

Los modelos de secuenciación se caracterizan por la configuración de las máquinas o recursos, por el nivel de automatización, por las restricciones del proceso y por los objetivos a cumplir.

#### **1.5.3.1 Configuración de las máquinas.**

- Secuenciación en sistemas con máquinas solas: este sistema identifica el cuello de botella del proceso y alrededor de él se realiza la secuenciación de

Los trabajos.

- Secuenciación en sistemas con máquinas en paralelo: este sistema es una generalización del anterior. Un entorno de producción consiste en un número de estaciones o centros de trabajo cada uno con un cierto número de máquinas en paralelo. Las máquinas son iguales y cuando llega un trabajo a ese centro de trabajo puede ser procesado por cualquier máquina que se encuentre disponible. La importancia de este sistema radica en que si se tiene un centro de trabajo cuello de botella la secuenciación de ese centro de trabajo es quien determina el cumplimiento del resto de operaciones.

Es importante resaltar que las máquinas no tienen que ser iguales sino que algunas son más viejas que otras o con mayor rapidez para realizar una operación, la secuenciación permite programar el trabajo teniendo en cuenta las máquinas en paralelo que se tengan.

- Secuenciación en sistemas Flow Shop: en este sistema la ruta de proceso de todos los trabajos es idéntica, es decir que los trabajos recorren las máquinas en un mismo orden. Las máquinas se encuentran configuradas en serie y cuando un trabajo es completado en una máquina pasa a la cola siguiente. En este sistema, un trabajo no necesariamente debe pasar por todas las máquinas.

Para nuestro caso específico, es relevante definir el sistema de flow shop flexible, que es una generalización del flow shop y consiste en un número de estaciones en serie con máquinas ubicadas en paralelo en cada centro de trabajo. Los trabajos son procesados en cada estación por cualquier máquina que se encuentre disponible (paralelo).

## **1.6.-Técnicas de Minería de Datos**

### **MINERIA DE DATOS**

Las técnicas de minería de datos se emplean para mejorar el rendimiento de los procesos de los negocios o industriales en los que se manejan grandes volúmenes de información estructurada y almacenada en base de datos.

Se trata de un proceso analítico diseñado para explorar grandes volúmenes de datos con el objeto de descubrir patrones y modelos de comportamiento o relaciones entre diferentes variables. Esto permite generar conocimiento que ayuda a mejorar la toma de decisiones de los procesos fundamentales de negocio.

La minería de datos permite obtener valor a partir de la información que registran y manejan las empresas, lo que ayuda a dirigir esfuerzos de mejora respaldados en datos históricos de diversa índole.

Se usan con éxito en aplicación de control de procesos productivos, como herramienta de ayuda a la planificación y a la decisión.

### **Fases de un proyecto de minería de datos**

Los pasos a seguir para la realización de un proyecto de minería de datos son siempre los mismos, independientemente de la técnica especificada de la extracción de conocimiento usada

### **Filtrado de datos**

El formato de los datos contenidos en la fuente de datos nunca es el idóneo, y la mayoría de las veces no es posible ni siquiera ningún algoritmo de minería sobre los datos

Mediante el procesado, se filtran los datos de forma que se eliminan valores incorrectos, no validos, desconocidos según las necesidades y el algoritmo a usar, se obtienen muestras de los mismos en busca de la mayor velocidad de respuestas del proceso o se reducen de valores posibles mediante un redondeo.

### **Selección de variables**

Los datos luego de haber sido preprocesados, en la mayoría de los casos se tienen una cantidad ingente de datos. La selección de características reduce el tamaño de los datos eligiendo las variables más influyentes en el problema, sin apenas sacrificar la calida del modelo de conocimiento obtenido del proceso de minería

Los métodos para la selección de las características son básicamente dos que son los siguientes:

Aquellos basados en la elección de los mejores atributos del problema

Aquellos que buscan variables independientes mediante tests de sensibilidad, algoritmos de distancia heurísticos.

### **Algoritmos de extracción de conocimiento**

Mediante una técnica de minería de datos, se obtiene un conocimiento, que representa patrones de comportamiento observados en los valores de las variables del problema o relaciones de asociación entre dichas variables. También pueden usarse generalmente cada técnica obliga a un preprocesado diferentes de los datos

### **Interpretación y evaluación**

Una vez obtenido el modelo, se debe proceder a su validación, comprobando que las conclusiones que arroja son validas y suficientemente satisfactorias. En el caso de haber obtenido varios modelos mediante el uso de distintas técnicas, se deben comparar los modelos en busca de aquel que se ajuste mejor al problema. Si ninguno de los modelos alcanza los resultados esperados, debe alterarse alguno de los pasos anteriores para generar nuevos modelos.

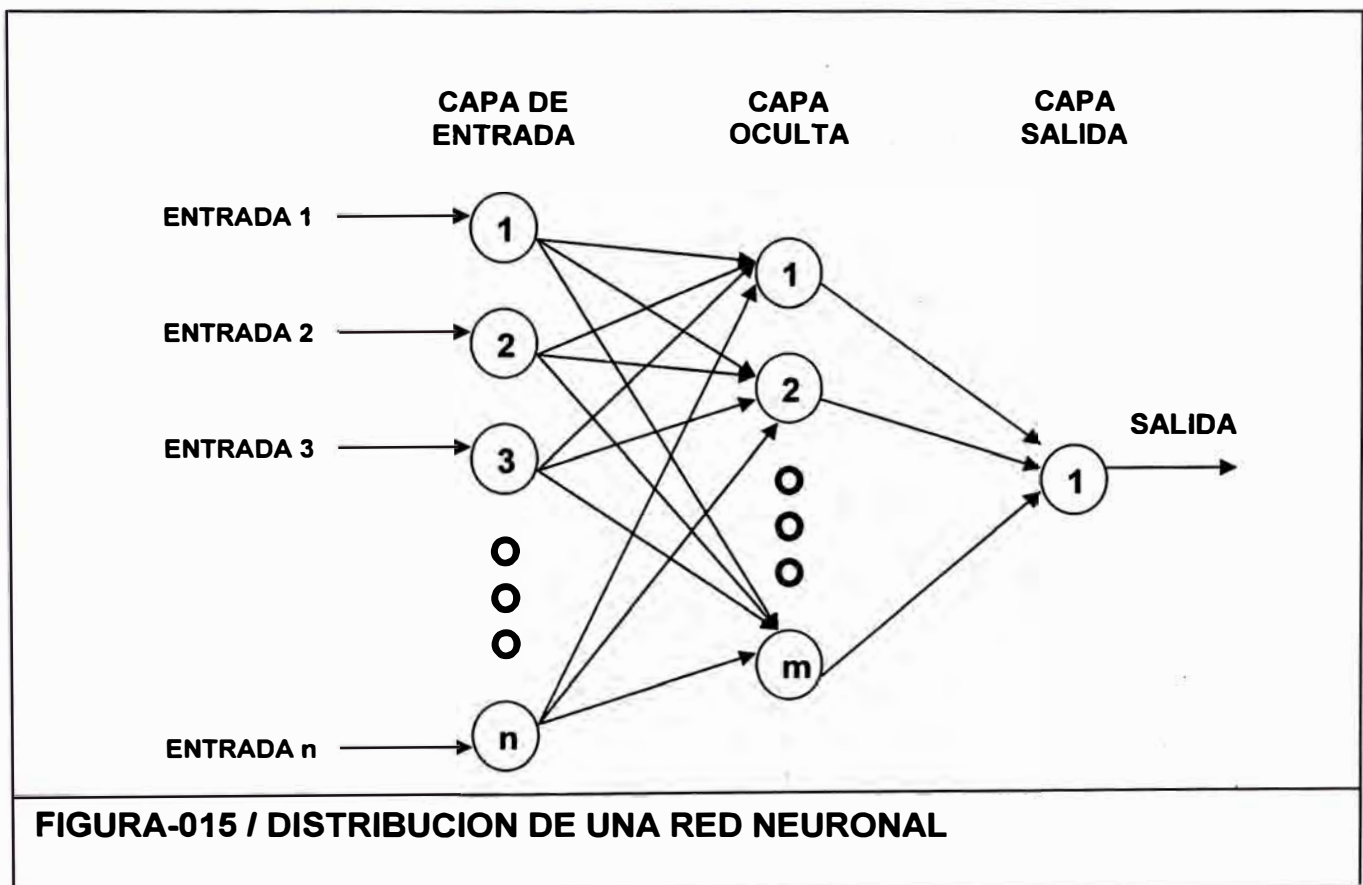
#### **1.6.1.-Redes Neuronales**

Referidas habitualmente de forma más sencilla como redes de neuronas, las redes neuronales artificiales RNA, son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales.

Consiste en simular las propiedades observadas en los sistemas neuronales biológicos a través de modelos matemáticos recreados

mediante mecanismos artificiales (como un circuito integrado, un ordenador o un conjunto de válvulas) el objetivo es de conseguir que las máquinas den respuestas similares a las que es capaz el cerebro que se caracterizan por su generalización y su robustez.

A continuación mostramos un ejemplo de una red neuronal artificial de tipo perceptrón simple con  $n$  neuronas de entradas,  $m$  neuronas en su capa oculta y una neurona de salida.



Las redes neuronales pueden ser aplicadas a la construcción de generalizaciones o cubrimientos que caractericen grandes grupos de datos ya que adquieren conocimiento integrador de información durante el

proceso de ajuste de los pesos de las conexiones entre neuronas que las integran, tiene la ventaja de ser tolerantes al ruido y la capacidad de extender la generalización al momento de necesitar manipular los nuevos datos

### **1.6.1.2.-Red neuronal Backpropagation**

#### **Antecedentes**

La regla de aprendizaje del perceptrón de Rosenblatt y el algoritmo LMS de Widrow y Hoff fueron diseñados para entrenar redes de una sola capa. Estas redes tienen la desventaja que solo pueden resolver problemas linealmente separables, fue esto lo que llevó al surgimiento de las redes multicapas para superar esta dificultad en las redes hasta entonces conocidas

El primer algoritmo de entrenamiento para redes multicapas fue desarrollada por Paul Werbos 1974, este se desarrolló en un contexto general, para cualquier tipo de redes, siendo las redes neuronales una aplicación especial, razón por la cual el algoritmo no fue aceptado dentro de la comunidad de desarrolladores de redes neuronales. Fue solo hasta mediados de los años 80 cuando el algoritmo Backpropagation o algoritmo de propagación inversa fue redescubierto al mismo tiempo por varios investigadores, David Rumelhart, Geoffrey Hinton y Ronald Williams, David Perker y Yann Le Cun.

Uno de los grandes avances logrados con las redes neuronales backpropagation es que esta red aprovecha la naturaleza paralela de las redes neuronales para reducir el tiempo requerido por un procesador secuencial para determinar la correspondencia entre patrones dados. Además el tiempo de desarrollo de cualquier sistema que se esté tratando de analizar se puede reducir como consecuencia de que la red puede

aprender el algoritmo correcto sin que alguien tenga que deducir por anticipado el algoritmo en cuestión

La mayoría de los sistemas actuales de cómputo se han diseñado para llevar a cabo funciones matemáticas y lógicas a una velocidad que resulta asombrosamente alta para el ser humano. Sin embargo la destreza matemática no es lo que se necesita para solucionar problemas de reconocimiento de patrones en entornos ruidoso, características que incluso dentro de un espacio de entrada relativamente pequeño, puede llegar a consumir mucho tiempo. El problema es la naturaleza secuencial del propio computador; el ciclo tomar- ejecutar la naturaleza Von Neuman sólo permite que la máquina realice una operación a la vez. En la mayoría de los casos, el tiempo que se necesita la máquina para llevar a cabo cada instrucción es tan breve (típicamente una millonésima de segundo) que el tiempo necesario para un programa, así sea muy grande, no es significativo para los usuarios. Sin embargo, para aquellas aplicaciones que deban explorar un gran espacio de entrada o que intentan correlacionar todas las permutaciones posibles de un conjunto de patrones muy complejo, el tiempo de computación necesario se hace bastante grande

Lo que se necesita es un nuevo sistema de procesamiento que se capaz de examinar todos los patrones en paralelo. Idealmente ese sistema no tendría que ser programado explícitamente, lo que haría es adaptarse a sí mismo para aprender la relación entre un conjunto de patrones dado como ejemplo y ser capaz de aplicar la misma relación a nuevos patrones de entrada .

Este sistema debe estar en capacidad de concentrarse en las características de una entrada arbitraria que se asemeje a otros patrones vistos previamente, sin que ninguna señal de ruido lo afecte. Este sistema fue el gran aporte de la red de propagación inversa Backpropagation.



La red Backpropagation es un tipo de red de aprendizaje supervisado, que emplea un ciclo de propagación – adaptación de dos fases. Una vez que se ha aplicado un patrón a la entrada de la red como estímulo, éste se propaga desde la primera capa a través de las capas superiores de la red, hasta generar una salida. La señal de salida se compara con la salida deseada y se calcula una señal de error para cada una de las salidas.

Las salidas de error se propagan hacia atrás, partiendo de la capa de salida, hacia todas las neuronas de la capa oculta que contribuyen directamente a la salida. Sin embargo las neuronas de la capa oculta sólo reciben una fracción de la señal total del error, basándose aproximadamente en la contribución relativa que haya aportado cada neurona a la salida original. Este proceso se repite, capa por capa, hasta que todas las neuronas de la red hayan recibido una señal de error percibida, se actualizan los pesos de conexión de cada neurona, para hacer que la red converja hacia un estado que permita clasificar correctamente todos los patrones de entrenamiento

La importancia de este proceso consiste en que, a medida que se entrena la red, las neuronas de las capas intermedias se organizan a sí mismas de tal modo que las distintas neuronas aprenden a reconocer distintas características del espacio total de entrada. Después del entrenamiento, cuando se le presente un patrón arbitrario de entrada que contengan ruido o que esté incompleto, las neuronas de la capa oculta de la red responderán con una salida activa si la nueva entrada contiene un patrón que se asemeje a aquella característica que las neuronas individuales hayan aprendido a reconocer durante su entrenamiento. Y a la inversa, las unidades de las capas ocultas tienen una tendencia a inhibir su salida si el patrón de entrada no contiene la característica para reconocer, para la cual han sido entrenadas.

Varias investigaciones han demostrado que, durante el proceso de entrenamiento de la red Backpropagation tiende a desarrollar relaciones internas entre neuronas con el fin de organizar los datos de entrenamiento de clase. Esta tendencia se puede extrapolar, para llegar a la hipótesis consistente en que todas las unidades de la capa oculta Backpropagation son asociadas de alguna manera a las características específicas de patrón de entrada consecuencia del entrenamiento. Lo que sea o no exactamente la asociación puede no resultar evidente para el observador humano, lo importante es que la red ha encontrado una representación interna que le permite generar las salidas deseadas cuando se le dan las entradas, en el proceso de entrenamiento. Esta misma representación interna se puede aplicar a entradas que la red no hay visto antes, y la red clasificará estas entradas según las características que compartan.

## **CAPITULO II**

### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES O NACIONALES**

**Título:** Scheduling parallel CNC machines with time/Cost trade-Off considerations

**Autores:** Sinna Gurel M. / Selim Aktur

**País:** Turquía

**Universidad:** University Bilkent

#### **RESUMEN**

Cuando los tiempos de procesamiento de los trabajos se pueden controlar, los tiempos de procesamiento seleccionados afectan tanto al costo de fabricación y programación el cual es aplicado en el proceso de torneado.

El Costo de fabricación de una operación de giro es una función no lineal convexa de su tiempo de procesamiento. También sabemos que la programación y las decisiones son muy sensibles a los tiempos de procesamiento. Por lo tanto, este trabajo considera que minimiza el costo total de fabricación y el total de la finalización del tiempo los objetivos de manera simultánea en máquinas idénticas en paralelo CNC. Dado que la disminución de procesamiento de tiempo de trabajo aumenta su costo de fabricación, no podemos minimizar ambos objetivos al mismo tiempo.

**Titulo:** Minimizing cycle time in a blocking flowshop

**Autores:** Kamal Abadi Nicholas G / Chelliah Sriskandarajah

**País:** E.E.U.U.

**Universidad:** University of Texas at Dallas

## **RESUMEN**

En este artículo, los autores consideran un Blocking Flowshop donde cada máquina procesa una pequeña parte del producto con el fin de minimizar los tiempos de ciclo o incrementar el throughput. Anteriormente a este artículo, los autores presentaron un procedimiento heurístico que resolvía problemas con 9 máquinas y 25 trabajos, con un error relativo al promedio de un 3% pero en algunas ocasiones el error se incrementaba hasta un 10%.

La idea es de poder disminuir el procesamiento de las operaciones, establece una conexión matemática precisa entre este problema y un Flowshop sin esperas.

Esto permite que un procedimiento heurístico para flowshops sin esperas, se adapte como un procedimiento heurístico para un blocking flowshop. Los resultados presentados en este artículo muestran errores relativos promedio menores al 2% para problemas con 20 máquinas y 250 trabajos

**Titulo:** Scheduling of Multi-class Single-Server queues under nontraditional performance measures

**Autores:** Hayriye Ayhan / Tava Lennon Olsen

**País:** E.E.U.U.

**Universidad:** University of Michigan

## **RESUMEN**

El modelo básico que proponen los autores es un centro de máquina donde solo una máquina, procesa productos de varios tipos. Asumen que no existe retroalimentación entre los diferentes clases y que los arribos de los diferentes tipos de trabajos son mutuamente independiente. Consideran ambiente donde la producciones MAKE TO ORDER

Comentan que la política para secuenciar trabajos SEPT minimiza el promedio de tiempo de Throughput para este tipo de sistemas así como la política de producción del tipo FIFO la cual minimiza la varianza del Throughput en comparación con las otras políticas existente

Ellos consideran un sistema de producción multi clases sin tiempos de preparación, donde varias clases de trabajos comparten un solo servidor. El parámetro tradicional para secuenciar estos sistemas es la media del tiempo de Throughput. Sin embargo, la media del tiempo de Throughput puede no ser el único parámetro de importancia en sistema real en particular la varianza del tiempo de throughput y de los percentil es del tiempo pueden ser igualmente importantes, presentan dos procedimientos heurísticos que están basados en un sistema e tráfico pesado que poseen un buen comportamiento con respecto a estos parámetros no convencionales.

**Titulo:** Effective sequencing rules for closed manufacturing networks

**Autores:** Wendell G. Gillanda

**País:** E.E.U.U.

**Universidad:** University of North Carolina

## **RESUMEN**

En esta investigación se analiza el control de una red cerrada de máquinas en las cuales se busca minimizar el tiempo ocioso de las máquinas en un sistema donde los recursos son compartidos por varios productos, las políticas de secuenciado pueden tener un impacto significativo en el funcionamiento de la red de proceso. EL autor en este artículo usa el modelo aproximado de Brownian, que le ayuda a desarrollar políticas que disminuyen el promedio de tiempo ocioso en los recursos. A pesar del hecho de que el modelo Brownian se basa en el tráfico pesado de los altos niveles de utilización del recurso el procedimiento de la programación de máquina propuesto proporciona mejoras para sistemas con niveles moderados de utilización de la capacidad, en la cual desarrollaron también una política estática basada en el análisis del modelo aproximado de Brownian y la demostración de los beneficios de su política sobre muchos modelos tradicionales de programación.

En este caso el autor argumenta que inclusive la política puede ser mejorada ya que algunos casos esta provoca tiempo ocioso en el servidor. Se muestra vía simulación que la política propuesta reduce el tiempo de procesamiento por más del 20% en comparación con la política de Chevalier-Wein y que este beneficio se incrementa a medida que aumenta la utilización en los servidores. La magnitud de beneficio en términos de reducción del proceso de trabajo

### CAPITULO III

## PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas en la planificación de procesos en empresas industriales son muy frecuentes, la propuesta del presente trabajo de investigación consiste en analizar los sistemas de producción del tipo flow shop, para la fabricación de piezas mecánicas.

Estos tipos de sistemas de producción son utilizados en el sector industrial en empresas del sector metal mecánico, específicamente en procesos de fabricación por arranque de viruta.

El estudio permitirá analizar los tiempos de preparación dentro de los procesos de mecanizado que se basan en técnicas del tipo **MTM**. Uno de los principales problemas que se presentan en el proceso de la planeación de la producción radica en el hecho de que solo se consideran los tiempos de operación y no los tiempos de preparación en la programación de la producción.

En general, los algoritmos que se aplican para los procesos de mecanizado, no consideran los tiempos de preparación de los procesos de fabricación, los cuales son importantes tal como se pretende demostrar en el presente trabajo de investigación.

Los actuales estudios en los procesos de fabricación están enfocados en las características de las herramientas de corte o en los algoritmos de mecanizado incluidos en la tecnología CAM pero no en la integración de diseño CAD (Diseño Asistido por Computadora) lo cual

se ve reflejado al intentar la integración de sistemas CAPP (Planeamiento de Procesos Asistida por Computador)

### **3.1.-DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los estudios actuales sobre los problemas de la programación de la producción del tipo Flow Shop, no permiten adaptarse a las condiciones propias de cada empresa. El uso de técnicas de minería de datos permitirá generar un conocimiento de las condiciones propias de cada máquina herramienta que existen en las empresas, por que no se podría generar un estándar en las características propias de cada empresa. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar un sistema de planeamiento de procesos de fabricación y la programación de la producción para poder optimizar los tiempos de fabricación.

#### **SUB PROBLEMA-1**

¿Que ventajas se consiguen al conocer las características propias de cada máquina herramienta durante los tiempos de preparación para un proceso de mecanizado?

#### **SUB PROBLEMA -2**

¿Que ventajas se consiguen al lograr una correcta programación de la producción aplicando técnicas Flow Shop?



### **3.2.-Objetivos de la investigación**

#### **3.2.1.-OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de planeamiento de los procesos de fabricación que nos permita resolver los problemas de programación de la producción para la fabricación de piezas con un enfoque a nivel operacional Enfocado a la planeación operacional que busca la optimización y minimización de los tiempos de fabricación.

#### **3.2.2.-OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Conocer las características de los diferentes tipos de máquinas herramientas durante el proceso de fabricación utilizando técnicas de minería de datos.
- Lograr una optima **programación de la producción** en máquinas herramientas empleando técnicas matemáticas.

### **3.3.-Justificación y delimitación de la investigación**

#### **3.4.-IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN**

- Los problemas de programación de la producción son comunes en plantas de producción, debido a la variabilidad de procesos que se presentan en la fabricación piezas mecanizadas.

- Existencia de software de planeamiento de procesos asistida por computadora CAPP, que no consideran los tiempos de preparación en la fabricación de piezas en las máquinas herramientas.
- La retroalimentación (feedback) en los procesos de fabricación, permite actualizar la información de cada máquina y así una correcta programación de la producción permitirá lograr un conocimiento de las mismas.

### **3.5.-DELIMITACIÓN**

El estudio, considera resolver problemas de programación de la producción en empresas del sector metal mecánico específicamente en la fabricación piezas mecánicas por arranque de viruta en los procesos de fabricación. Existen condiciones externas al proceso de mecanizado, que deben de ser considerados para obtener una buena programación de la producción como son: mantenimiento de máquinas, falla de máquina, etc.

Los puntos que aborda la investigación son los siguientes:

## **ALGORITMO DE SECUENCIACIÓN DINÁMICA Y TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS.**

- El algoritmo está enfocado a situaciones reales de procesos de fabricación y se puede cambiar según las restricciones de la política de producción de cada empresa. Las técnicas de minería de datos permitirán aprender las condiciones reales de fabricación.
- La primera parte esta enfocado al estudio de un grupo de máquinas herramientas.

### **TIPO DE PIEZA.**

Para desarrollar correctamente una programación de la producción se debe evitar un desarrollo erróneo de la geometría con el software de diseño. Una inadecuada información en el tipo de material, las tolerancias de posición, y las tolerancias de ajuste.

En una primera etapa se desarrollara en geometrías de dos dimensiones básicas para posteriormente ir desarrollando el estudio en geometrías de tres dimensiones.

### **VARIACIONES EN LOS PROCESOS DE MECANIZADO.**

La programación de la producción depende de un orden en los procesos de mecanizado (orden lógico de mecanizado), el cual es cargado en el modelo como restricción para la función objetivo, Los cambios en los procesos de mecanizado por un criterio erróneo de

fabricación (orden de proceso de mecanizado), implicará un desarrollo erróneo de la programación de la producción y de la aplicación de la técnica de minería de datos.

### **SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA.**

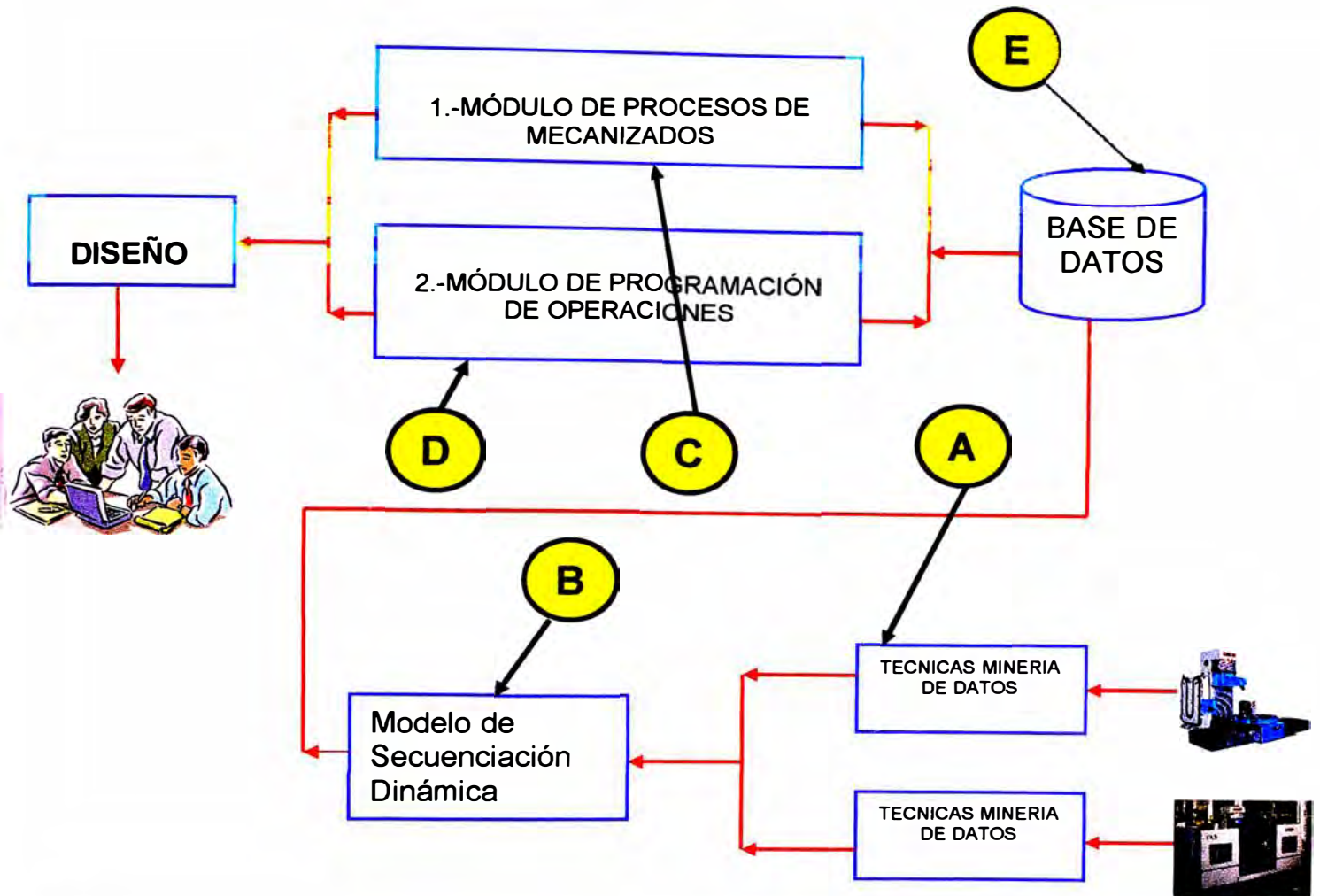
Es muy importante la selección adecuada del tipo de material y de las herramientas que se utilizarán en el proceso de mecanizado .El criterio y la experiencia del planificador mejorará el uso del algoritmo de programación de la producción.

### **TIPO DE MÁQUINA**

Es de vital importancia conocer las condiciones reales de operaciones de máquinas herramientas como son alineamiento de ejes, exactitud de carros, desplazamiento máximo de ejes, etc.

Estas condiciones influirían en el algoritmo de programación de la producción.

No se consideran máquinas de tipo de mecanizado de alta velocidad, ya que en la actualidad no existen en el mercado nacional.



**CUADRO-004 / FUENTE: Elaboración Propia**

Se puede apreciar el desarrollo del sistema que parte de un diseño en CAD, para luego planear una estrategia de mecanizado el cual con lleva a analizar las características propias del diseño, cantidad de piezas y la cual va a generar un proceso de fabricación a la cual se denominara Hoja de proceso, Con los datos de la Hoja de proceso evaluara el plan de producción necesario.

(A) El entrenamiento de la red neuronal se basa en poder predecir el tiempo de preparación en función a los tiempos de operación  $TO$  para los procesos de mecanizado

(B) Para el modelo de secuenciación dinámica los datos de input son los tiempos reales que son  $TF=TO+TP$  a diferencia de otros estudios es que el TP no puede ser predecir y es por esta razón que el resultados del modelo de secuenciación es inadecuado

(C) Se presentan la vinculación con las técnicas de minería de datos

(D) Se presentan todas las operaciones de mecanizado

(E) Es donde se agrupan todas las observaciones que se realizan del entrenamiento para las técnicas de minería de datos

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DE CASO DE APLICACIÓN**

El presente caso de aplicación se describe a continuación:

#### **4.1.-Desarrollo de modelo de optimización**

En esta investigación se analiza la fabricación de piezas unitarias y por lotes dentro de lo que se considera la secuencia particular de fabricación de cada tipo de piezas. En la industria en general la variedad de problemas que se presentan son muy particulares por está gran variedad de restricciones que se presentan serian muy generales y difíciles de estudiar, por lo cual está investigación se centra en forma especifica para en una empresa. nos centraremos en ciertas restricciones para nuestro estudio, dentro del modelo de optimización estudiaremos la importancia que se presentan en los tiempos de preparacion dentro los procesos de fabricación y la importancia que se da dentro del desarrollo del modelo de optimización.

El objetivo al controlar una red cerrada de maquinaria es minimizar el tiempo ocioso de las máquinas, en un sistema de fabricación donde los recursos son compartidos por varios productos, las políticas de secuencia pueden tener un impacto significativo en el funcionamiento de la red de la empresa.

La programación de las operaciones de trabajo en la cual se va a desarrollar es en el sistema tipo Flow shop, las consideraciones que se toman para este tipo de problema se adoptan ciertas hipótesis del sistema flow shop Buzzo y Moccellin (2000, p365) en las cuales destacan las siguientes características

- Cada máquina está disponible continuamente sin interrupciones.
- Cada máquina puede procesar solo una tarea a la vez
- Cada tarea puede ser procesada por una máquina cada vez
- Los tiempos de procesamiento de las tareas son conocidos y fijos
- Las tareas tienen los mismos datos de la liberación, a partir de la cual puede ser programada y ejecutada
- Los tiempos de preparación de las operaciones en las diversas máquinas son incluidas en los tiempos de procesamiento e independiente de la secuencia de las operaciones en cada máquina
- Las operaciones en las diversas máquinas, una vez iniciada no deben ser interrumpidas

Woo y Yim (1998, p176) y Framinan, Leisten y Rajendran (2003, p123) describen el algoritmo de NEH propuesto por NAWAZ que recibía esa nomenclatura en función de las iniciales de los investigadores.

Weng (2000, p1360) afirma que este algoritmo parece ser el mejor heurística para minimizar el MAKESPAN

NEH se basa en la priorización de las tareas que necesitan de mayor tiempo para ser procesadas. Los siguientes pasos son necesarios para obtener una solución:

PASO-1.-Calcular para cada tarea la suma de los tiempos de procesamiento en todas las máquinas.

PASO-2.-Ordenar las n tareas de acuerdo con los valores decrecientes de la suma de los tiempos de procesamiento.

PASO-3.-Seleccionar las dos primeras tareas del ordenamiento y encontrar la secuencia que minimiza la duración de toda la programación.

PASO-4.-Para K variando de 3 antes de hacer

- Seleccionar las tareas que ocupa la K-esima posición en el ordenamiento obtenida en el paso 2.
- Examinar las k posibilidades de incrementar las tareas en la secuencia, adoptando aquella que lleva la menor duración

Numero total de iteraciones de este algoritmo y se presentan en la ecuación 1 en donde n y el numero de tareas y serán procesadas.

El número de iteraciones necesarias para validar todas las combinaciones

$$\text{Número Total de Iteraciones} = (N(N+1) / 2 ) - 1$$



## **4.2.-Aplicación de Minería de datos**

El estudio se centra en los tiempos de preparación por que estos tiempos son muy representativos en los procesos de fabricación (López Miranda-URP/PERU-2008) en la tesis mencionada se presentaron el análisis de los tiempos de preparación empleando pronósticos lineales, para poder predecir estos tiempos en los cuales se observaron un comportamiento de los tiempos de preparación de aproximadamente entre un 20% a 30% de los tiempos de fabricación.

Lo que busca el este estudio el poder lograr la aplicación de las técnicas de minería de datos específicamente con la aplicación de redes neuronales del tipo background, para poder entrenarlas y lograr predecir los tiempos de preparación que se presentan en los procesos de fabricación  $TF=TO+TP$

### **CARACTERÍSTICAS DE ENTRENAMIENTO**

Los parámetros que se emplearon para poder decir las variables para el entrenamiento se consideran en las variables de las piezas a mecanizar que se detallan a continuación:

**Número de operaciones.-** Referido a las operaciones de mecanizado que se realizan las piezas mecanizadas, las cuales son validas para torno y fresadora.

**Longitud máxima de la pieza.-**Es la longitud de las piezas observadas, las cuales son validas para torno y fresadora.

**Diámetro máximo de la pieza.-**Es el diámetro de las pieza, las cuales son validas solo para torno.

**Ancho máximo de la pieza.-** Es la longitud de las piezas observadas, las cuales son validas para fresadora.

**Espesor máximo de la pieza.-** Es el espesor de las piezas observadas, las cuales son validas para fresadora.

Y todos los tiempos de preparación que ya han sido mencionados en la tesis, todas estas variables dimensionales son consideradas en pieza en bruto como las medidas máximas las cuales no coinciden generalmente con las dimensiones de los planos finales.

Dentro del desarrollo de la tesis se busco emplear diferentes técnicas de minería de datos las cuales mencionamos a continuación.

- **Aplicación del método de NNCLASS.-** El objetivo fue de poder verificar los rangos de los tiempos de preparación en los tiempos de fabricación.
- **Aplicación del RNA PERCEPTRON.-** Predicción de tiempos de preparación en los procesos de mecanizado.

## NNCLASS

Para el presente trabajo se busco hacer una clasificación de los tiempos de preparación como la suma total de todos los tiempos ya que se analiza como el tiempo total de preparación, dentro de los cuales se consideran los siguientes

### 1. Variables

- 1.-En general para un proceso de fabricación se necesita cerca de un 42% en tiempos de Preparación
- 2.-En general para un proceso de fabricación solo solo el 58% representa el proceso operativo de fabricación
- 3.-El tiempo de Montaje (  $T_m$  ) representa en promedio 18%
- 4.-El tiempo de Centraje (  $T_c$  ) representa en promedio 6%
- 5.-El tiempo de Cambio de Inserto (  $T_{ci}$  ) representa en promedio 6%
- 6.-El tiempo de Control de Medida (  $T_{cm}$  ) representa en promedio 6%
- 7.-El tiempo de Desmontaje (  $T_d$  ) representa en promedio 6%
- 8.-El tiempo de (  $T_m$  ) representa en promedio 58%

### 2. Categorización del tiempo total de preparación

Tiempo total		
Desde	Hasta	CATEGORIA
29.5	29.7	OPTIMO
29.8	29.9	MEDOPTIMO
30.0	31.0	MEDLENTO
31.1	32.2	LENTO

### 3. Datos

<b>DATOS QUE INGRESAN A NNCLASS</b>						
	<b>cont</b>	<b>cont</b>	<b>cont</b>	<b>cont</b>	<b>cont</b>	<b>Output</b>
<b>Total</b>	<b>Tm</b>	<b>Tc</b>	<b>Tci</b>	<b>Tcm</b>	<b>Td</b>	<b>CATEGORIA</b>
29.9	5.1	2.0	1.4	1.5	1.9	MEDOPTIMO
30.9	5.2	1.9	2.1	1.5	2.1	MEDLENTA
30.0	6.0	1.6	1.7	1.3	1.4	MEDLENTA
30.8	5.6	2.0	2.0	1.6	1.6	MEDLENTA
30.5	5.4	2.0	1.3	2.2	1.6	MEDLENTA
30.8	6.1	1.9	1.8	1.5	1.4	MEDLENTA
29.8	4.6	1.4	1.9	2.0	1.9	MEDOPTIMO
31.5	5.4	2.1	2.3	2.0	1.6	LENTA
29.5	5.3	1.4	1.5	1.9	1.4	OPTIMO
31.5	6.0	1.7	1.4	2.2	2.2	LENTA
30.2	5.9	1.7	1.2	1.9	1.6	MEDLENTA
30.7	5.8	2.0	1.6	1.5	1.9	MEDLENTA
30.0	4.6	2.0	1.9	1.4	2.2	MEDLENTA
31.8	6.2	2.2	2.3	1.4	1.7	LENTA
31.7	6.1	2.1	1.4	2.3	1.8	LENTA
29.5	5.3	1.4	1.5	1.9	1.4	OPTIMO
30.2	5.8	1.2	1.6	1.5	2.0	MEDLENTA
30.0	5.1	1.6	1.4	1.5	2.3	MEDLENTA
29.9	5.1	2.0	1.4	1.5	1.9	MEDOPTIMO
29.6	5.0	2.0	1.4	1.4	1.8	OPTIMO
30.8	5.9	1.5	1.9	2.0	1.5	MEDLENTA
30.8	6.1	1.9	1.8	1.5	1.4	MEDLENTA
29.7	4.6	1.7	1.9	2.0	1.5	OPTIMO
29.7	5.5	1.4	2.2	1.2	1.4	OPTIMO
30.0	5.1	1.6	1.4	1.5	2.3	MEDLENTA
31.7	6.1	2.1	1.4	2.3	1.8	LENTA
29.8	5.1	1.1	1.8	2.2	1.5	MEDOPTIMO
30.4	5.6	1.5	1.6	1.8	2.0	MEDLENTA
30.9	5.7	2.2	1.3	1.9	1.9	MEDLENTA
31.0	6.1	1.7	1.4	2.1	1.8	MEDLENTA
32.2	5.8	2.0	2.0	2.3	2.0	LENTA

30.8	6.1	1.9	1.8	1.5	1.4	MEDLENTO
30.7	5.8	2.0	1.6	1.5	1.9	MEDLENTO
31.0	5.1	2.1	1.9	2.4	1.5	MEDLENTO
30.6	5.4	1.4	2.4	1.5	1.9	MEDLENTO
30.5	5.4	1.7	1.8	1.5	2.1	MEDLENTO
29.9	5.3	1.6	1.8	1.5	1.7	MEDOPTIMO
30.6	5.4	1.4	2.4	1.5	1.9	MEDLENTOL
30.0	6.0	1.6	1.7	1.3	1.4	MEDLENTO
30.0	6.0	1.6	1.7	1.3	1.4	MEDLENTO
29.9	5.4	1.3	1.7	2.0	1.5	MEDOPTIMO
32.0	5.9	1.6	2.2	2.2	2.2	LENTO
32.0	5.9	1.6	2.2	2.2	2.2	LENTO
30.5	5.4	2.0	1.3	2.2	1.6	MEDLENTO
29.9	5.1	2.0	1.4	1.5	1.9	MEDOPTIMO
29.5	5.3	1.4	1.5	1.9	1.4	OPTIMO
30.3	5.7	1.7	1.3	1.8	1.7	MEDLENTO
31.0	5.1	2.1	1.9	2.4	1.5	MEDLENTO
31.0	5.9	1.6	1.8	2.0	1.7	MEDLENTO
31.1	5.4	1.8	2.2	1.7	2.0	LENTO
29.7	5.5	1.4	2.2	1.2	1.4	OPTIMO
30.5	5.4	1.7	1.8	1.5	2.1	MEDLENTO
31.2	5.3	2.1	2.3	1.6	2.0	LENTO
29.7	4.6	1.7	1.9	2.0	1.5	OPTIMO
29.9	5.2	1.8	1.3	1.8	1.7	MEDOPTIMO
30.5	5.5	2.0	1.4	2.2	1.4	MEDLENTO
31.4	5.5	2.2	1.7	2.2	1.8	LENTO
30.1	5.2	2.2	1.8	1.7	1.2	MEDLENTO
30.3	5.4	1.7	1.4	1.7	2.0	MEDLENTO
30.6	4.9	1.9	2.0	1.9	1.9	MEDLENTO
30.2	5.8	1.2	1.6	1.5	2.0	MEDLENTO
29.9	5.1	2.0	1.4	1.5	1.9	MEDOPTIMO
31.1	5.4	1.8	2.2	1.7	2.0	LENTO
29.9	5.4	1.3	1.7	2.0	1.5	MEDOPTIMO
30.1	5.2	2.2	1.8	1.7	1.2	MEDLENTO
31.3	5.5	1.9	1.6	2.2	2.1	LENTO
32.2	5.8	2.0	2.0	2.3	2.0	LENTO
30.8	5.9	1.5	1.9	2.0	1.5	MEDLENTO

31.0	5.1	2.1	1.9	2.4	1.5	MEDLENTO
31.6	6.2	1.7	2.2	2.2	1.4	LENTO
29.9	5.1	2.0	1.4	1.5	1.9	MEDOPTIMO
29.5	5.3	1.4	1.5	1.9	1.4	OPTIMO
29.8	4.6	1.4	1.9	2.0	1.9	MEDOPTIMO
29.6	5.0	2.1	1.4	1.7	1.3	OPTIMO
31.0	5.1	2.1	1.9	2.4	1.5	MEDLENTO
30.2	5.7	1.2	1.3	1.8	2.2	MEDLENTO
31.3	5.5	1.9	1.6	2.2	2.1	LENTO
30.5	5.4	1.7	1.8	1.5	2.1	MEDLENTO
30.3	5.7	1.7	1.3	1.8	1.7	MEDLENTO
30.6	4.6	1.7	2.0	2.1	2.1	MEDLENTO
30.3	5.4	1.7	1.4	1.7	2.0	MEDLENTO
30.5	5.4	1.7	1.8	1.5	2.1	MEDLENTO
32.2	5.8	2.0	2.0	2.2	2.2	LENTO
29.5	5.3	1.4	1.5	1.9	1.4	OPTIMO
29.9	5.4	1.4	1.9	1.9	1.3	MEDOPTIMO
31.4	5.5	2.2	1.7	2.2	1.8	LENTO
29.9	5.3	1.6	1.8	1.5	1.7	MEDOPTIMO
30.0	4.6	2.0	1.9	1.4	2.2	MEDLENTO
30.5	5.4	1.7	1.8	1.5	2.1	MEDLENTO
29.7	5.5	1.4	2.2	1.2	1.4	OPTIMO
30.6	4.9	1.9	2.0	1.9	1.9	MEDLENTO
29.8	5.1	1.1	1.8	2.2	1.5	MEDOPTIMO
32.2	5.8	2.0	2.0	2.2	2.2	LENTO
29.9	5.4	1.4	1.9	1.9	1.3	MEDOPTIMO
29.8	4.8	2.0	1.4	1.8	1.8	MEDOPTIMO
30.8	5.6	2.0	2.0	1.6	1.6	MEDLENTO
30.2	5.9	1.7	1.2	1.9	1.6	MEDLENTO
29.9	5.2	1.8	1.3	1.8	1.7	MEDOPTIMO
31.0	5.1	2.1	1.9	2.4	1.5	MEDLENTO
31.0	5.9	1.6	1.8	2.0	1.7	MEDLENTO

#### 4. Luego de correr con NNClass resulta:

X axis is the predictor you have chosen to vary

Y axis is the Score - the scaled output of the network for that category

At any value of X - the category having the highest score is the predicted Class category.

Predictor	Tm	Tc	Tci	Tcm	Td
Fixed Value	5.440	1.755	1.742	1.825	1.752
Min / Max in Original Data (for user's reference only)					
Min	4.55	1.14	1.17	1.21	1.19
Max	6.15	2.23	2.35	2.41	2.31

#### Profile Data

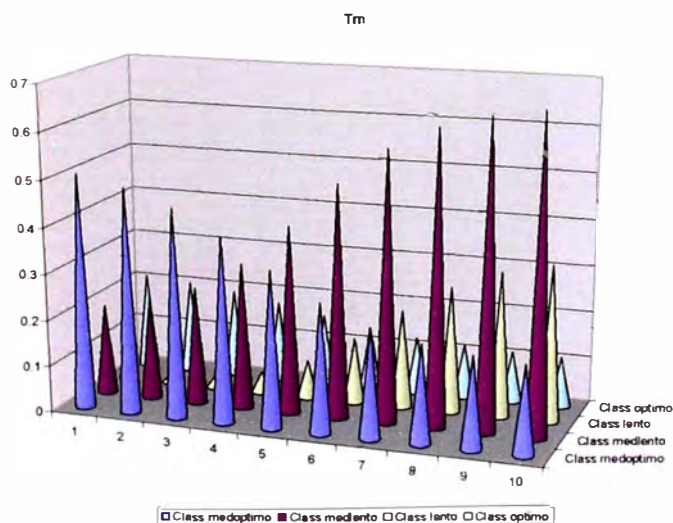
Number of Class

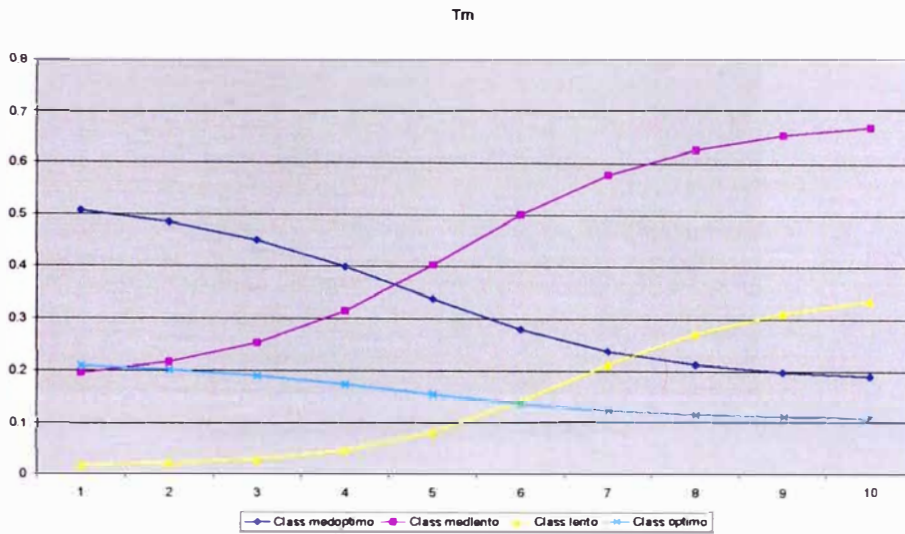
Categories

4

#### 5. Empleando el Profile del NNClass, resulta:

El tiempo de Montaje (Tm )

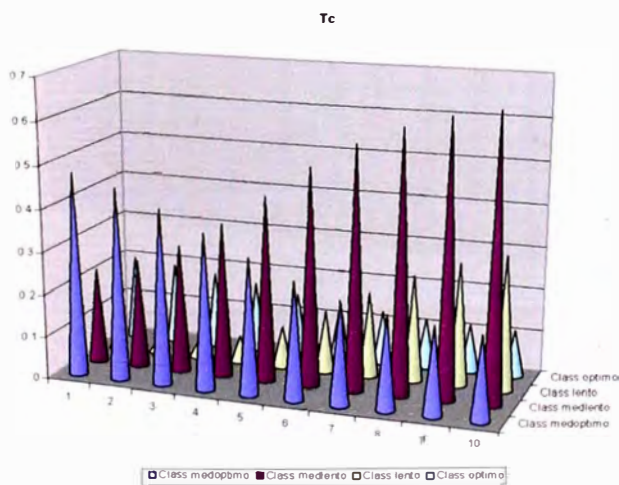




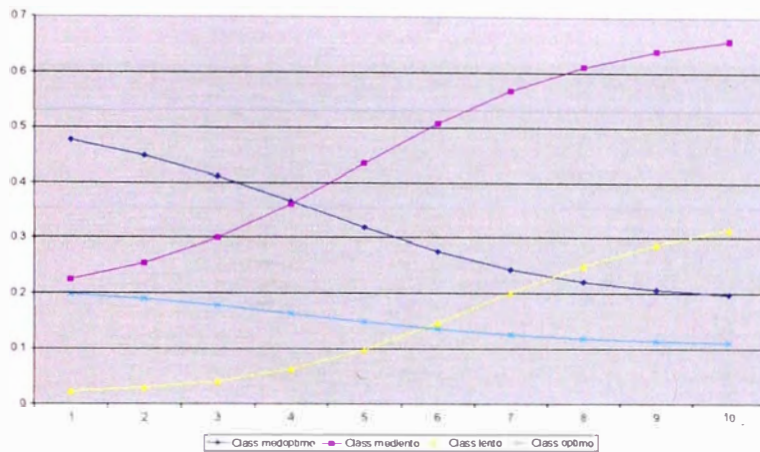
**LECTURA de los gráficos (Tm tiene como rango [4.55, 6.15] )**

Los perfiles indican que para valores bajos de Tm, el tiempo total MEDOPTIMO (medio óptimo) es el más alto, esto quiere decir que este tiempo de producirá con mayor frecuencia y con menor frecuencia: LENTO. Cuando Tm toma valores intermedios de su rango, los tiempos MEDOPTIMO y OPTIMO DECAEN y crecen los tiempos MEDLENTO y LENTO. El más frecuente de estos dos será MEDLENTO (medio lento)

**El tiempo de Centraje (Tc)**



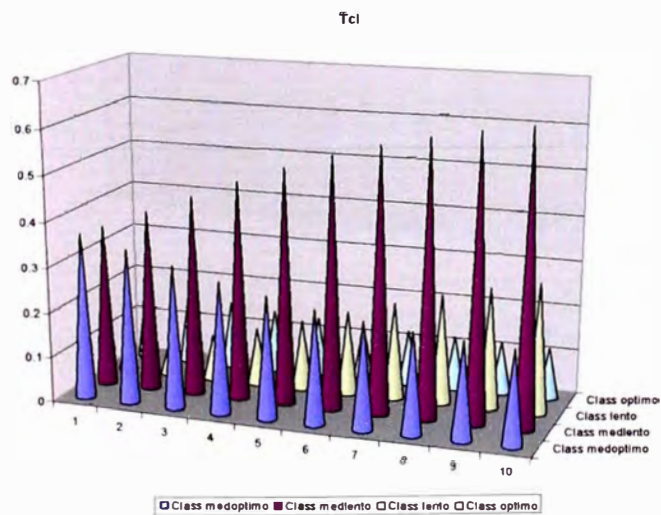


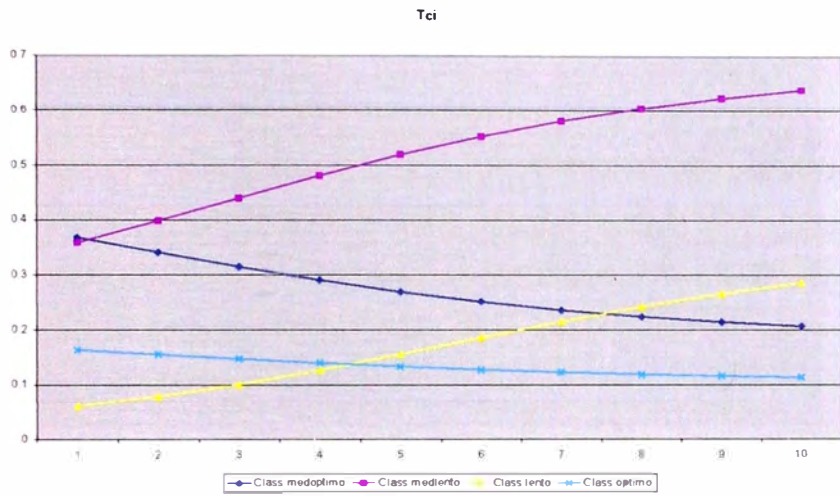


LECTURA:  $T_c$  tiene como rango [1.14, 2.23]

Los perfiles indican que para valores bajos de  $T_c$ , el tiempo MEDOPTIMO (medio óptimo) se dará con mayor frecuencia, le sigue MEDLENTO y OPTIMO. LENTO se dará muy pocas veces. Cuando  $T_m$  toma valores intermedios de su rango, los tiempos MEDOPTIMO y OPTIMO DECAEN y crecen los tiempos MEDLENTO y LENTO

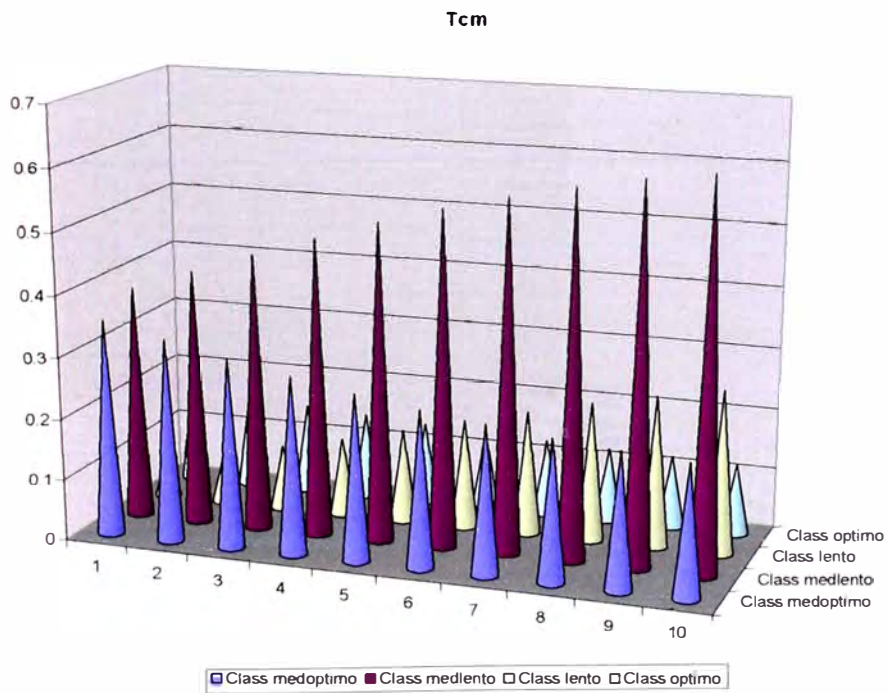
### El tiempo de Cambio de Inserto ( $T_{ci}$ )

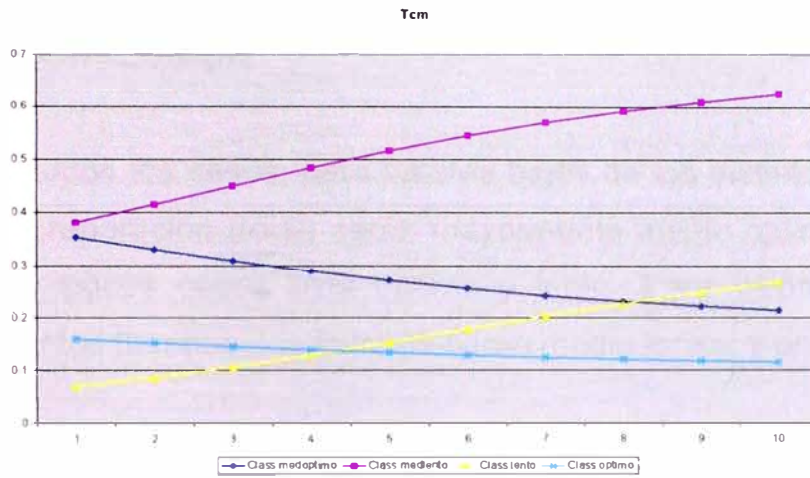




**LECTURA: Tci (similar)**

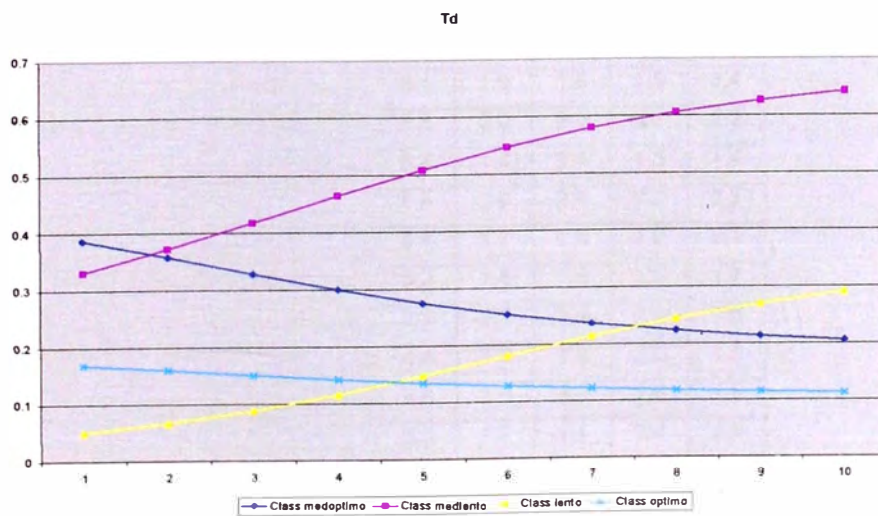
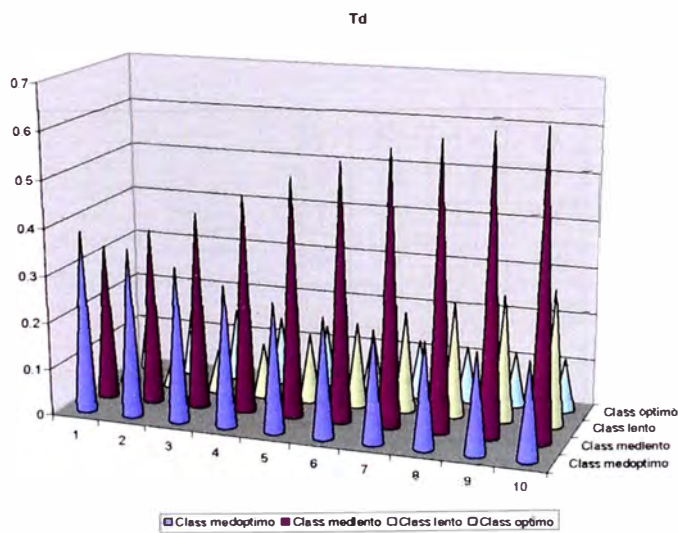
**El tiempo de Control de Medida ( Tcm )**





**LECTURA del Tcm (similar)**

**El tiempo de Desmontaje ( Td )**



**LECTURA del Td (similar)**

#### 4. CONCLUSIÓN

En todos los casos, para valores bajos de los distintos tiempos, los tiempos de preparación (total) serán mayormente medio óptimos y medio lentos, en muy pocos casos será óptimo y *lento*. Para valores grandes de de los distintos tiempos, los tiempos serán medio lentos y en menores casos *lento*.

#### Predicción de tiempos de preparación empleando RNA del tipo PERCEPTRON

1) VALORES DE MATLAB LO QUE SIGUE EN FORMA SUCESIVA:

```
% load all % p=5x100; t=1x100
```

P				
5.1	2.0	1.4	1.5	1.9
5.9	1.6	1.8	2.0	1.7
5.1	2.1	1.9	2.4	1.5
5.9	1.7	1.2	1.9	1.6
5.4	2.0	1.3	2.2	1.6
5.9	1.6	2.2	2.2	2.2
5.3	1.4	1.5	1.9	1.4
5.9	1.5	1.9	2.0	1.5
5.1	2.0	1.4	1.5	1.9
5.5	2.2	1.7	2.2	1.8
5.8	2.0	1.6	1.5	1.9
5.6	2.0	2.0	1.6	1.6
5.4	1.4	1.9	1.9	1.3
6.1	1.9	1.8	1.5	1.4
5.8	2.0	2.0	2.2	2.2
5.4	1.4	2.4	1.5	1.9
5.8	2.0	2.0	2.2	2.2
5.4	1.7	1.8	1.5	2.1
5.3	1.6	1.8	1.5	1.7
6.1	2.1	1.4	2.3	1.8
4.6	1.7	1.9	2.0	1.5
5.6	2.0	2.0	1.6	1.6
6.0	1.7	1.4	2.2	2.2
4.6	1.7	2.0	2.1	2.1
5.8	2.0	1.6	1.5	1.9
4.6	1.4	1.9	2.0	1.9

5.3	1.4	1.5	1.9	1.4
4.9	1.9	2.0	1.9	1.9
5.1	2.1	1.9	2.4	1.5
4.9	1.9	2.0	1.9	1.9
5.3	1.4	1.5	1.9	1.4
5.3	1.4	1.5	1.9	1.4
5.9	1.7	1.2	1.9	1.6
4.6	2.0	1.9	1.4	2.2
5.2	1.8	1.3	1.8	1.7
5.5	1.9	1.6	2.2	2.1
5.5	1.9	1.6	2.2	2.1
5.2	1.8	1.3	1.8	1.7
5.4	1.3	1.7	2.0	1.5
5.5	2.0	1.4	2.2	1.4
5.8	2.0	2.0	2.3	2.0
5.4	1.7	1.8	1.5	2.1
5.7	1.2	1.3	1.8	2.2
5.1	1.1	1.8	2.2	1.5
5.3	1.4	1.5	1.9	1.4
5.4	2.0	1.3	2.2	1.6
5.1	2.1	1.9	2.4	1.5
5.4	1.8	2.2	1.7	2.0
5.4	1.7	1.4	1.7	2.0
5.7	1.7	1.3	1.8	1.7
6.2	2.2	2.3	1.4	1.7
5.4	1.7	1.8	1.5	2.1
5.1	2.1	1.9	2.4	1.5
5.9	1.6	1.8	2.0	1.7
4.6	1.7	1.9	2.0	1.5
5.4	1.7	1.4	1.7	2.0
4.8	2.0	1.4	1.8	1.8
5.6	1.5	1.6	1.8	2.0
5.7	1.7	1.3	1.8	1.7
5.4	2.1	2.3	2.0	1.6
6.0	1.6	1.7	1.3	1.4
5.4	1.4	1.9	1.9	1.3
5.9	1.5	1.9	2.0	1.5
5.3	2.1	2.3	1.6	2.0
5.2	2.2	1.8	1.7	1.2
5.4	1.3	1.7	2.0	1.5
5.1	1.1	1.8	2.2	1.5
5.4	1.7	1.8	1.5	2.1
5.0	2.0	1.4	1.4	1.8
4.6	1.4	1.9	2.0	1.9
5.1	2.0	1.4	1.5	1.9

6.1	1.7	1.4	2.1	1.8
5.8	1.2	1.6	1.5	2.0
5.1	2.0	1.4	1.5	1.9
6.1	2.1	1.4	2.3	1.8
6.2	1.7	2.2	2.2	1.4
5.1	2.0	1.4	1.5	1.9
6.1	1.9	1.8	1.5	1.4
5.5	2.2	1.7	2.2	1.8
5.5	1.4	2.2	1.2	1.4
5.1	1.6	1.4	1.5	2.3
6.1	1.9	1.8	1.5	1.4
6.0	1.6	1.7	1.3	1.4
5.3	1.6	1.8	1.5	1.7
5.0	2.1	1.4	1.7	1.3
5.4	1.8	2.2	1.7	2.0
4.6	2.0	1.9	1.4	2.2
5.9	1.6	2.2	2.2	2.2
5.1	2.1	1.9	2.4	1.5
5.8	2.0	2.0	2.3	2.0
5.2	2.2	1.8	1.7	1.2
5.4	1.4	2.4	1.5	1.9
5.7	2.2	1.3	1.9	1.9
5.1	1.6	1.4	1.5	2.3
5.5	1.4	2.2	1.2	1.4
5.2	1.9	2.1	1.5	2.1
6.0	1.6	1.7	1.3	1.4
5.8	1.2	1.6	1.5	2.0
5.5	1.4	2.2	1.2	1.4
5.4	1.7	1.8	1.5	2.1

<b>t</b>
29.9
31.0
31.0
30.2
30.5
32.0
29.5
30.8
29.9
31.4
30.7
30.8

29.9
30.8
32.2
30.6
32.2
30.5
29.9
31.7
29.7
30.8
31.5
30.6
30.7
29.8
29.5
30.6
31.0
30.6
29.5
29.5
30.2
30.0
29.9
31.3
31.3
29.9
29.9
30.5
32.2
30.5
30.2
29.8
29.5
30.5
31.0
31.1
30.3

30.3
31.8
30.5
31.0
31.0
29.7
30.3
29.8
30.4
30.3
31.5
30.0
29.9
30.8
31.2
30.1
29.9
29.8
30.5
29.6
29.8
29.9
31.0
30.2
29.9
31.7
31.6
29.9
30.8
31.4
29.7
30.0
30.8
30.0
29.9
29.6
31.1



30.0
32.0
31.0
32.2
30.1
30.6
30.9
30.0
29.7
30.9
30.0
30.2
29.7
30.5

```

[pn,ps1] = mapstd(p); % transformación con media y desvStan;pn=5x100
[ptrans,ps2] = processpca(pn,0.001); % transformación; ptrans=5x100
[tn,ts] = mapstd(t); % transformación con media y desvStan; tn=1x100
[T,Q] = size(ptrans); %T=5; Q=100
%equivalencia modulo "4"(positivos):
%[1]={1,5,...,261};
%[2]={2,6,...,262};
%[3]={3,7,...,263};
%[4]={4,8,...,262};
ktst = 2:4:Q; %iitst=2,6,10,...,98;= [2]
kval = 4:4:Q; %iival=4,8,12,...,100;= [4]
ktr = [1:4:Q 3:4:Q]; %iitr=1,5,9,...,99;=[1]; 3,7,11,...,97;=[3]
%Se eligen las componentes de p y t según los índices anteriores
val.P = ptrans(:,kval); %val.P=5x25
val.T = tn(:,kval); %val.T=1x25
test.P = ptrans(:,ktst); %test.P=5x25
test.T = tn(:,ktst); %test.T=1x25
ptr = ptrans(:,ktr); %ptr=5x50
ttr = tn(:,ktr); %ttr=1x50

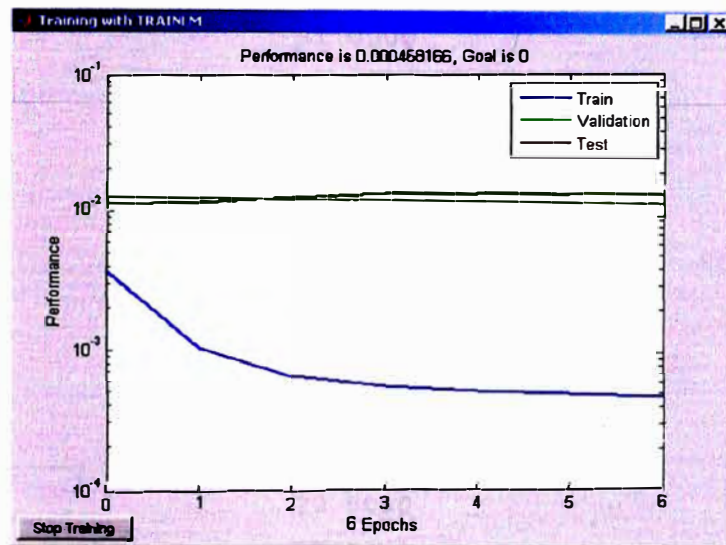
net = newff(minmax(ptr),[5 1],{'tansig' 'purelin'},'trainlm');

```

```
[net, tr]=train(net, ptr, ttr, [], [], val, test);
```

**LA SALIDA ES**

```
TRAINLM-calcjx, Epoch 0/100, MSE 2.28815/0, Gradient 4.40103/1e-010  
TRAINLM-calcjx, Epoch 10/100, MSE 0.000468166/0, Gradient 0.000971029/1e-010  
TRAINLM, Validation stop.
```



```
ta = mapstd('reverse', ttr, ts)
```

```
ta' =
```

```
ans =
```

```
29.9000  
30.5000  
29.9000  
29.9000  
32.2000  
29.7000  
30.7000  
31.0000  
30.2000  
31.3000  
32.2000  
29.5000  
30.3000  
31.0000
```

29.8000  
30.0000  
30.1000  
29.6000  
30.2000  
29.9000  
30.0000  
29.6000  
31.0000  
30.9000  
30.0000  
31.0000  
29.5000  
30.7000  
32.2000  
29.9000  
31.5000  
29.5000  
29.5000  
29.9000  
29.9000  
30.2000  
31.0000  
31.8000  
29.7000  
30.3000  
30.8000  
29.8000  
29.9000  
31.7000  
31.4000  
30.0000  
30.0000  
30.1000  
29.7000  
29.7000

## 2) DATO

```
>>net.IW{1,1}
```

```
% LA SALIDA ES
```

```
ans =
```

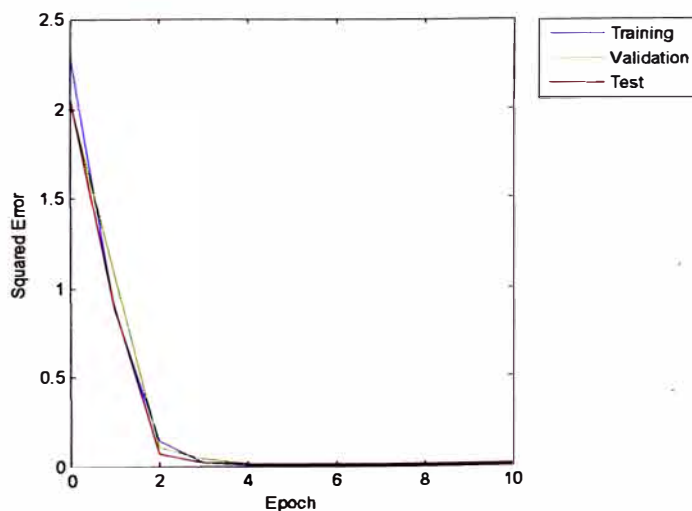
```
0.6449    0.0513    0.6269    0.3372    0.7838
    0.2767   -0.1466   -0.0918   -0.5502   -0.1912
   -0.2347    0.0479    0.2114    0.4524    0.1541
   -0.1029    0.3823   -0.4589    0.4502    0.5213
   -0.3395   -0.4259    0.5856    0.4586   -0.0032
```

## 3) PEGAR

```
ylabel('Squared Error'); % comentario eje Y
xlabel('Epoch')          % comentario eje X
plot(tr.epoch,tr.perf,tr.epoch,tr.vperf,tr.epoch,tr.tperf)
legend('Training','Validation','Test',-1); % cuadro de leyendas
ylabel('Squared Error'); % comentario eje Y
xlabel('Epoch')          % comentario eje X
an = sim(net,ptrans); % simulación de la red
a=mapstd('reverse',an,ts); %inv de transfor con media y ds.
[net,tr]=train(net,ptr,ttr,[],[],val,test);
```

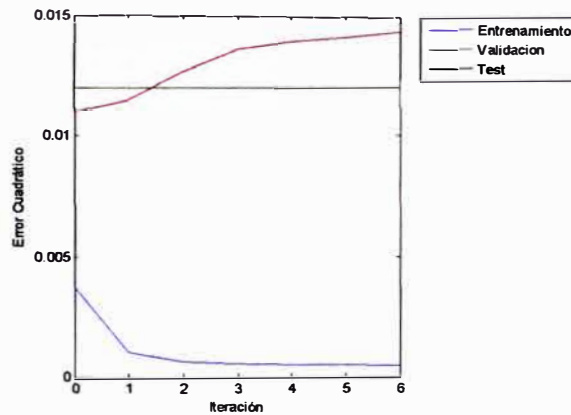
## AL CORRER EL PROGRAMA SALE:

```
TRAINLM-calcjx, Epoch 0/100, MSE 0.00371277/0, Gradient 0.130372/1e-010
TRAINLM-calcjx, Epoch 6/100, MSE 0.000468166/0, Gradient 0.000971029/1e-010
TRAINLM, Validation stop.
```



#### 4) PEGAR PARA VER EL CAMBIO DE LEYENDAS

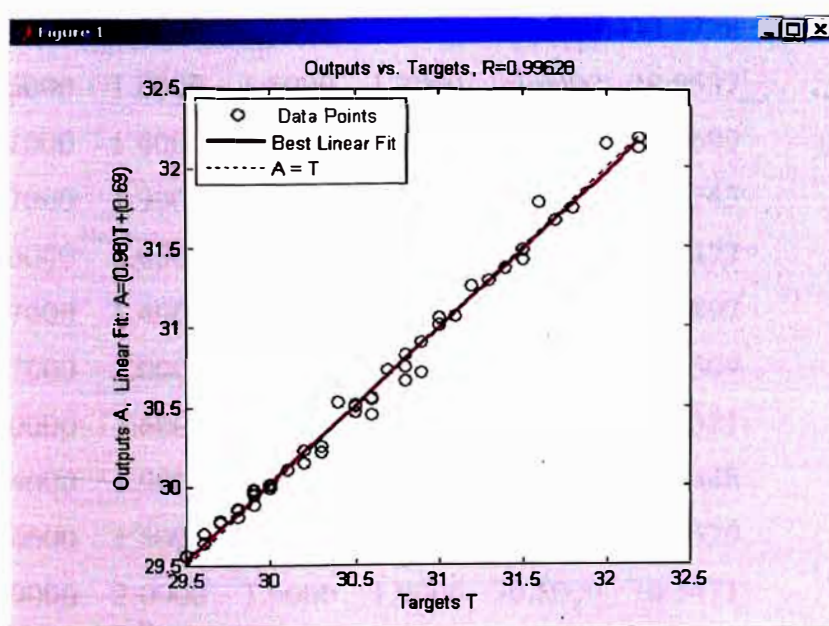
```
>> plot(tr.epoch, tr.perf, tr.epoch, tr.vperf, tr.epoch, tr.tperf)
legend('Entrenamiento','Validacion','Test',-1); % cuadro de leyendas
ylabel('Error Cuadrático'); % comentario eje Y
xlabel('Iteración') % comentario eje X
```



#### 5) PEGAR

```
>> an = sim(net,ptrans); % simulación de la red con entrada ptrans
a = mapstd('reverse',an,ts); % recuperación de "a" a partir de an
postreg(a,t);
```

**LA SALIDA ES**



[p' t' a']

ans =

5.1000	2.0000	1.4000	1.5000	1.9000	29.9000	29.9418
5.9000	1.6000	1.8000	2.0000	1.7000	31.0000	31.0110
5.1000	2.1000	1.9000	2.4000	1.5000	31.0000	31.0114
5.9000	1.7000	1.2000	1.9000	1.6000	30.2000	30.2237
5.4000	2.0000	1.3000	2.2000	1.6000	30.5000	30.5081
5.9000	1.6000	2.2000	2.2000	2.2000	32.0000	32.1552
5.3000	1.4000	1.5000	1.9000	1.4000	29.5000	29.5529
5.9000	1.5000	1.9000	2.0000	1.5000	30.8000	30.8269
5.1000	2.0000	1.4000	1.5000	1.9000	29.9000	29.9418
5.5000	2.2000	1.7000	2.2000	1.8000	31.4000	31.3760
5.8000	2.0000	1.6000	1.5000	1.9000	30.7000	30.7321
5.6000	2.0000	2.0000	1.6000	1.6000	30.8000	30.7477
5.4000	1.4000	1.9000	1.9000	1.3000	29.9000	29.9695
6.1000	1.9000	1.8000	1.5000	1.4000	30.8000	30.6614
5.8000	2.0000	2.0000	2.2000	2.2000	32.2000	32.1926
5.4000	1.4000	2.4000	1.5000	1.9000	30.6000	30.5587
5.8000	2.0000	2.0000	2.2000	2.2000	32.2000	32.1926
5.4000	1.7000	1.8000	1.5000	2.1000	30.5000	30.4728
5.3000	1.6000	1.8000	1.5000	1.7000	29.9000	29.9537
6.1000	2.1000	1.4000	2.3000	1.8000	31.7000	31.6699
4.6000	1.7000	1.9000	2.0000	1.5000	29.7000	29.7743
5.6000	2.0000	2.0000	1.6000	1.6000	30.8000	30.7477
6.0000	1.7000	1.4000	2.2000	2.2000	31.5000	31.4897
4.6000	1.7000	2.0000	2.1000	2.1000	30.6000	30.4509
5.8000	2.0000	1.6000	1.5000	1.9000	30.7000	30.7321
4.6000	1.4000	1.9000	2.0000	1.9000	29.8000	29.8448
5.3000	1.4000	1.5000	1.9000	1.4000	29.5000	29.5529
4.9000	1.9000	2.0000	1.9000	1.9000	30.6000	30.5471
5.1000	2.1000	1.9000	2.4000	1.5000	31.0000	31.0114
4.9000	1.9000	2.0000	1.9000	1.9000	30.6000	30.5471

5.3000	1.4000	1.5000	1.9000	1.4000	29.5000	29.5529
5.3000	1.4000	1.5000	1.9000	1.4000	29.5000	29.5529
5.9000	1.7000	1.2000	1.9000	1.6000	30.2000	30.2237
4.6000	2.0000	1.9000	1.4000	2.2000	30.0000	30.0105
5.2000	1.8000	1.3000	1.8000	1.7000	29.9000	29.8832
5.5000	1.9000	1.6000	2.2000	2.1000	31.3000	31.2927
5.5000	1.9000	1.6000	2.2000	2.1000	31.3000	31.2927
5.2000	1.8000	1.3000	1.8000	1.7000	29.9000	29.8832
5.4000	1.3000	1.7000	2.0000	1.5000	29.9000	29.9765
5.5000	2.0000	1.4000	2.2000	1.4000	30.5000	30.5095
5.8000	2.0000	2.0000	2.3000	2.0000	32.2000	32.1231
5.4000	1.7000	1.8000	1.5000	2.1000	30.5000	30.4728
5.7000	1.2000	1.3000	1.8000	2.2000	30.2000	30.2197
5.1000	1.1000	1.8000	2.2000	1.5000	29.8000	29.8046
5.3000	1.4000	1.5000	1.9000	1.4000	29.5000	29.5529
5.4000	2.0000	1.3000	2.2000	1.6000	30.5000	30.5081
5.1000	2.1000	1.9000	2.4000	1.5000	31.0000	31.0114
5.4000	1.8000	2.2000	1.7000	2.0000	31.1000	31.0648
5.4000	1.7000	1.4000	1.7000	2.0000	30.3000	30.2504
5.7000	1.7000	1.3000	1.8000	1.7000	30.3000	30.2142
6.2000	2.2000	2.3000	1.4000	1.7000	31.8000	31.7528
5.4000	1.7000	1.8000	1.5000	2.1000	30.5000	30.4728
5.1000	2.1000	1.9000	2.4000	1.5000	31.0000	31.0114
5.9000	1.6000	1.8000	2.0000	1.7000	31.0000	31.0110
4.6000	1.7000	1.9000	2.0000	1.5000	29.7000	29.7743
5.4000	1.7000	1.4000	1.7000	2.0000	30.3000	30.2504
4.8000	2.0000	1.4000	1.8000	1.8000	29.8000	29.8579
5.6000	1.5000	1.6000	1.8000	2.0000	30.4000	30.5302
5.7000	1.7000	1.3000	1.8000	1.7000	30.3000	30.2142
5.4000	2.1000	2.3000	2.0000	1.6000	31.5000	31.4297
6.0000	1.6000	1.7000	1.3000	1.4000	30.0000	30.0076
5.4000	1.4000	1.9000	1.9000	1.3000	29.9000	29.9695

5.9000	1.5000	1.9000	2.0000	1.5000	30.8000	30.8269
5.3000	2.1000	2.3000	1.6000	2.0000	31.2000	31.2580
5.2000	2.2000	1.8000	1.7000	1.2000	30.1000	30.1048
5.4000	1.3000	1.7000	2.0000	1.5000	29.9000	29.9765
5.1000	1.1000	1.8000	2.2000	1.5000	29.8000	29.8046
5.4000	1.7000	1.8000	1.5000	2.1000	30.5000	30.4728
5.0000	2.0000	1.4000	1.4000	1.8000	29.6000	29.6998
4.6000	1.4000	1.9000	2.0000	1.9000	29.8000	29.8448
5.1000	2.0000	1.4000	1.5000	1.9000	29.9000	29.9418
6.1000	1.7000	1.4000	2.1000	1.8000	31.0000	31.0577
5.8000	1.2000	1.6000	1.5000	2.0000	30.2000	30.1462
5.1000	2.0000	1.4000	1.5000	1.9000	29.9000	29.9418
6.1000	2.1000	1.4000	2.3000	1.8000	31.7000	31.6699
6.2000	1.7000	2.2000	2.2000	1.4000	31.6000	31.7846
5.1000	2.0000	1.4000	1.5000	1.9000	29.9000	29.9418
6.1000	1.9000	1.8000	1.5000	1.4000	30.8000	30.6614
5.5000	2.2000	1.7000	2.2000	1.8000	31.4000	31.3760
5.5000	1.4000	2.2000	1.2000	1.4000	29.7000	29.7700
5.1000	1.6000	1.4000	1.5000	2.3000	30.0000	29.9829
6.1000	1.9000	1.8000	1.5000	1.4000	30.8000	30.6614
6.0000	1.6000	1.7000	1.3000	1.4000	30.0000	30.0076
5.3000	1.6000	1.8000	1.5000	1.7000	29.9000	29.9537
5.0000	2.1000	1.4000	1.7000	1.3000	29.6000	29.6320
5.4000	1.8000	2.2000	1.7000	2.0000	31.1000	31.0648
4.6000	2.0000	1.9000	1.4000	2.2000	30.0000	30.0105
5.9000	1.6000	2.2000	2.2000	2.2000	32.0000	32.1552
5.1000	2.1000	1.9000	2.4000	1.5000	31.0000	31.0114
5.8000	2.0000	2.0000	2.3000	2.0000	32.2000	32.1231
5.2000	2.2000	1.8000	1.7000	1.2000	30.1000	30.1048
5.4000	1.4000	2.4000	1.5000	1.9000	30.6000	30.5587
5.7000	2.2000	1.3000	1.9000	1.9000	30.9000	30.9085
5.1000	1.6000	1.4000	1.5000	2.3000	30.0000	29.9829



5.5000	1.4000	2.2000	1.2000	1.4000	29.7000	29.7700
5.2000	1.9000	2.1000	1.5000	2.1000	30.9000	30.7148
6.0000	1.6000	1.7000	1.3000	1.4000	30.0000	30.0076
5.8000	1.2000	1.6000	1.5000	2.0000	30.2000	30.1462
5.5000	1.4000	2.2000	1.2000	1.4000	29.7000	29.7700
5.4000	1.7000	1.8000	1.5000	2.1000	30.5000	30.4728

Comparación entre las gráficas de los valores ordenados de t (valor esperado) y a (valor que bota la red)

G =[ort' ora']

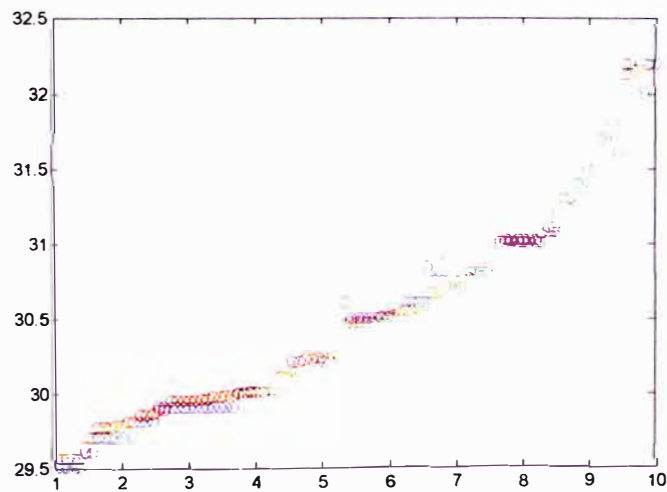
29.5000	29.5529
29.5000	29.5529
29.5000	29.5529
29.5000	29.5529
29.5000	29.5529
29.6000	29.6320
29.6000	29.6998
29.7000	29.7700
29.7000	29.7700
29.7000	29.7700
29.7000	29.7743
29.7000	29.7743
29.8000	29.8046
29.8000	29.8046
29.8000	29.8448
29.8000	29.8448
29.8000	29.8579
29.9000	29.8832
29.9000	29.8832
29.9000	29.9418
29.9000	29.9418
29.9000	29.9418
29.9000	29.9418

29.9000 29.9418  
29.9000 29.9537  
29.9000 29.9537  
29.9000 29.9695  
29.9000 29.9695  
29.9000 29.9765  
29.9000 29.9765  
30.0000 29.9829  
30.0000 29.9829  
30.0000 30.0076  
30.0000 30.0076  
30.0000 30.0076  
30.0000 30.0105  
30.0000 30.0105  
30.1000 30.1048  
30.1000 30.1048  
30.2000 30.1462  
30.2000 30.1462  
30.3000 30.2142  
30.3000 30.2142  
30.2000 30.2197  
30.2000 30.2237  
30.2000 30.2237  
30.3000 30.2504  
30.3000 30.2504  
30.6000 30.4509  
30.5000 30.4728  
30.5000 30.4728  
30.5000 30.4728  
30.5000 30.4728  
30.5000 30.4728  
30.5000 30.5081

30.5000 30.5081  
30.5000 30.5095  
30.4000 30.5302  
30.6000 30.5471  
30.6000 30.5471  
30.6000 30.5587  
30.6000 30.5587  
30.8000 30.6614  
30.8000 30.6614  
30.8000 30.6614  
30.9000 30.7148  
30.7000 30.7321  
30.7000 30.7321  
30.8000 30.7477  
30.8000 30.7477  
30.8000 30.8269  
30.8000 30.8269  
30.9000 30.9085  
31.0000 31.0110  
31.0000 31.0110  
31.0000 31.0114  
31.0000 31.0114  
31.0000 31.0114  
31.0000 31.0114  
31.0000 31.0114  
31.0000 31.0577  
31.1000 31.0648  
31.1000 31.0648  
31.2000 31.2580  
31.3000 31.2927  
31.3000 31.2927  
31.4000 31.3760

31.3000	31.2927
31.4000	31.3760
31.4000	31.3760
31.5000	31.4297
31.5000	31.4897
31.7000	31.6699
31.7000	31.6699
31.8000	31.7528
31.6000	31.7846
32.2000	32.1231
32.2000	32.1231
32.0000	32.1552
32.0000	32.1552
32.2000	32.1926
32.2000	32.1926

```
>> plot(Datos,G(:,1),'bo',Datos,G(:,2),'ro')
```



### Conclusión de enternamiento

Lo que se concluye con el entrenamiento de la red **PERCETRON** con los otros resultados tomados para poder validar si es que realmente nos da resultados reales es aceptable, lo que se valida en el plot de los datos reales y los datos simulados con la Red **PERCETRON**

#### 4.3.-Desarrollo de planeamiento de procesos de fabricación en empresas del sector metal mecánico

Para evaluar la efectividad del algoritmo, se realizó un plan de producción en una empresa con las diferentes políticas de producción y la importancia de los tiempos preparatorios en los procesos de fabricación tanto en el tiempo de dar respuesta a un proceso de fabricación como en lo económico.

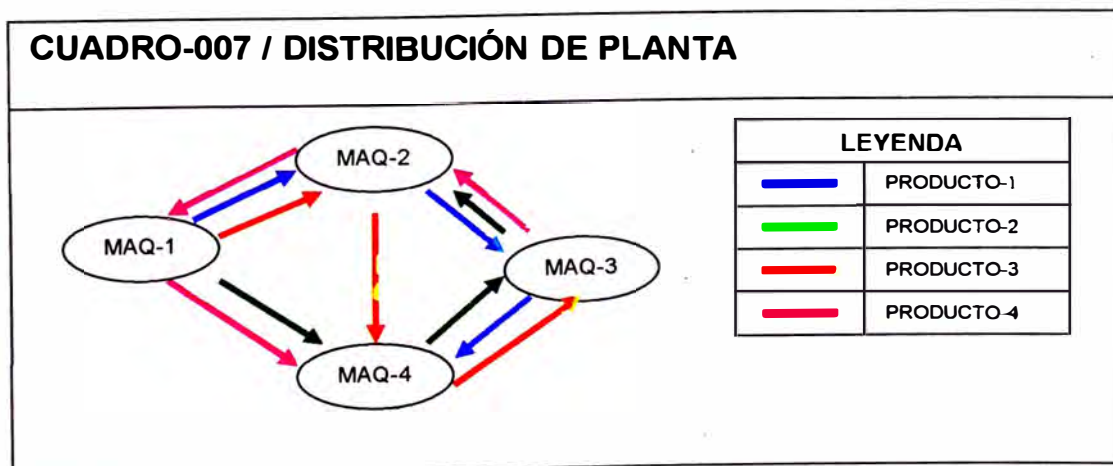
En el **CUADRO-005** se muestran las diferentes políticas de programación de la producción comparados el modelo planteado

<b>CUADRO-005 / POLITICAS DE PROGRAMACION</b>		
<b>N°</b>	<b>REGLA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	SPTP	Selección de los procesos de fabricación con menor tiempo, considerando la planeación por producto.
2	SPTI	Selección de los procesos de fabricación con menor tiempo, considerando la planeación por número de ítems.
3	LPTP	Selecciona el trabajo con mayor tiempo de proceso de fabricación, considerando la planeación por producto
4	LPTI	Selecciona el trabajo con mayor tiempo de proceso de fabricación, considerando la planeación por número de ítems.
5	MOP	Selecciona las ordenes de trabajo según modelo de optimización planteado

En el **CUADRO-006** se muestran los costos por el uso de cada tipo de máquina en la columna costos (MAQ-1= máquina 1, MAQ-2= máquina 2, MAQ-3= máquina 3, MAQ-4= máquina 4)

<b>CUADRO-006 / COSTOS DE MAQUINA</b>				
<b>N°</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>CODIGO MAQUINA</b>	<b>COSTO (\$/Hora)</b>	<b>COSTO (\$/min)</b>
1	TORNO	MAQ-1	15 \$/Hr	0.25 \$/mint.
2	FRESADORA	MAQ-2	15 \$/Hr	0.25 \$/mint.
3	TORNO C.N.C.	MAQ-3	30 \$/Hr	0.5 \$/mint.
4	FRESADORA C.N.C.	MAQ-4	30 \$/Hr	0.5 \$/mint.

La transformación del costo hora máquina al costo de minuto de mecanizado se realiza básicamente por que todos los mecanizado lo vemos básicamente por un tiempo de mecanizado en nuestra investigación nuestro tiempos de mecanizado son menores de hora que es el costo que se maneja a nivel comercial en la industria peruana.



En el **CUADRO-007** se muestra la secuencia realiza la fabricación de cada producto por cada tipo de máquina.

<b>CUADRO - 008 / SECUENCIAS DE FABRICACION</b>						
<b>Nº</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>SECUENCIA</b>				<b>RESUMEN</b>
<b>1</b>	PRO-1	MAQ-1	MAQ-2	MAQ-3	MAQ-4	1-2-3-4
<b>2</b>	PRO-2	MAQ-1	MAQ-4	MAQ-3	MAQ-2	1-4-3-2
<b>3</b>	PRO-3	MAQ-1	MAQ-2	MAQ-4	MAQ-3	1-2-4-3
<b>4</b>	PRO-4	MAQ-3	MAQ-2	MAQ-1	MAQ-4	3-2-1-4

En el cuadro-024 se muestra el orden de secuencia de fabricación de los productos (1-SEC=1<sup>ra</sup> SECUENCIA, 2-SEC=2<sup>da</sup> SECUENCIA, 3-SEC=3<sup>ra</sup> SECUENCIA, 4-SEC=4<sup>ta</sup> SECUENCIA,).

Es el orden por donde tienen que pasar las piezas para ser fabricadas.

<b>CUADRO-009 / TOTAL DE ITEMS</b>	
<b>PRODUCTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
PRODUCTO-1	10
PRODUCTO-2	15
PRODUCTO-3	30
PRODUCTO-4	15

En el CUADRO-025 se observa la cantidad total de productos a fabricar según cada producto.

**APLICACIÓN DE MODELO DE PLANEAMIENTO DE PROCESOS DE FABRICACION EMPLEANDO TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN**

<b>CUADRO-010 / PLAN DE FABRICACION TOTAL</b>						
Nº	REGLA	REGLA DE PRIORIDAD	1	2	3	4
1	<b>SPTP</b>	MENOR TIEMPO POR PRODUCTO	3	4	1	2
2	<b>SPTI</b>	MENOR TIEMPO POR ITEMS	4	1	2	3
3	<b>LPTP</b>	MAYOR TIEMPO POR PRODUCTO	2	1	4	3
4	<b>LPTI</b>	MAYOR TIEMPO POR ITEMS	3	2	1	4
5	<b>MOP</b>	MODELO DE OPTIMIZACION PLANTEADO	1	2	3	4

Se muestra el orden de fabricación de los productos según la restricción de cada política de producción.

<b>CUADRO-011/PROGRAMA DE FABRICACION DE PIEZAS</b>					
PRO/MAQ	MAQ-1	MAQ-2	MAQ-3	MAQ-4	TOTAL
<b>PRO-1</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>20</b>
<b>PRO-2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>22</b>
<b>PRO-3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>14</b>
<b>PRO-4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>15</b>

Los tiempos que observamos en el CUADRO-11, lo que podemos observar en el comportamiento es que por ejemplo para poder mecanizar el PRODUCTO-1 = PRO-1, necesitamos 20 minutos de fabricación, los tiempos que se muestran son los tiempos totales de fabricación más muestran los tiempos de preparación para cada proceso CUADRO-014



que se tienen según las diferentes reglas de producción los cuales detallamos en el **CUADRO - 11**.

En la programación según todas las reglas de programación consideran como base para la programación de las máquinas, en la regla MOP considera minimizar las últimas operaciones de fabricación de cada producto por lo cual reducirá los tiempos de espera de fabricación entre los diferentes productos lo cual se detalla de cada política de producción.

Como podemos observar en el plan de producción la regla de producción que tiene menor tiempo de producción es la regla de tipo MOP ver **CUADRO-013**.

<b>CUADRO-13 / TABLA DE RESUMEN DE POLITICAS</b>					
	<b>SPTP</b>	<b>SPTI</b>	<b>LPTI</b>	<b>LPTI</b>	<b>MOP</b>
<b>TM-OPT</b>	39	38	43	40	35

TM-OPT = Tiempo optimizado en función de cada política de producción













Como podemos observar en el cuadro adjunto vemos que las políticas de producción ya están considerando los tiempos de preparación.

Consideremos los tiempos de fabricación unitarios para todos los productos que deseamos fabricar CUADRO-009 y en el CUADRO-14 consideramos los tiempos de operación más los tiempos de preparación como podemos observar estos tiempos se han incrementado

CUADRO – 014 / TABLA DE TIEMPOS DE MECANIZADO MAS PREPARACION												
	MAQ-1			MAQ-2			MAQ-3			MAQ-4		
TF=TO+TP	TF	TO	TP	TF	TO	TP	TF	TO	TP	TF	TO	TP
PRO-1	7	5	2	6	5	1	4	1	2	3	2	1
PRO-2	6	4	2	6	5	1	4	3	1	6	4	2
PRO-3	4	2	2	3	2	1	2	3	2	5	1	1
PRO-4	3	4	2	4	3	1	6	2	1	2	1	1

Como podemos observar en el CUADRO-014 si no se consideran los tiempos de preparación en cualquier algoritmo o política de producción daría como resultado un dato falso por que el problema es el INPUT o dato de ingreso para poder programar la política de producción

CUADRO-015/TIEMPO TOTAL DE MECANIZADO						
PRO/MAQ	CANT	MAQ-1	MAQ-2	MAQ-3	MAQ-4	TOTAL
PRO-1	10	70	60	40	30	200
PRO-2	15	90	90	60	90	330
PRO-3	30	120	90	60	150	420
PRO-4	45	135	180	270	90	675
TIEMPO TOTAL						1625



En el CUADRO-015 podemos observar el tiempo total de fabricación para todas las piezas en función de la cantidad de productos por cada uno.

<b>CUADRO-016/TIEMPO TOTAL DE MECANIZADO</b>					
<b>PRO/MAQ</b>	<b>MAQ-1</b>	<b>MAQ-2</b>	<b>MAQ-3</b>	<b>MAQ-4</b>	<b>TOTAL</b>
<b>COSTO</b>	0.25	0.25	0.50	0.50	
<b>PRO-1</b>	17.5	15.0	20.0	15.0	67.5
<b>PRO-2</b>	22.5	22.5	30.0	45.0	120.0
<b>PRO-3</b>	30.0	22.5	30.0	75.0	157.5
<b>PRO-4</b>	33.8	45.0	135.0	45.0	258.8

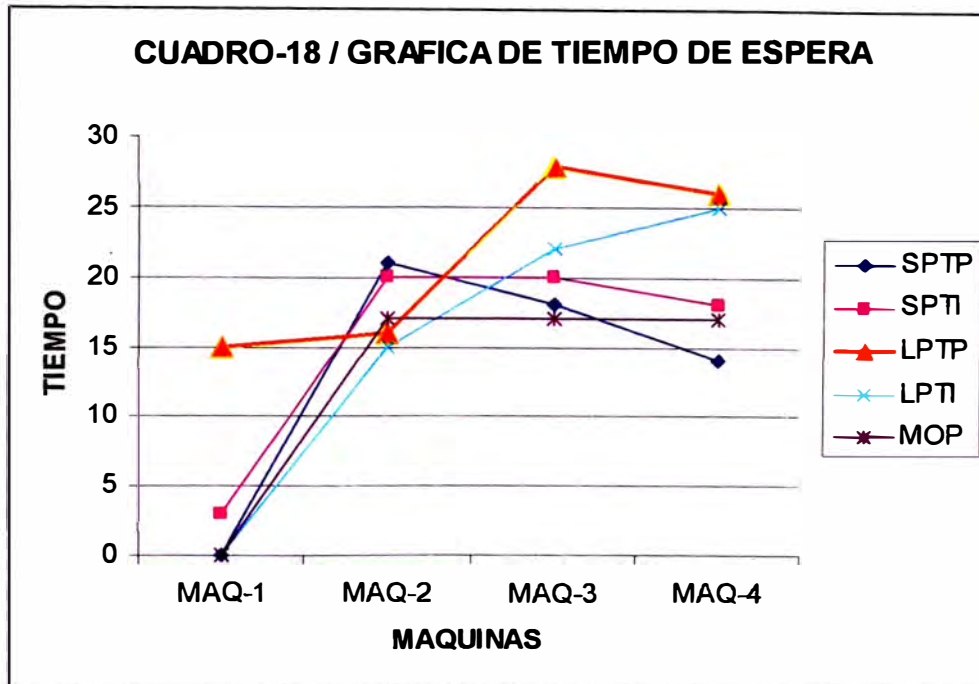
En el CUADRO – 016 Se puede apreciar el costo total por proceso de fabricación que se realiza en cada producto.

<b>CUADRO-17 / RESUMEN DE MAKESPAN</b>					
	<b>SPTP</b>	<b>SPTI</b>	<b>LPTP</b>	<b>LPTI</b>	<b>MOP</b>
<b>MAQ-1</b>	0	3	15	0	0
<b>MAQ-2</b>	21	20	16	15	17
<b>MAQ-3</b>	18	20	28	22	17
<b>MAQ-4</b>	14	18	26	25	17
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>85</b>	<b>62</b>	<b>51</b>

Como se muestra en el CUADRO-017 de las políticas de producción analizaremos las demoras presentadas entre las diferentes políticas de producción.

Como podemos observar la política de producción del tipo MOP es la que presenta menor tiempo de espera en total

En el CUADRO-018 se muestran las diferentes reglas de programación de la producción y la comparación de los tiempos de espera en la fabricación de los diferentes productos.

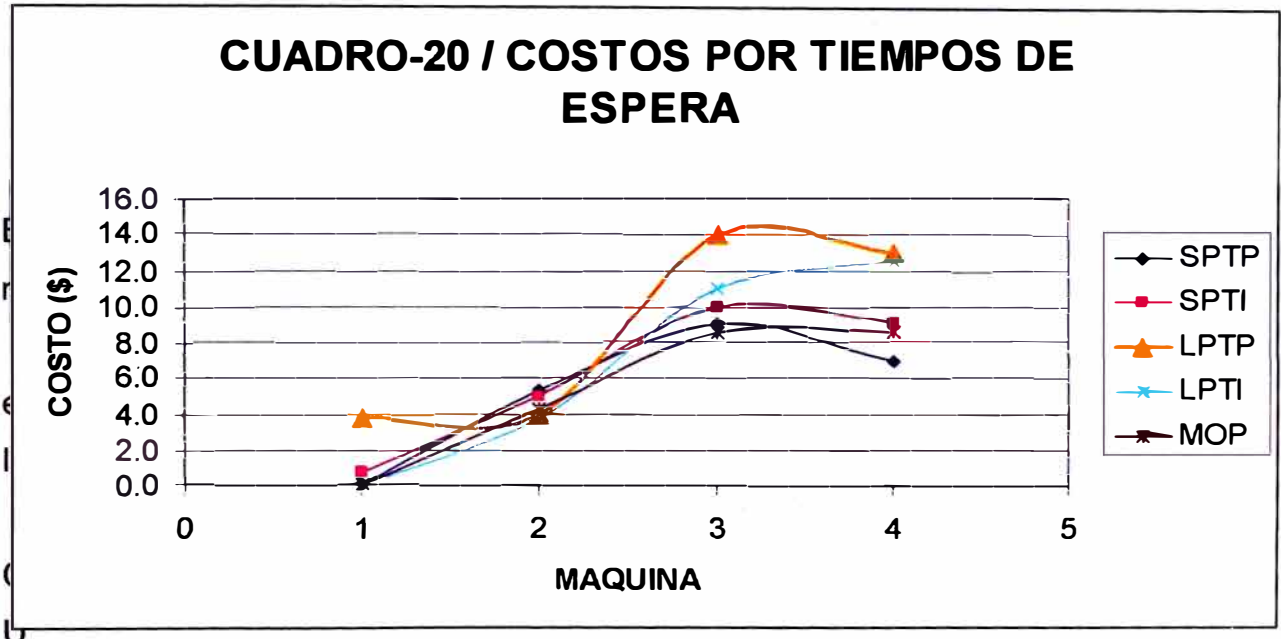


Como podremos observar la regla de tipo MOP tiene menores tiempos de espera con relación a las otras reglas las cuales consideramos.

<b>CUADRO-19 / COSTO POR ESPERA EN PROCESO DE MECANIZADO</b>						
<b>COSTO</b>	<b>MAQ</b>	<b>SPTP</b>	<b>SPTI</b>	<b>LPTP</b>	<b>LPTI</b>	<b>MOP</b>
0.25	MAQ-1	0.0	0.8	3.8	0.0	0.0
0.25	MAQ-2	5.3	5.0	4.0	3.8	4.3
0.50	MAQ-3	9.0	10.0	14.0	11.0	8.5
0.50	MAQ-4	7.0	9.0	13.0	12.5	8.5

<b>TOTAL</b>	21.3	24.8	34.8	27.3	21.3
--------------	------	------	------	------	------

En el CUADRO-019 se muestra los costos que resultan por tener tiempo de espera según cada tipo de regla para el plan de producción.



CUADRO-020 podemos observar que el menor costo por máquina es la regla del tipo MOP.

**CUADRO-21 / TABLA DE RESUMEN DE POLITICAS**

	SPTP	SPTI	LPTI	LPTI	MOP
<b>TOTAL MK</b>	53	61	85	62	51
<b>TOTAL-TF</b>	62	50	58	52	35
<b>TM-OPT</b>	39	38	43	40	35
<b>TIEMPO MK</b>	33	33	41	37	30

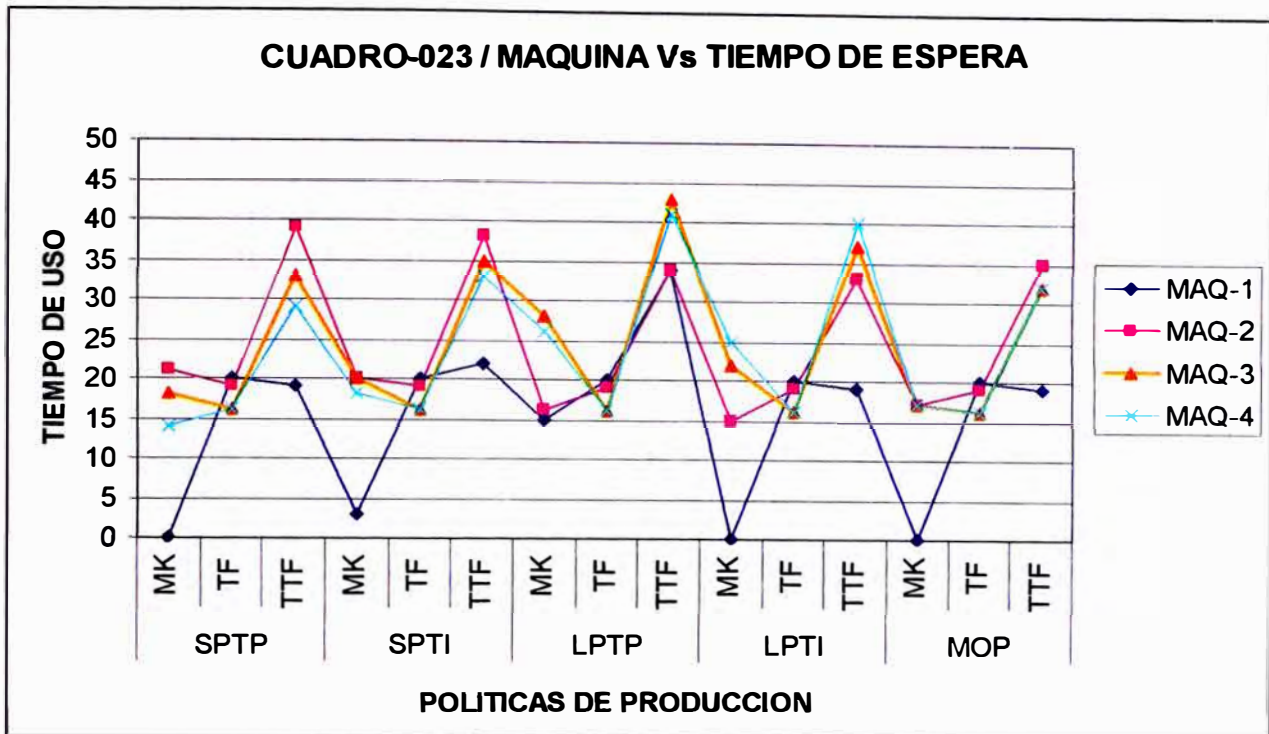
En el **CUADRO-021** se muestra los tiempos totales de fabricación de todos los productos del caso de aplicación, podemos analizar algunos datos muy importantes sobre los tiempos de espera de espera entre procesos **MAKESPAN** por secuencia de mecanizado los que tienen un

comportamiento muy diferente que al tiempo total de fabricación del producto por máquina.

**CUADRO - 22 / USO DE MAQUINA VS TIEMPO DE ESPERA**

MAQUINA	SPTP			SPTI			LPTP			LPTI			MOP		
	MK	TF	TTF	MK	TF	TTF	MK	TF	TTF	MK	TF	TTF	MK	TF	TTF
MAQ-1	0	20	19	3	20	22	15	20	34	0	20	19	0	20	19
MAQ-2	21	19	39	20	19	38	16	19	34	15	19	33	17	19	35
MAQ-3	18	16	33	20	16	35	28	16	43	22	16	37	17	16	32
MAQ-4	14	16	29	18	16	33	26	16	41	25	16	40	17	16	32
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>71</b>	<b>120</b>	<b>61</b>	<b>71</b>	<b>128</b>	<b>85</b>	<b>71</b>	<b>152</b>	<b>62</b>	<b>71</b>	<b>129</b>	<b>51</b>	<b>71</b>	<b>118</b>

Como podemos observar CUADRO-22 la política de producción con menor tiempo de fabricación así como de uso (TTF) es el modelo empleado del tipo MOP.



En el CUADRO-023 la maquina con mayor uso es la MAQ-3 y la MAQ-1 es la menor empleo ya que se considera los tiempos de espera y los tiempos de fabricación.

### DESARROLLO DE APLICACIÓN PARA UN PROGRAMA CAPP

El desarrollo del programa de Planeamiento de Procesos Asistido por computador, con un modelo de optimización de la producción de la producción. Se ha programado en VBA de Excel se escogió este recurso por la facilidad del manejo de la información y la posibilidad de conectarse con otros programas con respecto a la aplicación de minería de datos empleamos el NNCLASS que es una herramienta de código abierto para poder entrenar a la Red Neuronal así como se realizo el entrenamiento de la Red en MATLAB.

No se a podido integrar todos los módulos de CAD,CAM,CAPP y minería de datos pero el uso es independiente

## CUADRO – 024 / MODELO DE APLICACIÓN CAPP PARA PROCESOS DE MECANIZADO



CAD / Se desarrolla una geometría la cual queremos mecanizar donde podemos observar los detalles de los diámetros de los agujeros, tipo de ajuste etc.



CAPP/ Es la aplicación que se realiza para la tesis es donde organizamos las operaciones que vamos a realizar para el mecanizado de una pieza, en esta aplicación nos ayudamos de las técnicas de minería de datos para poder simular los tiempos de preparación para cada mecanizado



CAM / Se programa las operaciones de mecanizado en función a las operaciones determinadas y el orden en el CAPP



CNC / Genera los códigos para el proceso de mecanizado



## CAJAS DE DIALOGO DEL PROGRAMA DE PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

El desarrollo del programa de planeación de la producción así como el modelo de optimización de la producción de la producción. Se ha programado en VBA de Excel se escogió este recurso por la facilidad del manejo de la información y la posibilidad de conectarse con otros programas.

PLANTEAMIENTO DE PROCESOS DE FABRICACION - V2

1-PRODUCTO Y HOJA DE PROCESO | 2-MAQUINAS HERRAMIENTAS | ECON\_MECANIZADO | MAX\_DE LA PRODUCCION | POLITICAS DE PROD | COSTEO |

1.1-FORMA DE MATERIAL CILINDRICO 5-16" (17.9 mm) . 0 6 PARA MECAL 6-SELECCION DE OPERACIONES OP-2 - CILINDRADO EXTERIOR FORMA

DIAMETRO DE PIEZA "DP" 5-16" (17.9 mm) . 0 6 PARA MECAL 2-SELECCION DE MAQUINA MAQ-1 - TORNO CNC

LONGITUD DE PIEZA "LP" 8-TIPO DE CALIDAD CON INSPOSITIVO

1.2-TIPO DE PRODUCTO PLANCHA 5-SUB PROCESO - DE FABRICACION SPF-002

LARGO DE PLACA ( mm ) 7-SELECCION DE HERRAMIENTAS T002

ANCHO DE PLACA ( mm ) CARGAR DATOS NUEVA OPERACION ELIMINA OPERACION

ESPESOR DE PLACA ( mm )

OPERACION	SUBOPERACION	MAQUINA
OP-2 / CILINDRADO EXTE	SPF-002	MAQ-1 / TORNO

1.3-CANTIDAD DE PRODUCTOS SUBE OPERACION

1.4-MATERIAL DE PIEZA BAJA OPERACION

2-CODIGO DE PRODUCTO CP-002 EJE ESCALONADO

2-HOJA DE PROCESO HP-002

4-PROCESO DE FABRICACION PF-002

DETALLE DE MECANIZADO ELIMINA IMPRIME CERRAR

CAJA DE DIALOGO-1 / CARGA DE DATOS /FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS

En la CAJA DE DIALOGO-1 anterior se muestra la manera de poder cargar todas las operaciones del proceso de fabricación para una determinada pieza.

PLANEAMIENTO DE PROCESOS DE FABRICACION - V2

1-PRODUCTO Y HOJA DE PROCESO | 2.-MAQUINAS HERRAMIENTAS | ECON\_MECANIZADO | MAX\_DE LA PRODUCCION | POLITICAS DE PROD | COSTEO |

1.1.-FORMA DE MATERIAL CILINDRICO: 5/16" (7.9 mm) - Ø 6 PARA MECAL

DIAMETRO DE PIEZA "DP": 5/16" (7.9 mm) - Ø 6 PARA MECAL

LONGITUD DE PIEZA "LP":

1.2.-TIPO DE PRODUCTO PLANCHA

LARGO DE PLACA (mm):

ANCHO DE PLACA (mm):

ESPESOR DE PLACA (mm):

1.3.-CANTIDAD DE PRODUCTOS

1.4.-MATERIAL DE PIEZA

2.-CODIGO DE PRODUCTO: CP-002 /EJE ESCALONADO

2.-HOJA DE PROCESO: HP-002

3.-PROCESO DE FABRICACION: PF-002

6.-SELECCION DE OPERACIONES: OP-2: CILINDRADO EXTERIOR FORMA

2.-SELECCION DE MAQUINA: MAQ-1: TORNO CNC

8.-TIPO DE CALIDAD: CON DISPOSITIVO

5.-SUB PROCESO DE FABRICACION: SPF-002

7.-SELECCION DE HERRAMIENTAS: T002

CARGAR DATOS | NUEVA OPERACION | ELIMINA OPERACION

OPERACION	SUBOPERACION	MAQUINA
OP-2 / CILINDRADO EXTE	SPF-002	MAQ-1 / TORN

SUBE OPERACION | BAJA OPERACION

DETALLE DE MECANIZADO | ELIMINA | IMPRIME | CERRAR

CAJA DE DIALOGO-1 / CARGA DE DATOS /FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS

En la CAJA DE DIALOGO-1 anterior se muestra la manera de poder cargar todas las operaciones del proceso de fabricación para una determinada pieza.

PLANEAMIENTO DE PROCESOS DE FABRICACION - V2

1-PRODUCTO Y HOJA DE PROCESO | 2.-MAQUINAS HERRAMIENTAS | ECON\_MECANIZADO | MAX\_DE LA PRODUCCION | POLITICAS DE PROD | COSTEO |

TORNO

VELOCIDAD DE CORTE "VC": MAQ-1 / TORNO CNC mt/min

DIAMETRO DE PIEZA "DP": mm

FORMULA:  $V = 318 \cdot VC / DP$  CALCULAR "N"

NUMERO DE REVOLUCIONES "N": rpm

AVANCE POR VUELTA "F": mm/rev

FORMULA:  $F = N \cdot L$  CALCULAR "L"

AVANCE DE LONGITUD DE CORTE POR MIN. "LF": mm/min

LONGITUD A MECANIZAR "LM": mm

FORMULA:  $TCT = LM / LF$  CALCULAR "TCT"

TIEMPO DE CORTE EN EL TCT: Dec. min

TIEMPO DE CORTE EN EL TORNO: min

CENTRO DE MECANIZADO

VELOCIDAD DE CORTE "VC": mt/min

DIAMETRO DE LA HERRAMIENTA "DH": mm

FORMULA:  $V = 318 \cdot VC / DH$  CALCULAR "N"

NUMERO DE REVOLUCIONES "N": rpm

AVANCE POR DIENTE "Z": mm/Diente

NUMERO DE DIENTES "Z": Unidad

FORMULA:  $V = Z \cdot W$  CALCULAR "Z"

AVANCE DE MESA "WF": mm/min

FORMULA:  $TCF = LM / WF$  CALCULAR "TCF"

LONGITUD TOTAL A MECANIZAR

TIEMPO DE CORTE EN LA FRESADORA "TCF": Dec. min

TIEMPO DE CORTE EN LA FRESADORA: min

CAJA DE DIALOGO-2 / FORMULAS DE MECANIZADO /FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS

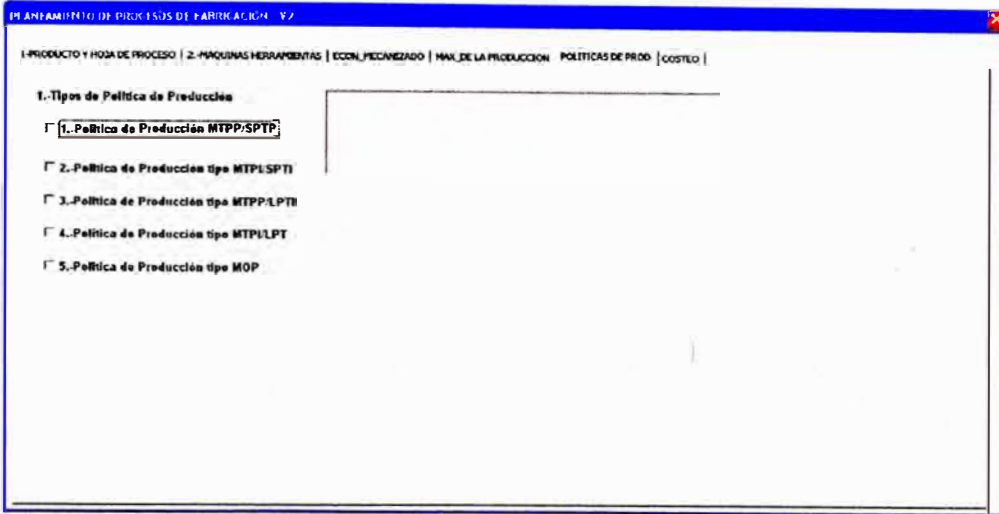


En la CAJA DE DIALOGO-2 que se muestra se presenta todo el calculo necesario que se necesita para poder calcular las

Condiciones de fabricación de una pieza, tomando en cuenta el tipo de material de la herramienta como el de la pieza

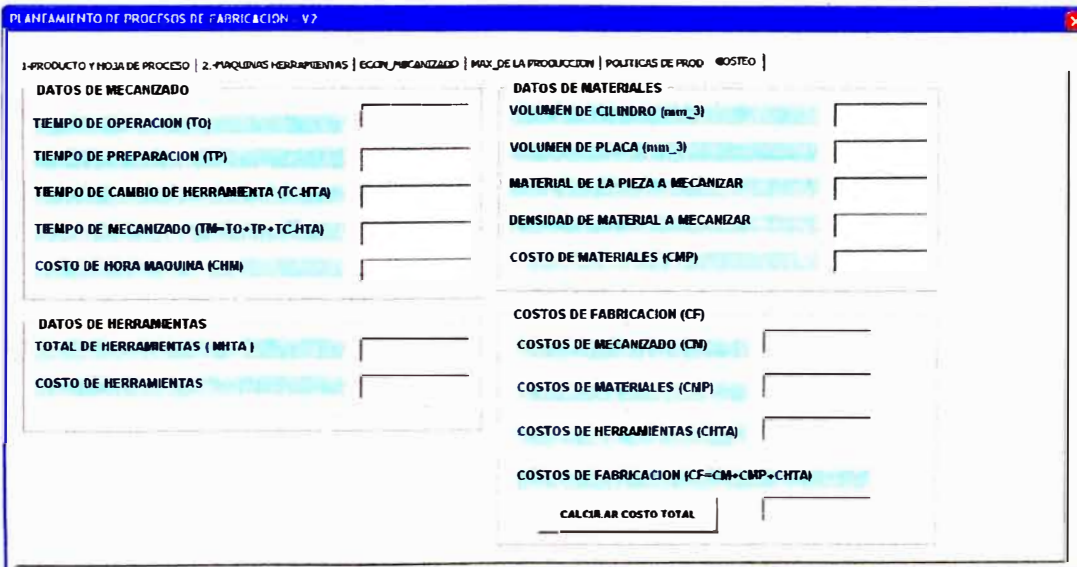
En la Caja de Dialogo-3 se muestra una política de producción baja la estrategia de economía de mecanizado.

En la CAJA DE DIALOGO – 4 / Se muestra otras estrategias de economía de mecanizado que básicamente se basa en función de la velocidad Máxima y velocidad mínima para el mecanizado.



**CAJA DE DIALOGO-005 / POLITICAS DE PRODUCCION /FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS**

En la caja de dialogo – 5 / se muestra las principales políticas de producción en las cuales se puede planear la política de producción.



**CAJA DE DIALOGO-006 / DATOS DE MATERIALES DE PIEZA /FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS**

En la CAJA DE DIALOGO – 006 / se muestra los detalles de costeo de los procesos de fabricación de las piezas.

#### 4.3.2.-CASO DE APLICACIÓN DE PIEZAS

Los casos de aplicación que se van a presentar son en la fresadora CNC y Torno CNC

##### 4.3.2.1.-CASO DE APLICACIÓN -1 EN FRESADORA

El caso de aplicación de mecanizado es aplicado a una pieza con diferentes operaciones en varios tipos de máquinas

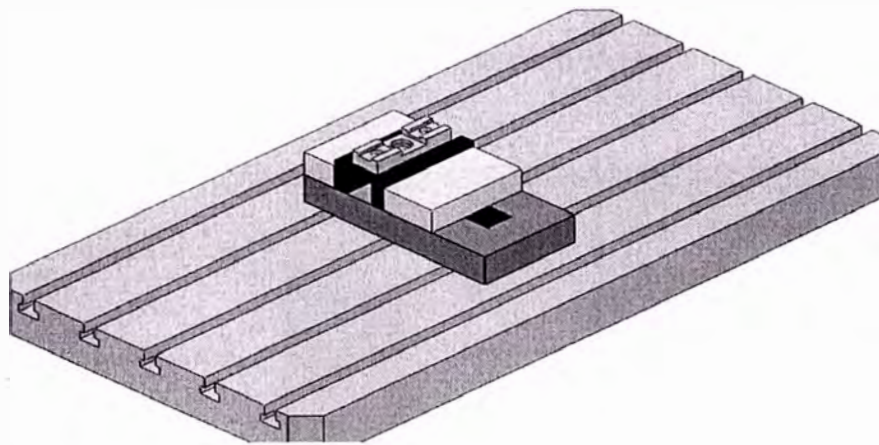


FIGURA-016 / MONTAJE DE PIEZA EN FRESADORA / FUENTE:  
DESARROLLO PARA LA TESIS

En la FIGURA-016 se muestra el montaje de la pieza a mecanizar con los detalles necesarios del centro de mecanizado donde lo vamos a mecanizar.

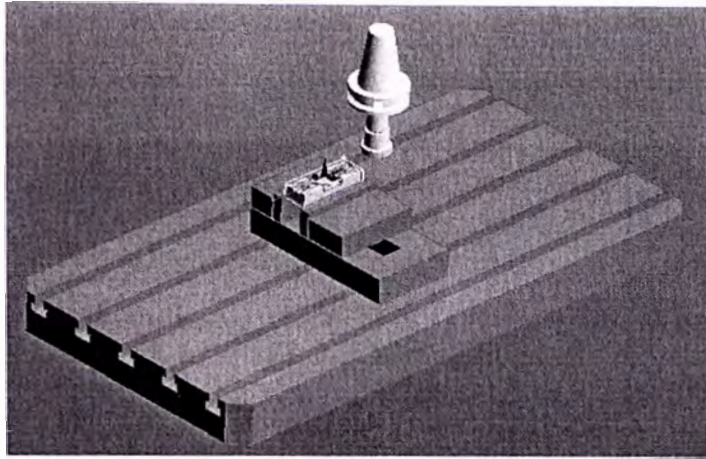


FIGURA-017 / SIMULACION DE PIEZA EN SOFTWARE CAM / FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS

En la FIGURA-017 se presenta las simulaciones de mecanizado en un software CAM la cual tomara como base para el proceso de mecanizado de las operaciones a la hoja de proceso.

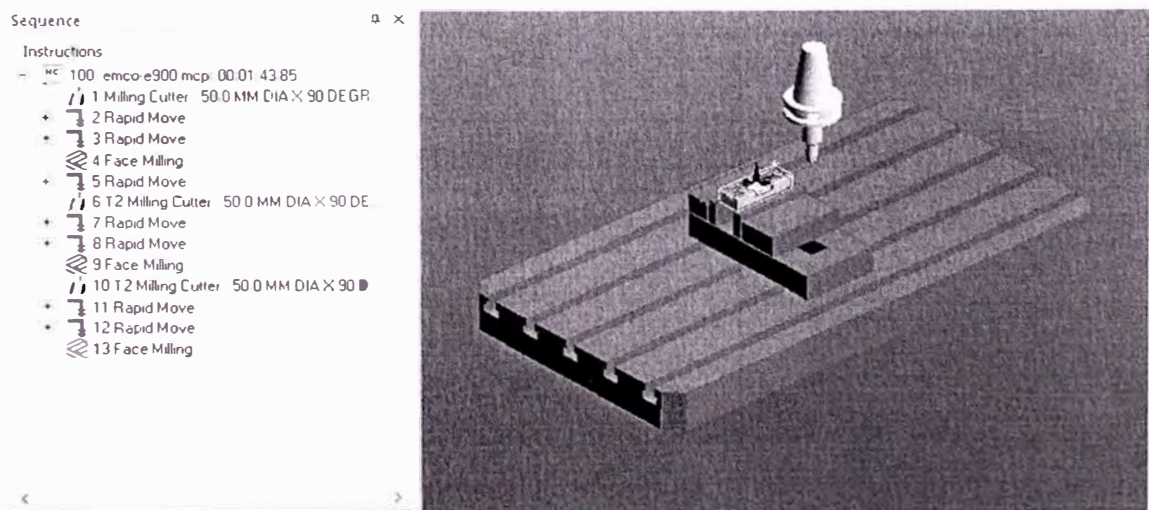
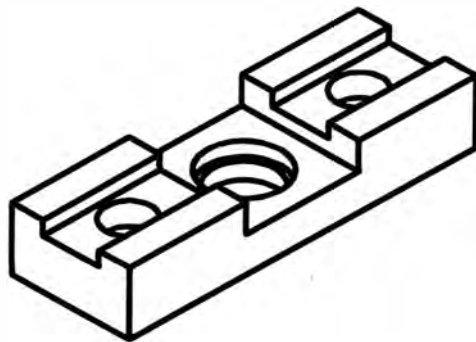
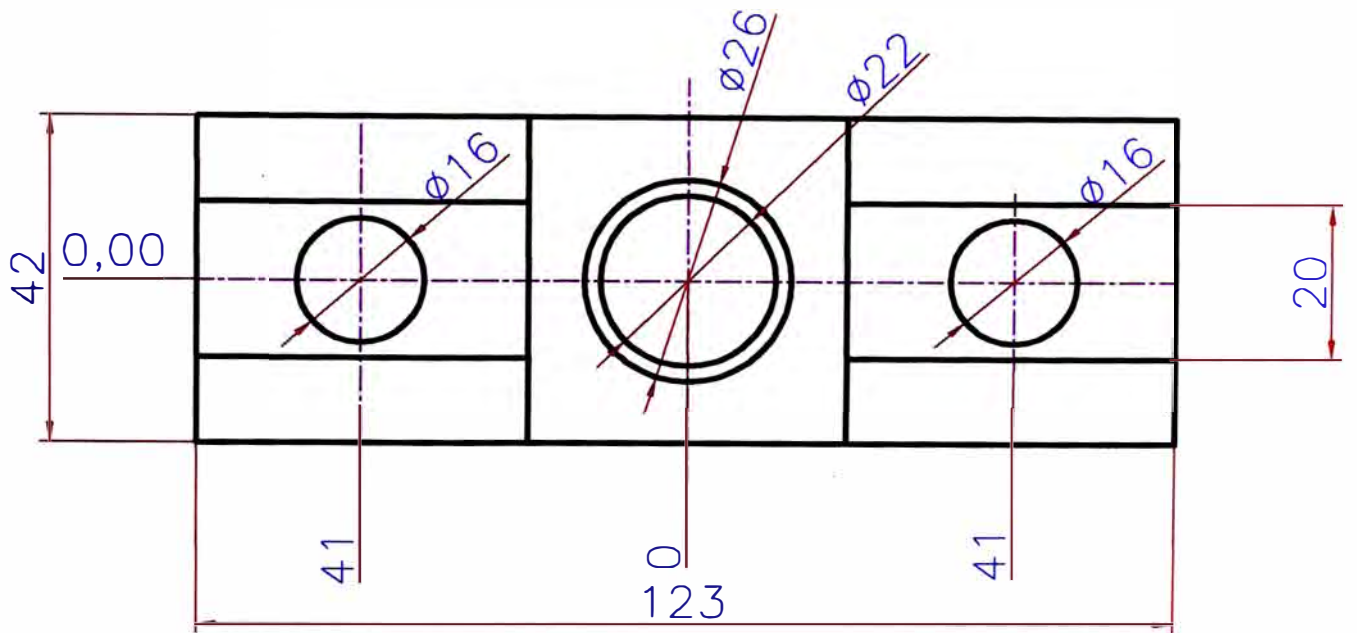
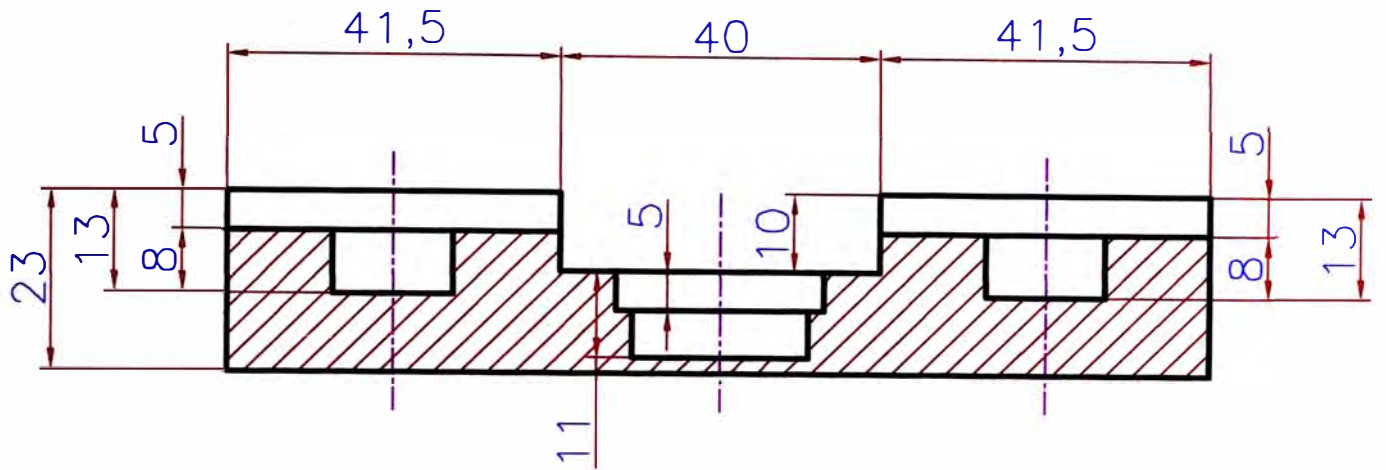
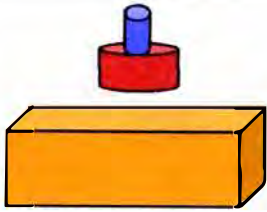
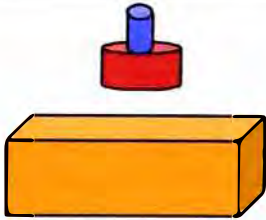
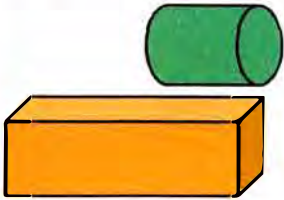
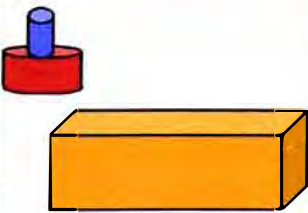
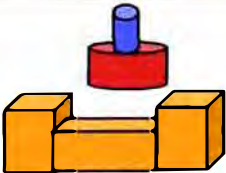
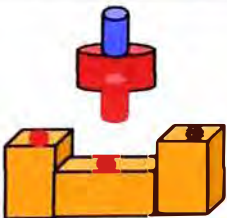


FIGURA-018 / OPERACIONES EN SOFTWARE CAM / FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS

En la FIGURA-018 podemos observar todas las operaciones de mecanizado que se realizan en el mecanizado de la pieza



1	PY232713	PLACA GUIA	23x42x123	1045	01	SIN T.T.
N°	CODIGO	DENOMINACION	DIMENSIONES	MATERIAL	COL./CANT.	OBS./NORMA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA PROGRAMA DE MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS				DENOMINACION: PLACA GUIA		CODIGO PROYECTO PY-232713-1 CODIGO DE PLANO PY-232713
COMPONENTES:		MATERIAL	1045	AREA	INGENIERIA-CIPSA	
		PESO (gr.)		DIBUJADO	M.A.L.M	13JUN77
		CAPACIDAD (ml)		REVISADO	M.A.L.M	13JUN77
		CONTRACCION (%)		APROBADO	V.M.L.C.	13ENE42
		TIPO DE FABRICACION		ESCALA:		FORMATO:
				1:1		A4

PROCESO	OPERACIÓN	SUB OPERACIONES	HOJA DE PROCESO		HOJA			1	
			PLANO	PY-232713	FECHA			23-ago-10	
			MATERIAL	DIMENSIONES	CODIGO			PY-232713	
			1045	25x45x130	MAQ	HTA (uni)	Ø	N(rpm)	T (mint)
P	O	SP	DESIGNACION	CROQUIS					
1	1		PLANEADO		CENTRO	T1	50		
2	2		PLANEADO		CENTRO	T1	50		
3	3		RECTIFICADO		RECTIFICADORA				
4	4		CONTORNEADO		CENTRO	T2	20		
4	5		CANALES-1		CENTRO	T3	16		
4	5		CANALES-2		CENTRO	T4	20		
4	6	1	PERFORADO-1		CENTRO	T5	16		
4	6	2	PERFORADO-1		CENTRO	T6	22		
4	6	3	PERFORADO-1		CENTRO	T7	26		
<b>TOTAL DE HERRAMIENTAS</b>						<b>7</b>			
<b>TIEMPO TOTAL DE MECANIZADO</b>									
<b>TOTAL DE MAQUINAS</b>						<b>2</b>	<b>TOTAL DE PROCESOS</b>		<b>4</b>
<b>TOTAL DE OPERACIONES</b>						<b>6</b>			
<b>TOTAL DE SUB OPERACIONES</b>						<b>3</b>			

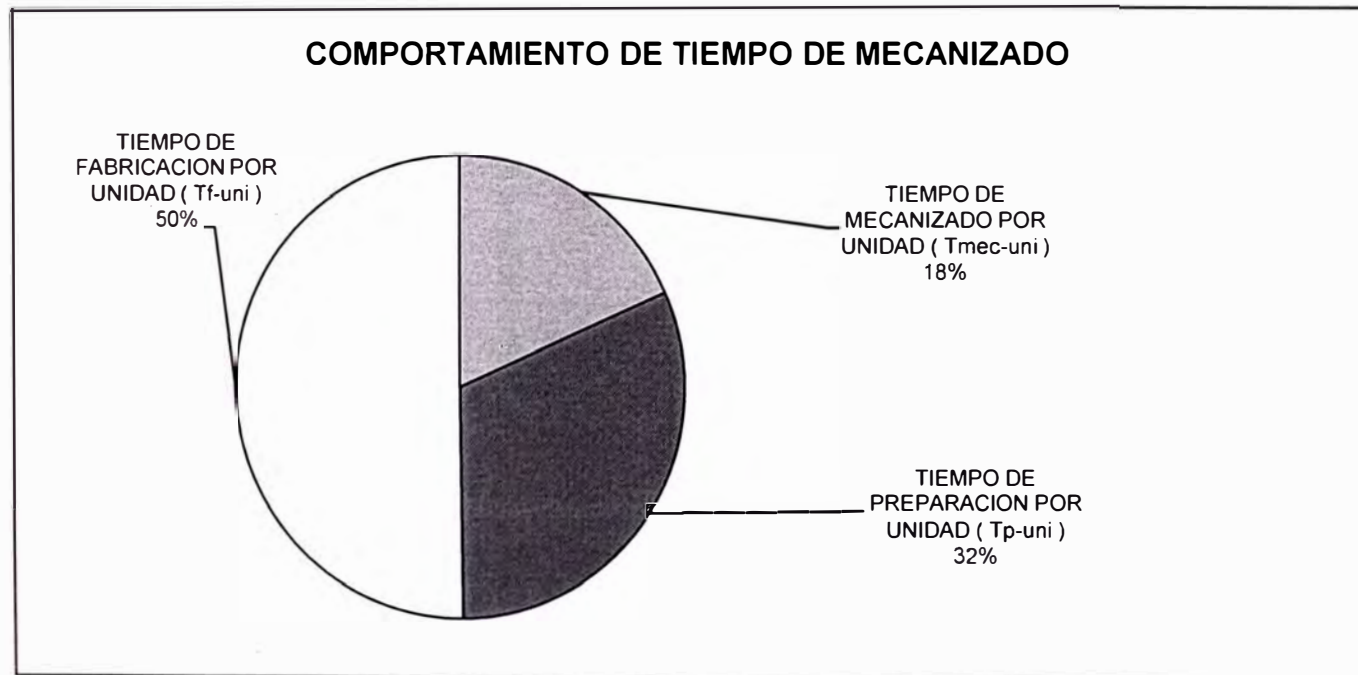
## DATOS DE MECANIZADO

PY-232713

PROCESO	HTA	MAQUINA	OPERACIONES	Ø	VC	N	F-pl	Z	Lf	Lm	Tmec	Cant.	Tct-Total
1	T1	CENTRO	PLANEADO-1	50	200	1272	0,1	8	1018	250	0,25	1	0,25
2	T1	CENTRO	PLANEADO-2	50	200	1272	0,1	8	1018	250	0,25	1	0,25
3	RECTIFICADORA		RECTIFICADO-1	NO APLICA									2
4	T2	CENTRO	CONTORNEADO-1	20	200	3180	0,2	2	1272	400	0,31	1	0,31
4	T3	CENTRO	CANALES-1	16	200	3975	0,2	2	1590	250	0,16	1	0,16
4	T4	CENTRO	CANALES-2	20	200	3180	0,2	2	1272	100	0,08	1	0,08
4	T5	CENTRO	PERFORADO-1	16	100	1988	0,3	1	596	15	0,03	2	0,05
4	T6	CENTRO	PERFORADO-2	22	100	1445	0,3	1	434	15	0,03	1	0,03
4	T7	CENTRO	PERFORADO-3	26	100	1223,077	0,3	1	367	15	0,04	1	0,04
4	T8	CENTRO	BROCA DE CENTRO	5	100	6360	0,3	1	1908	5	0,00	3	0,01
4	T9	CENTRO	AVELLANADOR	10	100	3180	0,3	1	954	5	0,01	1	0,01
												<b>Total</b>	<b>3,13</b>

MAQUINA	TIEMPO DE FABRICACION	TIEMPO DE MECANIZADO	TIEMPO DE PREPARACION					
	Tf	Tmec	Tp	Tm	Tc	Tci	Tcm	Td
MAQ-1	3,19	0,49	2,70	1	0,5	0,5	0,5	0,2
MAQ-2	2,00	2	NO APLICA					
MAQ-1	3,39	0,69	2,70	1	0,5	0,5	0,5	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>8,58</b>	<b>3,13</b>	<b>5,40</b>					

DENOMINACION	VALOR	UNIDADES
TAMAÑO DE LOTE	20	UNI
TIEMPO DE MECANIZADO POR UNIDAD ( $T_{mec-uni}$ )	3,13	minutos
TIEMPO DE PREPARACION POR UNIDAD ( $T_{p-uni}$ )	5,40	minutos
TIEMPO DE FABRICACION POR UNIDAD ( $T_{f-uni}$ )	8,58	minutos
TIEMPO DE MECANIZADO POR LOTE ( $T_{mec-Lote}$ )	62,53	minutos
TIEMPO DE PREPARACION POR LOTE ( $T_{p-Lote}$ )	108,00	minutos
TIEMPO DE FABRICACION POR LOTE ( $T_{f-Lote}$ )	171,61	minutos





#### 4.3.2.2.-CASO DE APLICACIÓN -1 EN EL TORNO

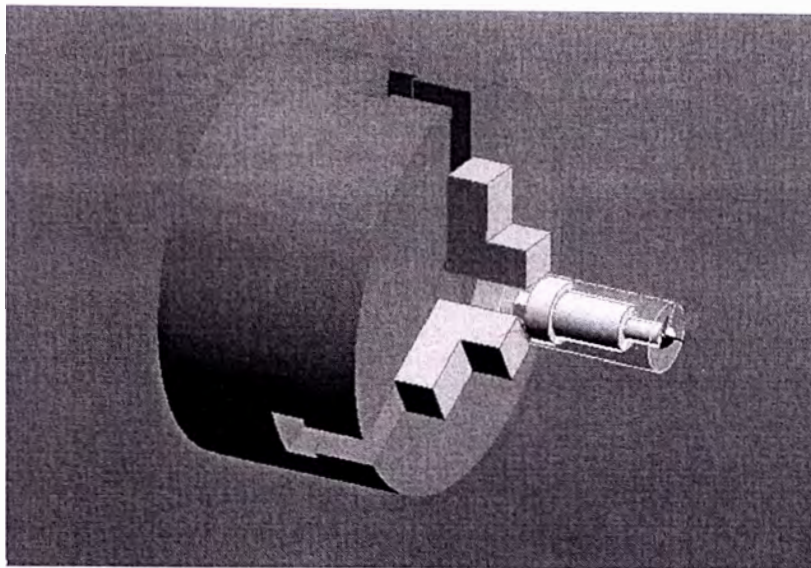


FIGURA-019 / OPERACIONES EN SOFTWARE CAM / FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS

El caso de aplicación de mecanizado es aplicado a una pieza con diferentes operaciones en varios tipos de máquinas. En la FIGURA-019 se muestra el montaje de la pieza a mecanizar con los detalles necesarios para su fabricación en el torno CNC

En la FIGURA-020 se presenta las simulaciones de mecanizado en un software CAM la cual tomara como base para el proceso de mecanizado de las operaciones a la hoja de proceso.

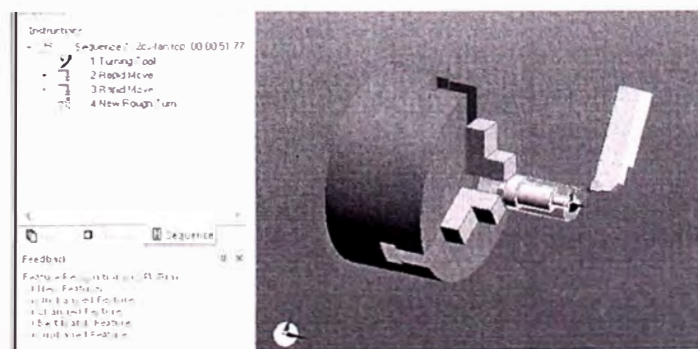
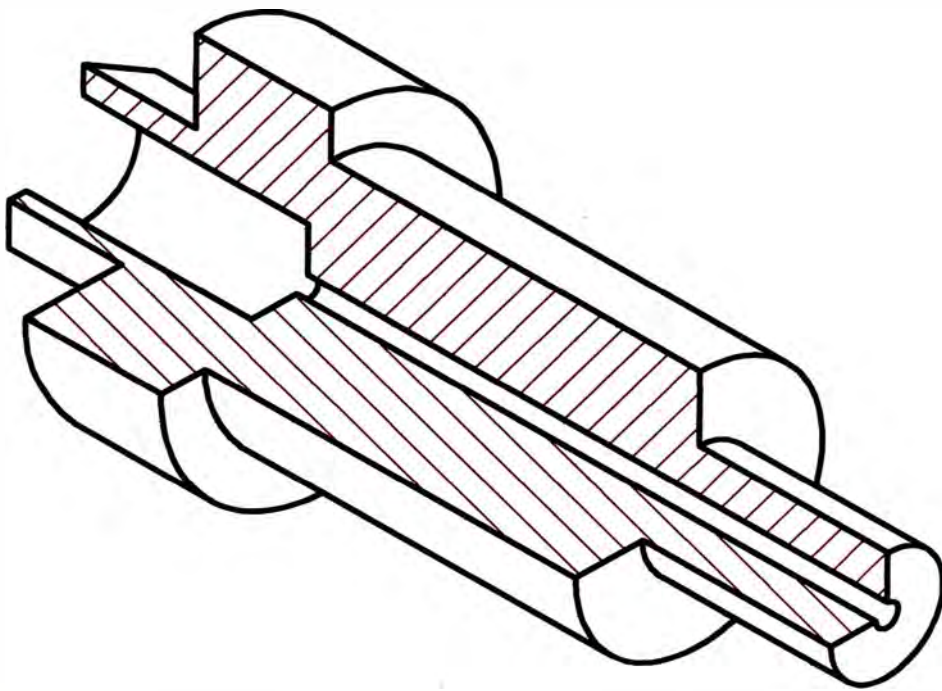
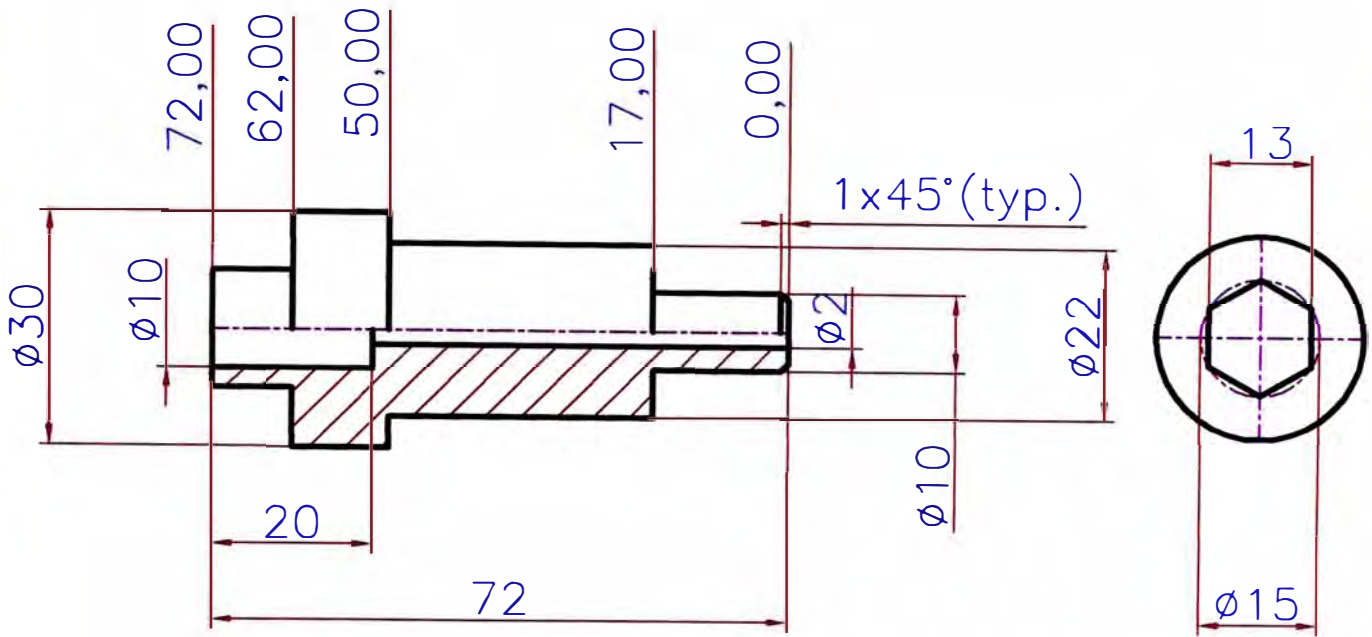
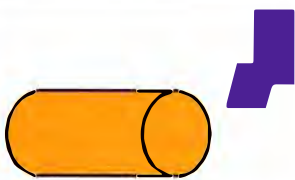
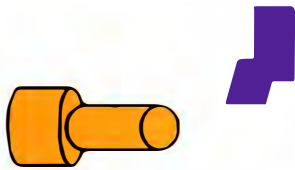

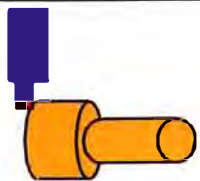
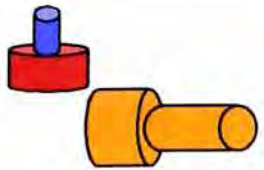



FIGURA-020/ OPERACIONES EN SOFTWARE CAM / FUENTE: DESARROLLO PARA LA TESIS



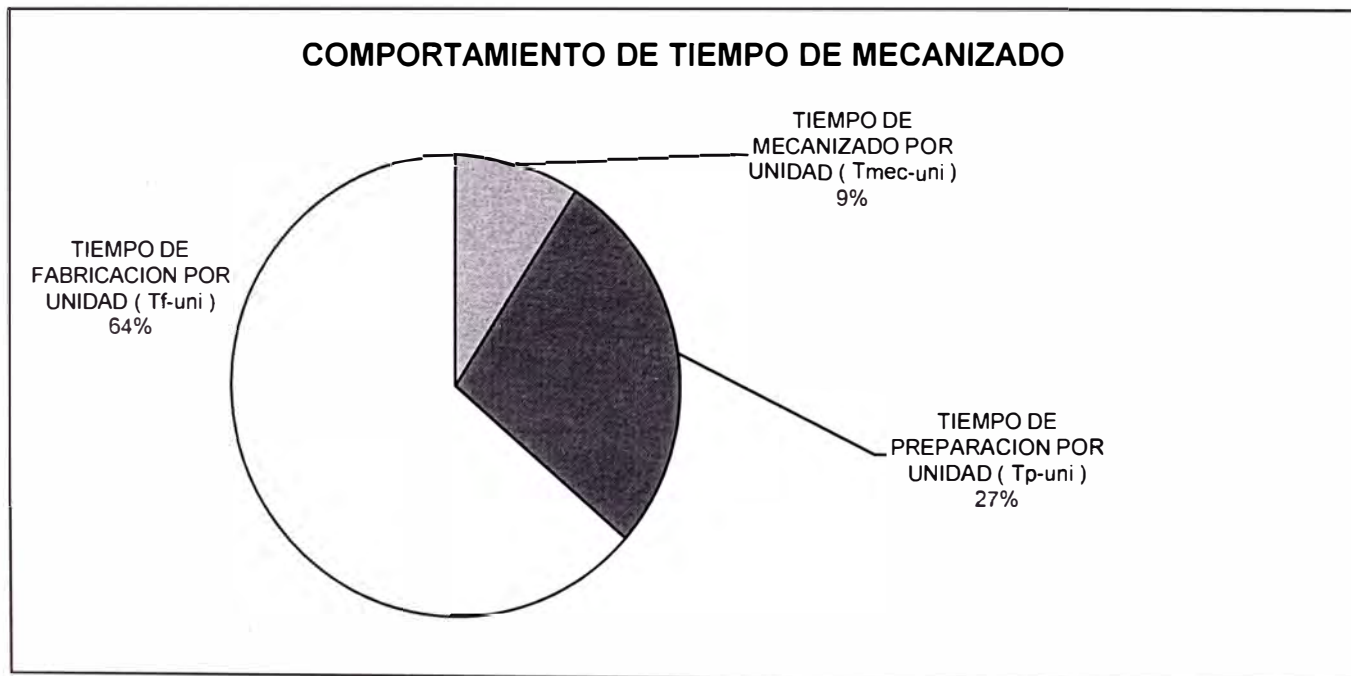
1	Py232713	PLACA GUIA	23x42x123	1045	01	SIN T.T.
N°	CODIGO	DENOMINACION	DIMENSIONES	MATERIAL	COL./CANT.	OBS./NORMA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA PROGRAMA DE MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS				DENOMINACION: PLACA GUIA		CODIGO PROYECTO PY-232713-1 CODIGO DE PLANO PY-232713
COMPONENTES:		MATERIAL	1045	AREA	INGENIERIA-CIPSA	
		PESO (gr.)		DIBUJADO	M.A.L.M	13JUN77
		CAPACIDAD (ml)		REVISADO	M.A.L.M	13JUN77
		CONTRACCION (%)		APROBADO	V.M.L.C.	13ENE42
		TIPO DE FABRICACION		ESCALA:		FORMATO:
:COTAS FUNCIONALES				1:1		A4

PROCESO	OPERACIÓN	SUB OPERACIONES	HOJA DE PROCESO		HOJA			1	
					FECHA			23-ago-10	
			PLANO	PY-232712	CODIGO			PY-232712	
			MATERIAL	DIMENSIONES	MAQ	HTA (uni)	Ø	N(rpm)	T (mint)
	1045	Ø35x75							
P	O	SP	DESIGNACION	CROQUIS					
1	1		REFRENTADO		TORNO	T1	30		
1	2		CILINDRADO		TORNO	T1	30		
1	3		PERFORADO		TORNO	T2	2		
1	4		TRONZADO		TORNO	T2	30		
2	5		PLANEADO		CENTRO	T3	16		
3	6	1	PERFORADO		TORNO	T5	10		

TOTAL DE HERRAMIENTAS					5					
TIEMPO TOTAL DE MECANIZADO										
TOTAL DE MAQUINAS					2		TOTAL DE PROCESOS			3
TOTAL DE OPERACIONES					6					
TOTAL DE SUB OPERACIONES					2					



DENOMINACION	VALOR	UNIDADES
TAMAÑO DE LOTE	100	UNI
TIEMPO DE MECANIZADO POR UNIDAD ( $T_{mec-uni}$ )	1,25	minutos
TIEMPO DE PREPARACION POR UNIDAD ( $T_{p-uni}$ )	3,80	minutos
TIEMPO DE FABRICACION POR UNIDAD ( $T_{f-uni}$ )	8,85	minutos
TIEMPO DE MECANIZADO POR LOTE ( $T_{mec-Lote}$ )	124,53	minutos
TIEMPO DE PREPARACION POR LOTE ( $T_{p-Lote}$ )	380,00	minutos
TIEMPO DE FABRICACION POR LOTE ( $T_{f-Lote}$ )	884,53	minutos



#### **4.4.-Mejoras en empresas del sector metal mecánico**

Dentro de las mejoras que se han desarrollado en la pequeña empresa donde aplico la tesis son las siguientes:

- 1) Distribución de planta.
- 2) Hojas de procesos de fabricación.
- 3) Gestión de información de fabricación.
- 4) Mejora en proceso de costeo de procesos de fabricación.
- 5) Reducción de tiempo preparación en los procesos de fabricación.
- 6) Una optima planeación de procesos de fabricación.

Estos puntos mencionados son las mejoras que por secuencia del uso de modelo de planeación de los procesos de fabricación esta enfocado.

##### **4.4.1.-Distribución de planta.-**

No considero en un inicio un orden en la forma de trabajo y no se analizo el espacio que es necesario para poder realizar todos los trabajos en planta.

Para este caso por el tipo de empresa donde desarrollamos nuestra investigación empleamos una distribución de planta del tipo de línea recta.

Comprando con una distribución de planta ideal que es el de tipo "U" en la cual una de las más grandes ventajas que se presenta dentro de este tipo de distribución es la gran flexibilidad para aumentar o disminuir el número necesario de trabajadores, adaptándose a los cambios, pero nuestra limitación que se presenta en la planta es el tamaño y el número de máquinas por lo cual se adopto a la realidad de la empresa, pero si considerando los requisitos mínimos en distribución de planta.



FIGURA-021 / FOTOS DE

En la FIGURA-021 / FOTOS DE MAQUINAS Se muestra antes de la investigación el orden que se presenta en la empresa

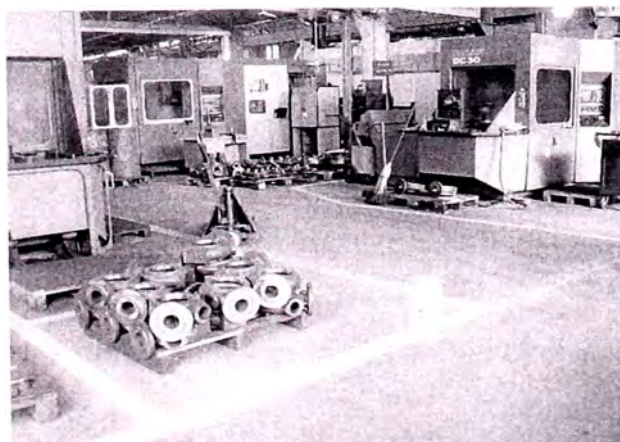


FIGURA-022 / FOTOS DE  
MAQUINAS

FIGURA-022 Se muestra el nuevo ordenamiento y la distribución de planta que se le da a la empresa.

#### **4.4.2.-Hojas de procesos de fabricación.-**

La empresa en un inicio nunca considero la creación de hoja de procesos, lo cual ellos no podían analizar los procesos de fabricación ya que solo lo basaban a la experiencia que tenían en los procesos de fabricación y no consideraban otras variables dentro de los proceso de fabricación.

Es un documento diseñado para efectuar el seguimiento evaluación y control de las diferentes operaciones de mecanizado en la fabricación de una pieza y nos permite la planificación de todas las operaciones, uso de herramientas de corte así como las condiciones de máquina y tiempos de fabricación de operación y preparatorio

Lo que se busca en el desarrollo de hoja de proceso de fabricación es:

- 1) Identificar las operaciones de mecanizado.
- 2) Identificar el uso de las máquinas herramientas para la fabricación de las piezas
- 3) Indicar las condiciones de corte en las operaciones de mecanizado



- 4) Identificar los tiempos en cada una de las operaciones de mecanizado así como el tiempo total empleado en los procesos de fabricación.
- 5) Identificar las herramientas empleadas para el proceso de fabricación
- 6) Documentar observaciones no consideradas en los procesos de mecanizado.
- 7) Servir de base para establecer controles dentro de los procesos de fabricaron.
- 8) Servir de base para poder generar conocimiento en los procesos de fabricación ya que nos permite gestionar el conocimiento que se tiene en los procesos de fabricación.

Como podemos observar en el desarrollo de la hoja de proceso para los diferentes proceso de fabricación.

#### 1) Gestión de información de fabricación.-

Gestión de la Información de la fabricación sirve como un banco central de conocimientos de historiales de los procesos, e impulsa la integración e intercambio de información entre todos los niveles de la empresa, inclusive.

La solución de software para manufactura que manejan la información tradicionalmente contenida en documentos de ingeniería, hoja de proceso de fabricación, ordenes producción y documentación de

calidad, dentro de una sola aplicación que es compartida en toda la organización.

Administración de lista de materiales (BOM) para apoyar formatos de nivel único, que reconoce los materiales y componentes requeridos para los procesos de fabricación.

Rutas detalladas que permiten planeación, programación y costeo de productos eficientemente

Control y administración total de cambios de ingeniería, control de revisión múltiple de productos, administración del flujo de trabajo de ingeniería y análisis de costos detallados durante el proceso de diseño

## 2) Mejora en proceso de costeo de procesos de fabricación.-

Análisis preciso y flexible de costos de productos en bases a cliente por cliente, parte por parte y trabajo por trabajo

Configuración sobre la marcha de productos altamente personalizables y dimensionables por medio de una evaluación directa de preguntas y respuestas, accesible para cotizar.

## 3) Reducción de tiempo preparación en los procesos de fabricación.-

Con la aplicación de las técnicas matemáticas se genera conocimiento de los tiempos de preparación involucrados en cada proceso de fabricación, como se plantea en el caso de aplicación dentro de los cuales se considero

- TM= Tiempo de montaje.
- TC=Tiempo de centraje de la pieza.

- TCI=Tiempo de cambio de inserto.
- TCM=Tiempo de control de medidas.
- TD=Tiempo de desmontaje.
- TO= Tiempo operativo

4) Una optima planeación de procesos de fabricación.-

Empleando las técnicas de matemáticas de los modelos de optimización podremos optimizar los tiempos de mecanizado.

#### 4.5.-Políticas de producción

Dentro de las consideraciones que se presentan para las políticas de producción se consideran las que toma, la del moldeo de optimización lo que busca es de reducir el tiempo de espera entre operación de mecanizado o el denominado MAKESPAN

- FIFO (first in first out): la primera orden que llega es la primera que entra en el Centro de Trabajo.
- LIFO (last in first out): la última orden que llega es la primera que entra en el Centro de Trabajo.
- Prioridad por valor económico del pedido: reduce el valor de las existencias en curso.
- Importancia del cliente.
- Tiempo de operación más corto (Shortest Process Time o SPT): la secuencia se establece en función de los tiempos de proceso en Centro de Trabajo.
- Se introducen en orden creciente de tiempos, primero los más cortos. Así conseguimos reducir la espera media de las órdenes.

- Tiempo de operación más largo (Longest Process Time o LPT): preferencia de los pedidos de tiempos largos.
- Lote con la fecha de entrega más cercana (Earliest Due Date o EDD): maximiza el flujo de tesorería.
- Random: se introducen las órdenes aleatoriamente.
- Margen Total (Slack): definido como la diferencia entre la fecha de entrega y la fecha actual y el tiempo total de las operaciones que le quedan al lote. Las órdenes entran en orden de margen creciente, primero las que tienen menos margen. Las órdenes con margen negativo se entregarán fuera de plazo salvo medidas extraordinarias.
- Modelos matemáticos que minimizan el coste del inmovilizado en curso de fabricación y los tiempos de paro de máquinas.
- La aplicación de estas reglas de prioridad puede dar lugar a resultados más o menos adecuados en cada caso. Para la toma de decisiones de programación en la empresa suele hacerse una simulación con todos los pedidos, de modo que, valorando el volumen de la obra en curso, los tiempos de paro en las máquinas y las fechas de terminación de los pedidos, se puede establecer una valoración económica de cada alternativa para decidir que programa adoptar.
- Los parámetros para medir la eficacia de las reglas de prioridad pueden ser: Tiempo de ejecución del lote y en el taller, adelanto sobre la fecha de entrega del lote, retraso sobre la fecha de entrega del lote.

## 6.- Criterios de Economía de Mecanizado y MOP

Todo proceso productivo debe tener presente el volumen de producción y los costos involucrados dentro del volumen de producción, cada uno debe

decidir se está enfocado a maximizar la cantidad producidas a minimizar los costos o a optimizar el proceso.

Para poder estudiar este problema debemos tener presente todos los costos y tiempos incurridos en la fabricación de las piezas.

En el criterio de economía de mecanizado considera que las únicas variables manejables que son la velocidad de corte y el avance y se puede asumir que el desgaste de la herramienta, el número de herramientas etc. son directamente dependientes de estas variables.

Como se describió que el avance se calcula de acuerdo a criterios de la calidad superficial y de potencia máxima en el desbaste por que lo que la velocidad de corte se calcula de acuerdo a criterios económicos.

Las distintas variables de interés para los cálculos se describen a continuación.

$T_I$  = Tiempo de preparación

$T_m$  = Tiempo de mecanizado

$T_{ct}$  = Tiempo de cambio de herramienta

$N_b$  = Numero de piezas mecanizadas

$N_t$  = Numero de herramientas usadas

$C_t$  = Costo de herramienta

$M$  = Costo general por unidad de tiempo, en el cual se considera la mano de obra

CPT = Costo de producción total

$$CPT = M * (Nb * Tl + Nb * Tm + Nt * Tct) + Nt * Ct$$

Si dividimos por el numero de unidades producidas entonces

$$\text{Costo por unidad} = M * Tl + M * Tm + (Nt / Nb) * M * Tct + (Nt / Nb) * Ct$$

Aplicando ala formula de Taylor para la vida de la herramienta

$$V / Vr = (Tr / T)^n$$

Se puede determinar la siguiente relación

$$Nt / Nb = Tm / T = (Tm / Tr) * (V / Vr)^{1/n}$$

La relación anterior indica que el tiempo total de mecanizado  $N_b \cdot T_m$ , debe ser igual al tiempo de vida de una herramienta por el número de herramientas usadas  $N_t \cdot T$

Para todo proceso de mecanizado el tiempo de mecanizado se puede describir como:

$$T_m = k / V$$

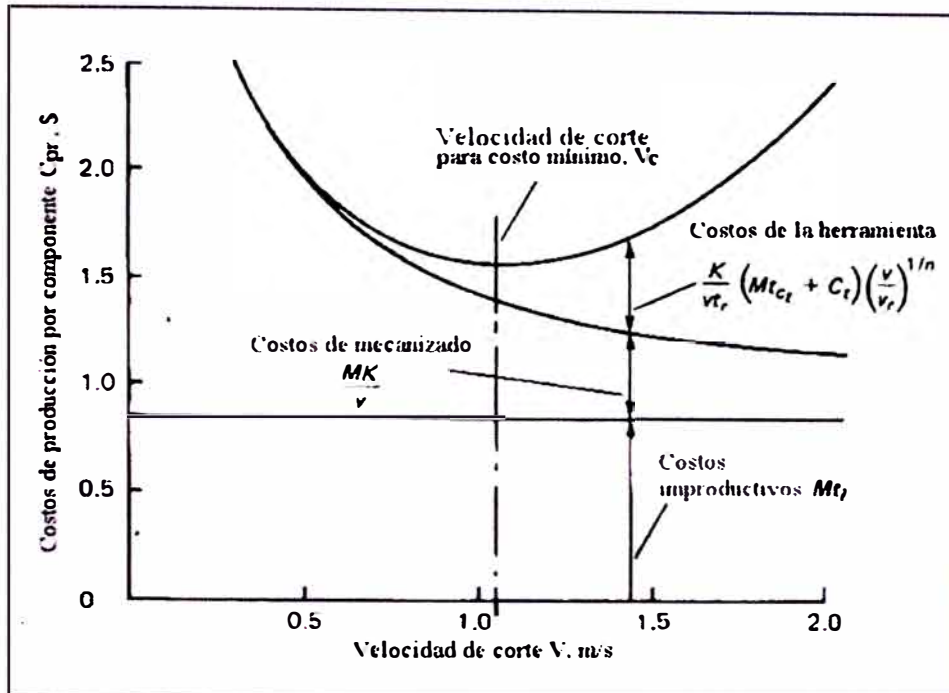
Para nuestro caso la operación con velocidad de corte constante es el cilindrado siguiendo nuestro análisis,

Encontramos que la velocidad de corte óptima para el costo mínimo de producción es.

$$V_c = V_r * ((n/1-n) * (M \cdot T_r / M \cdot T_{ct} + C_t))^n$$

Encontramos que la velocidad de corte óptima para el tiempo mínimo de producción.

$$V_p = V_r * ((n/1-n) * (T_r / T_{ct}))^n$$



De las dos minimizaciones anteriores obtenemos las velocidad de corte optimas según dos criterios. Para obtener los tiempos de vida de la herramienta para cada uno de estos criterios usamos la ecuación de Taylor

$$V_c * T_c^n = V_r * T_r^n$$

$$V_p * T_p^n = V_r * T_r^n$$

Despejando de las ecuaciones obtenemos los siguientes tiempos.

$$T_c = ((1-n)/n) * (T_{ct} + (C_t / M))$$

$$T_p = ((1-n)/n) * T_{ct}$$



Para un proceso de mecanizado se pueden calcular la velocidad y tiempo para la eficiencia máxima. Estos se obtienen maximizando la utilidad por unidad de tiempo si se reemplaza el costo y el tiempo de producción derivando e igualando a cero.

$$V_{ef} = V_r * (T_r / T_{ef})^n$$

$$T_{ef} = (1-n)/n * (T_{ct} + (T_l * C_t)/S) + ((C_t * K) / (n * S * V_r)) * (T_{ef} / T_r)^n$$

## **RESULTADOS DE CASO DE APLICACIÓN**

- La consideración de tiempos de preparación son importantes para los procesos de mecanizado ya que según su caso de aplicación pueden ser mayores al proceso mismo de fabricación
- Para la programación de los procesos de fabricación se debe considerar  $\text{Tiempo de Fabricación} = \text{Tiempo Operativo} + \text{Tiempo de Preparación}$ .
- La reducción de los costos de fabricación para el trabajo de investigación esta enfocado a la minimización de los tiempos de espera entre cada proceso de fabricación.
- Las teorías de mecanizado no aplican una técnica con la cual podremos tener un dato más cercano al tiempo total de fabricación.
- El criterio empleado para el análisis del caso de aplicación es el de la busca comparara con los criterios de economía de mecanizado

## **CONCLUSIONES**

- El proceso de optimización de los costos de fabricación de piezas mecánicas se han obtenido de la minimización de los tiempos de espera de fabricación antes de ingresar al proceso de mecanizado, tal como lo explica el modelo que se ha planteado.
- Los tiempos de preparación analizados en el presente estudio solo deben aplicarse para el tipo de máquina que intervienen en el presente trabajo de investigación.
- Logrando una óptima programación de la producción podremos lograr un mejor uso de las máquinas y por consiguiente reducir los tiempos de espera entre procesos de mecanizado.
- El modelo de optimización es flexible pues reformulando la función objetivo obtendremos nuevas políticas propias de la realidad de cada empresa.

## RECOMENDACIONES

- Para minimizar los costos de fabricación, uno de los criterios válidos es lograr la minimización de los tiempos de espera entre los procesos de fabricación, pero no es el único criterio válido para lograr la minimización del costo de fabricación.
- Los tiempos de preparación no se podrían estandarizar como válidos para todas las máquinas herramientas ya que cada tipo de máquina y dispositivos de sujeción variaría los tiempos de preparación lo cual no contempla el estudio y el entrenamiento de cada tipo de RNA tiene que ser particular.
- El criterio que se desarrolló en el presente trabajo de investigación es poder minimizar los tiempos de espera pero no es el único criterio para poder lograr una óptima programación de producción.
- La programación de producción esta enfocada a la política propia de cada empresa, la cual buscara reducir costos o tiempos según su propia necesidad.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **CAD** = Diseño asistido por computador.
- **CAM** = Manufactura asistida por computador.
- **CAPP** = Planeamiento de procesos asistida por computador.
- **CNC** = Control numérico computarizado.
- **NC** = Control numérico.
- **Planeamiento** = El planeamiento en el sentido más universal implica tener uno o varios objetivos a realizar junto con las acciones requeridas para concluirse.
- **Tiempo de Fabricación (TF)**= El tiempo total de mecanizado el cual está compuesto por los tiempos de operación y los tiempos preparatorios.
- **Tiempo de Operación (TO)**= Es el tiempo efectivo del proceso de fabricación de una pieza.
- **Tiempo Preparación (TP)**= Tiempos de preparación de herramientas, Tiempos de control de medida, Tiempos de montaje y desmontaje, tiempo de centraje.
- **Programación de la producción** = Plan de trabajo para los procesos de fabricación durante un periodo determinado.
  
- **Sistemas Flow shop** = Se basa en un tipo de programación de la producción, que se realiza en función a rutas conocidas de cada pieza que vamos a fabricar
- **Técnicas MTM** = Medición de tiempo y Movimiento
- **Minería de Datos** = Es un proceso de extracción de información de un grupo de datos y su uso es para poder tomar decisiones.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **Libros**

- Autor: Mikell P. Groover  
Titulo: Fundamentos de Manufactura Moderna  
Editorial: Prentice Hall
- Autor: G.D. Eppen ; F.J. Gould  
Titulo: Investigación de Operaciones en la Ciencia  
Administrativa  
Editorial: PEARSON
- Autor: Wayne L. Winston  
Titulo: Investigación de operaciones Aplicación y algoritmos  
Editorial: THOMSON
- Autor: Santiago García Gonzáles  
Titulo: Dirección de Operaciones  
Editorial: Mc. GrawHill
- Autor: Manuel Córdova Zamora  
Titulo: Estadística Descriptiva e Inferencias  
Editorial: Moshera

- **Tesis**

**Tesis:** Fabricación de piezas en máquinas herramientas convencionales y C.N.C.

**Autor:** Ing. Víctor Manuel López Castillo / UNI - PERU

**Tesis:** Planeación de procesos de fabricación y optimización de costos de fabricación

**Autor:** Ing. Manuel Antonio López Miranda / URP – PERU

**Tesis:** Scheduling parallel CNC machines with time/Cost trade-Off considerations

**Autores:** Sinna Gurel M. / Selim Aktur / University Bilkent - Turquía

**Tesis:** Minimizing cycle time in a blocking flowshop

**Autores:** Kamal Abadi Nicholas G / Chelliah Sriskandarajah / University of Texas at Dallas -E.E.U.U.

**Tesis:** Scheduling of Multi-class Single-Server queues under nontraditional performance measures

**Autores:** Hayriye Ayhan / Tava Lennon Olsen / University of Michigan - E.E.U.U.

**Tesis:** Effective sequencing rules for closed manufacturing networks

**Autores:** Wendell G. Gilliland / University of North Carolina - E.E.U.U.

**Tesis:** A Method to Optimize Scheduling in Small Batch Manufacturing

**Autores:** Adrian Guillermo Ricardo Lucero, Abelardo Alves de Queiroz / UFSC –Brazil

**Tesis: Un procedimiento GRASP para la programación de pedidos en máquinas paralelas con tiempos de preparación**

**Autores: Imma Ribas/Ramon Companys / UPC -España**

**Tesis: Estudio sobre el sistema de cambios rapidos de referencia en la industria de mecanizado CNC bajo la filosofia SMED**

**Autores: Jorge Amiller Bastidas Muñoz/EAFIT-Colombia**

**Tesis: Un Sistema Inmune Artificial para Resolver el Problema del Job Shop Scheduling**

**Autores: Daniel Cortes Rivera/CINVESTAV - Mexico**



## **ANEXOS**

- **Tabla de Observaciones en el torno** **155**
- **Tabla de Observaciones en la fresadora** **165**
- **Tabla de características de máquinas** **170**

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-002
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	1/3	100
					Td	TO	Total
1	31,8	8,5	8,1	8,5	8,5	13,0	78,4
2	36,7	8,1	8,5	9,2	9,2	13,0	84,7
3	37,4	8,5	8,8	9,2	8,8	13,0	85,8
4	36,7	9,2	9,5	8,5	8,8	13,0	85,8
5	32,1	10,2	7,8	8,5	8,6	13,0	80,3
6	36,0	7,8	8,1	7,8	8,1	13,0	80,8
7	36,7	8,5	8,1	8,5	9,2	13,0	83,9
8	37,4	9,2	8,0	8,5	9,0	13,0	85,1
9	36,7	9,2	8,1	8,5	9,2	13,0	84,7
10	36,4	8,5	7,9	10,6	8,8	13,0	85,2
11	36,0	8,5	8,0	10,6	8,3	13,0	84,4
12	32,1	10,2	8,1	10,6	8,8	13,0	82,9
13	31,8	8,5	8,5	10,6	9,2	13,0	81,5
14	31,4	8,5	8,1	10,6	8,6	13,0	80,3
15	32,1	9,2	8,3	8,5	8,8	13,0	80,0
16	32,1	9,9	8,3	8,5	9,0	13,0	80,8
17	31,8	4,1	8,3	9,9	8,8	13,0	75,9
18	31,9	4,4	8,5	9,9	8,6	13,0	76,3
19	32,0	8,1	8,8	9,9	8,3	13,0	80,2
20	32,4	8,5	9,5	9,9	8,3	13,0	81,5
21	36,0	9,2	10,2	9,9	8,2	13,0	86,5
22	35,3	8,5	8,8	9,2	8,1	13,0	82,9
23	35,3	8,1	10,2	9,2	8,5	13,0	84,4
24	35,3	7,8	8,8	9,2	8,3	13,0	82,4
25	35,3	7,8	8,1	8,5	8,6	13,0	81,2
26	35,3	7,4	8,1	9,2	8,5	13,0	81,5
27	36,0	8,1	8,5	9,9	8,1	13,0	83,6
28	36,7	8,5	8,1	9,2	8,3	13,0	83,9
29	37,4	7,9	8,5	7,8	8,3	13,0	82,9
30	36,7	7,9	8,1	7,8	8,5	13,0	82,0
31	36,0	8,1	8,5	8,5	8,6	13,0	82,7
32	35,3	8,5	8,1	8,5	9,2	13,0	82,6
33	35,3	7,8	8,5	8,5	9,3	13,0	82,3
34	35,3	9,2	9,5	8,5	9,5	13,0	85,1
35	31,8	8,8	8,1	9,9	8,8	13,0	80,5
36	31,8	8,6	8,5	9,9	8,6	13,0	80,4
37	31,8	8,1	8,1	9,9	8,9	13,0	79,8
38	36,7	8,5	8,5	9,9	9,0	13,0	85,6
39	36,0	8,1	8,1	9,2	9,0	13,0	83,5
40	35,3	8,1	8,8	10,6	9,2	13,0	85,1
41	35,3	8,5	9,2	7,8	8,8	13,0	82,6
42	32,4	8,1	9,5	9,2	8,8	13,0	81,0
43	32,3	8,5	10,2	9,2	8,6	13,0	81,8
44	32,2	7,8	8,5	9,2	9,2	13,0	79,8
45	32,1	8,1	8,8	8,5	9,0	13,0	79,6
46	31,9	8,3	9,7	8,5	9,0	13,0	80,5
47	31,8	8,5	9,9	8,5	8,9	13,0	80,5
48	35,3	9,2	8,1	8,5	8,8	13,0	82,9
49	37,4	10,2	8,5	8,5	9,2	13,0	86,8
50	37,4	9,5	9,5	8,5	8,8	13,0	86,8

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-001
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	2/3	100
					Td	TO	Total
51	35,3	7,4	8,1	9,2	8,5	13,0	81,5
52	36,0	8,1	8,5	9,9	8,1	13,0	83,6
53	36,7	8,5	8,1	9,2	8,3	13,0	83,9
54	37,4	7,9	8,5	7,8	8,3	13,0	82,9
55	36,7	7,9	8,1	7,8	8,5	13,0	82,0
56	36,0	8,1	8,5	8,5	8,6	13,0	82,7
57	35,3	8,5	8,1	8,5	9,2	13,0	82,6
58	35,3	7,4	8,1	9,2	8,5	13,0	81,5
59	36,0	8,1	8,5	9,9	8,1	13,0	83,6
60	36,7	8,5	8,1	9,2	8,3	13,0	83,9
61	37,4	7,9	8,5	7,8	8,3	13,0	82,9
62	35,3	7,4	8,1	9,2	8,5	13,0	81,5
63	36,0	8,1	8,5	9,9	8,1	13,0	83,6
64	36,7	8,5	8,1	9,2	8,3	13,0	83,9
65	37,4	7,9	8,5	7,8	8,3	13,0	82,9
66	36,7	7,9	8,1	7,8	8,5	13,0	82,0
67	36,0	8,1	8,5	8,5	8,6	13,0	82,7
68	35,3	8,5	8,1	8,5	9,2	13,0	82,6
69	36,7	8,1	8,5	9,2	9,2	13,0	84,7
70	37,4	8,5	8,8	9,2	8,8	13,0	85,8
71	36,7	9,2	9,5	8,5	8,8	13,0	85,8
72	32,1	10,2	7,8	8,5	8,6	13,0	80,3
73	36,0	7,8	8,1	7,8	8,1	13,0	80,8
74	36,7	8,5	8,1	8,5	9,2	13,0	83,9
75	37,4	9,2	8,0	8,5	9,0	13,0	85,1
76	36,7	9,2	8,1	8,5	9,2	13,0	84,7
77	36,4	8,5	7,9	10,6	8,8	13,0	85,2
78	36,0	8,5	8,0	10,6	8,3	13,0	84,4
79	32,1	10,2	8,1	10,6	8,8	13,0	82,9
80	31,8	8,5	8,5	10,6	9,2	13,0	81,5
81	31,4	8,5	8,1	10,6	8,6	13,0	80,3
82	32,1	9,2	8,3	8,5	8,8	13,0	80,0
83	32,1	9,9	8,3	8,5	9,0	13,0	80,8
84	31,8	4,1	8,3	9,9	8,8	13,0	75,9
85	31,9	4,4	8,5	9,9	8,6	13,0	76,3
86	32,0	8,1	8,8	9,9	8,3	13,0	80,2
87	32,4	8,5	9,5	9,9	8,3	13,0	81,5
88	36,0	9,2	10,2	9,9	8,2	13,0	86,5
89	35,3	8,5	8,8	9,2	8,1	13,0	82,9
90	35,3	8,1	10,2	9,2	8,5	13,0	84,4
91	31,8	4,1	8,3	9,9	8,8	13,0	75,9
92	31,8	4,1	8,3	9,9	8,8	13,0	75,9
93	31,8	4,1	8,3	9,9	8,8	13,0	75,9
94	31,8	4,1	8,3	9,9	8,8	13,0	75,9
95	31,9	4,4	8,5	9,9	8,6	13,0	76,3
96	32,0	8,1	8,8	9,9	8,3	13,0	80,2
97	32,4	8,5	9,5	9,9	8,3	13,0	81,5
98	36,0	9,2	10,2	9,9	8,2	13,0	86,5
99	35,3	8,5	8,8	9,2	8,1	13,0	82,9
100	35,3	8,1	10,2	9,2	8,5	13,0	84,4

TABLA 001		Cuadro Resumen de Observaciones	
N°	Denominación	Dato	Unidades
1	Diametro Maximo	200	mm
2	Longitud Maxima	100	mm
3	Dia-Long Maximo de Pza	20000	mm`2
4	Numero de Operaciones	1	--
5	Promedio de Tiempo de Montaje / Tm	34,65	Minutos
6	Promedio de Centraje / Tc	8,12	Minutos
7	Promedio de Tiempo de Cambio de inserto / Tci	8,59	Minutos
8	Promedio de Control Dimensional / Tcm	9,17	Minutos
9	Promedio de Tiempo de desmontaje / Td	8,67	Minutos
10	Promedio de Tiempo Operativo / To	13,00	Minutos
11	Promedio Total	82,2	Minutos
12	Relación en % de valores de Tm	42,15	Tm
13	Relación en % de valores de Tc	9,88	Tc
14	Relación en % de valores de Tci	10,45	Tci
15	Relación en % de valores de Tcm	11,16	Tcm
16	Relación en % de valores de Td	10,55	Td
17	Relación en % de valores de To	15,81	To
18	Código de Máquina	MAQ-1	
19	Numero de Observaciones	100	



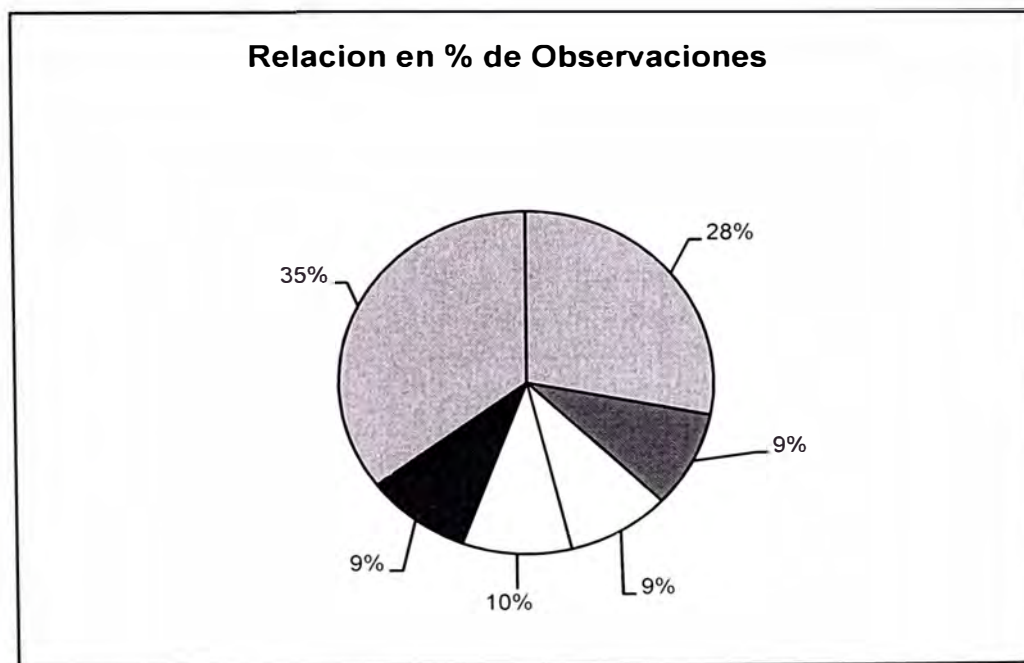
### Resultados de Observaciones

- 1.-En general para un proceso de fabricación se necesita cerca de un 42% en tiempos de Preparación
- 2.-En general para un proceso de fabricación solo solo el 58% representa el proceso operativo de fabricación
- 3.-El tiempo de Montaje ( Tm ) representa en promedio 21%
- 4.-El tiempo de Centraje ( Tc ) representa en promedio 5%
- 5.-El tiempo de Cambio de Inserto ( Tci ) representa en promedio 5%
- 6.-El tiempo de Control de Medida ( Tcm ) representa en promedio 6%
- 7.-El tiempo de Desmontaje ( Td ) representa en promedio 5%
- 8.-El tiempo de ( Tm ) representa en promedio 58%

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-002
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	1/3	100
					Td	TO	Total
1	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
2	16,1	4,4	3,6	5,6	4,7	18,0	52,3
3	14,3	3,8	5,0	5,1	3,3	18,0	49,4
4	14,3	3,7	6,2	4,0	5,0	18,0	51,2
5	12,2	5,3	4,9	3,7	5,7	18,0	49,8
6	15,5	4,2	4,8	5,3	4,6	18,0	52,4
7	15,9	4,4	4,5	3,5	3,6	18,0	49,9
8	16,2	5,2	4,8	4,0	3,6	18,0	51,8
9	15,6	4,0	4,9	5,3	3,9	18,0	51,7
10	16,1	5,6	3,7	6,1	4,9	18,0	54,4
11	14,4	5,1	4,3	5,8	5,5	18,0	53,2
12	13,0	5,0	5,3	5,1	5,1	18,0	51,4
13	12,0	3,7	5,0	5,3	5,1	18,0	49,2
14	14,2	5,4	3,4	5,8	4,3	18,0	51,1
15	13,9	4,2	4,9	4,0	4,4	18,0	49,4
16	14,6	5,7	4,6	5,8	4,9	18,0	53,6
17	14,3	3,3	4,5	5,3	4,1	18,0	49,4
18	13,6	3,0	4,7	5,8	4,0	18,0	49,2
19	12,0	4,6	5,0	5,3	4,1	18,0	49,0
20	14,2	4,8	5,9	4,5	5,2	18,0	52,6
21	15,5	5,3	5,2	6,1	5,3	18,0	55,5
22	13,7	5,7	4,9	4,5	3,1	18,0	49,9
23	15,6	4,2	5,7	5,8	5,8	18,0	55,2
24	14,4	4,4	3,8	4,5	5,4	18,0	50,5
25	15,0	4,6	3,5	4,8	4,5	18,0	50,5
26	15,3	5,3	5,4	5,8	5,8	18,0	55,6
27	15,3	5,2	4,3	4,0	4,9	18,0	51,7
28	15,7	4,4	3,1	5,1	4,1	18,0	50,3
29	15,4	3,3	4,2	4,0	5,2	18,0	50,2
30	13,9	4,9	3,4	4,8	4,5	18,0	49,5
31	14,9	5,2	5,2	4,3	4,1	18,0	51,7
32	13,6	4,2	3,8	4,0	6,1	18,0	49,6
33	14,6	3,6	5,8	3,2	3,8	18,0	49,0
34	14,4	4,5	4,7	4,0	5,5	18,0	51,1
35	13,9	3,6	4,1	5,1	3,8	18,0	48,5
36	13,5	5,6	5,1	6,4	3,9	18,0	52,5
37	13,4	5,2	3,7	4,0	5,2	18,0	49,5
38	16,3	4,4	5,8	5,8	3,7	18,0	54,0
39	14,6	5,2	3,8	5,8	3,6	18,0	51,1
40	15,1	3,2	3,4	4,8	5,9	18,0	50,4
41	13,9	5,4	6,0	4,3	5,2	18,0	52,8
42	13,8	5,1	5,6	4,0	5,6	18,0	52,0
43	14,7	4,0	4,1	4,8	5,2	18,0	50,9
44	13,3	5,3	3,7	3,7	4,8	18,0	48,7
45	13,3	5,5	3,8	4,5	3,5	18,0	48,6
46	14,3	5,6	6,1	5,3	4,3	18,0	53,6
47	12,3	4,6	5,2	5,6	5,6	18,0	51,2
48	15,1	5,7	3,3	5,1	4,9	18,0	52,2
49	15,8	4,4	3,8	5,8	5,8	18,0	53,7
50	16,3	5,9	6,0	3,7	4,5	18,0	54,4

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-001
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
					Página	2/3	100
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Td	TO	Total
51	15,1	3,2	3,4	4,8	5,9	18,0	50,4
52	13,9	5,4	6,0	4,3	5,2	18,0	52,8
53	13,8	5,1	5,6	4,0	5,6	18,0	52,0
54	14,7	4,0	4,1	4,8	5,2	18,0	50,9
55	13,3	5,3	3,7	3,7	4,8	18,0	48,7
56	13,3	5,5	3,8	4,5	3,5	18,0	48,6
57	14,3	5,6	6,1	5,3	4,3	18,0	53,6
58	12,3	4,6	5,2	5,6	5,6	18,0	51,2
59	15,1	5,7	3,3	5,1	4,9	18,0	52,2
60	15,8	4,4	3,8	5,8	5,8	18,0	53,7
61	16,3	5,9	6,0	3,7	4,5	18,0	54,4
62	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
63	16,1	4,4	3,6	5,6	4,7	18,0	52,3
64	14,3	3,8	5,0	5,1	3,3	18,0	49,4
65	14,3	3,7	6,2	4,0	5,0	18,0	51,2
66	12,2	5,3	4,9	3,7	5,7	18,0	49,8
67	15,5	4,2	4,8	5,3	4,6	18,0	52,4
68	15,9	4,4	4,5	3,5	3,6	18,0	49,9
69	16,2	5,2	4,8	4,0	3,6	18,0	51,8
70	15,6	4,0	4,9	5,3	3,9	18,0	51,7
71	16,1	5,6	3,7	6,1	4,9	18,0	54,4
72	14,4	5,1	4,3	5,8	5,5	18,0	53,2
73	13,0	5,0	5,3	5,1	5,1	18,0	51,4
74	12,0	3,7	5,0	5,3	5,1	18,0	49,2
75	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
76	16,1	4,4	3,6	5,6	4,7	18,0	52,3
77	14,3	3,8	5,0	5,1	3,3	18,0	49,4
78	14,3	3,7	6,2	4,0	5,0	18,0	51,2
79	12,2	5,3	4,9	3,7	5,7	18,0	49,8
80	15,5	4,2	4,8	5,3	4,6	18,0	52,4
81	15,9	4,4	4,5	3,5	3,6	18,0	49,9
82	16,2	5,2	4,8	4,0	3,6	18,0	51,8
83	15,6	4,0	4,9	5,3	3,9	18,0	51,7
84	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
85	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
86	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
87	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
88	12,8	5,2	3,7	4,8	4,8	18,0	49,3
89	16,1	4,4	3,6	5,6	4,7	18,0	52,3
90	14,3	3,8	5,0	5,1	3,3	18,0	49,4
91	14,3	3,7	6,2	4,0	5,0	18,0	51,2
92	12,2	5,3	4,9	3,7	5,7	18,0	49,8
93	15,5	4,2	4,8	5,3	4,6	18,0	52,4
94	15,9	4,4	4,5	3,5	3,6	18,0	49,9
95	16,2	5,2	4,8	4,0	3,6	18,0	51,8
96	15,6	4,0	4,9	5,3	3,9	18,0	51,7
97	16,1	5,6	3,7	6,1	4,9	18,0	54,4
98	14,4	5,1	4,3	5,8	5,5	18,0	53,2
99	13,0	5,0	5,3	5,1	5,1	18,0	51,4
100	12,0	3,7	5,0	5,3	5,1	18,0	49,2

TABLA 001		Cuadro Resumen de Observaciones	
N°	Denominación	Dato	Unidades
1	Diametro Maximo	250	mm
2	Longitud Maxima	150	mm
3	Dia-Long Maximo de Pza	37500	mm`2
4	Numero de Operaciones	1	--
5	Promedio de Tiempo de Montaje / Tm	14,41	Minutos
6	Promedio de Centraje / Tc	4,69	Minutos
7	Promedio de Tiempo de Cambio de inserto / Tci	4,60	Minutos
8	Promedio de Control Dimensional / Tcm	4,83	Minutos
9	Promedio de Tiempo de desmontaje / Td	4,68	Minutos
10	Promedio de Tiempo Operativo / To	18,00	Minutos
11	Promedio Total	51,2	Minutos
12	Relación en % de valores de Tm	28,13	Tm
13	Relación en % de valores de Tc	9,16	Tc
14	Relación en % de valores de Tci	8,99	Tci
15	Relación en % de valores de Tcm	9,43	Tcm
16	Relación en % de valores de Td	9,14	Td
17	Relación en % de valores de To	35,15	To
18	Código de Máquina	MAQ-1	
19	Numero de Observaciones	100	



### Resultados de Observaciones

- 1.-En general para un proceso de fabricación se necesita cerca de un 42% en tiempos de Preparación
- 2.-En general para un proceso de fabricación solo solo el 58% representa el proceso operativo de fabricación
- 3.-El tiempo de Montaje ( Tm ) representa en promedio 18%
- 4.-El tiempo de Centraje ( Tc ) representa en promedio 6%
- 5.-El tiempo de Cambio de Inserto ( Tci ) representa en promedio 6%
- 6.-El tiempo de Control de Medida ( Tcm ) representa en promedio 6%
- 7.-El tiempo de Desmontaje ( Td ) representa en promedio 6%
- 8.-El tiempo de ( Tm ) representa en promedio 58%

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-002
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	1/3	100
					Td	TO	Total
1	21,8	11,2	8,5	10,1	10,6	32,0	94,2
2	25,4	8,2	11,8	15,4	14,1	32,0	106,8
3	22,0	9,8	13,0	9,8	12,9	32,0	99,6
4	20,8	11,5	13,1	11,2	15,0	32,0	103,5
5	20,1	14,1	11,7	15,4	16,2	32,0	109,6
6	19,2	13,1	12,8	16,2	15,4	32,0	108,7
7	23,3	13,5	11,5	9,8	9,5	32,0	99,6
8	24,1	9,0	11,4	10,1	7,7	32,0	94,4
9	25,1	12,0	15,2	10,6	11,5	32,0	106,4
10	23,6	11,1	9,3	10,1	12,7	32,0	98,8
11	22,0	10,1	13,1	14,1	13,8	32,0	105,1
12	17,9	10,0	11,5	15,2	16,9	32,0	103,4
13	19,8	10,3	16,4	14,4	13,9	32,0	106,8
14	19,7	12,5	9,5	10,6	8,5	32,0	92,8
15	23,2	10,9	9,9	12,5	12,4	32,0	100,8
16	23,7	11,5	12,2	11,4	12,0	32,0	102,9
17	23,0	8,3	14,4	10,9	10,2	32,0	98,8
18	20,5	9,0	13,6	13,6	10,0	32,0	98,7
19	18,9	10,2	13,6	11,2	15,3	32,0	101,1
20	27,7	14,7	14,4	13,8	11,8	32,0	114,5
21	23,5	12,5	13,4	15,9	15,5	32,0	112,9
22	23,1	15,0	15,1	12,0	12,0	32,0	109,2
23	24,7	11,6	14,9	13,0	10,9	32,0	107,2
24	23,3	10,5	15,4	14,1	14,2	32,0	109,5
25	24,0	11,9	9,5	14,6	10,2	32,0	102,2
26	26,6	10,6	16,3	16,7	16,0	32,0	118,2
27	22,5	11,1	14,8	13,8	14,3	32,0	108,5
28	21,7	9,4	10,2	15,9	13,1	32,0	102,3
29	22,6	6,8	14,8	13,8	15,9	32,0	105,9
30	23,7	12,0	13,6	13,6	14,8	32,0	109,7
31	24,2	11,9	13,6	14,1	11,7	32,0	107,4
32	23,8	12,3	11,2	12,0	12,4	32,0	103,7
33	23,4	9,1	12,3	12,8	15,9	32,0	105,6
34	18,7	13,4	10,0	15,2	12,5	32,0	101,7
35	21,1	10,0	15,4	9,8	11,2	32,0	99,6
36	19,7	11,7	11,8	12,0	10,8	32,0	98,0
37	20,8	11,5	11,6	12,8	12,1	32,0	100,7
38	25,6	8,7	13,9	11,2	9,6	32,0	100,8
39	17,8	14,2	8,9	15,7	13,4	32,0	101,9
40	25,3	9,5	8,1	11,7	14,3	32,0	100,9
41	21,3	14,8	12,6	13,3	12,3	32,0	106,3
42	20,5	10,3	11,3	12,5	12,1	32,0	98,8
43	22,7	14,4	14,9	12,0	10,0	32,0	106,0
44	18,3	11,6	10,2	12,8	14,8	32,0	99,7
45	21,2	9,8	9,1	9,8	11,2	32,0	93,1
46	18,7	10,0	16,2	12,2	12,8	32,0	102,0
47	19,5	12,0	10,6	10,4	10,7	32,0	95,1
48	24,5	12,6	9,2	13,0	13,1	32,0	104,4
49	24,5	11,5	10,7	12,5	13,6	32,0	104,8
50	24,2	13,8	15,3	15,7	15,9	32,0	116,9



**Observaciones de Procesos de Fabricación**

**CODIGO**

**H-O-001**

Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	2/3	100
					Td	TO	Total
51	22,6	6,8	14,8	13,8	15,9	32,0	105,8924
52	23,7	12,0	13,6	13,6	14,8	32,0	109,69334
53	24,2	11,9	13,6	14,1	11,7	32,0	107,43404
54	23,8	12,3	11,2	12,0	12,4	32,0	103,71284
55	23,4	9,1	12,3	12,8	15,9	32,0	105,57344
56	18,7	13,4	10,0	15,2	12,5	32,0	101,69276
57	22,6	6,8	14,8	13,8	15,9	32,0	105,8924
58	23,7	12,0	13,6	13,6	14,8	32,0	109,69334
59	24,2	11,9	13,6	14,1	11,7	32,0	107,43404
60	23,8	12,3	11,2	12,0	12,4	32,0	103,71284
61	23,4	9,1	12,3	12,8	15,9	32,0	105,57344
62	18,7	13,4	10,0	15,2	12,5	32,0	101,69276
63	21,1	10,0	15,4	9,8	11,2	32,0	99,61952
64	19,7	11,7	11,8	12,0	10,8	32,0	98,02472
65	20,8	11,5	11,6	12,8	12,1	32,0	100,73588
66	25,6	8,7	13,9	11,2	9,6	32,0	100,8422
67	20,8	11,5	13,1	11,2	15,0	32,0	103,5002
68	20,1	14,1	11,7	15,4	16,2	32,0	109,56044
69	19,2	13,1	12,8	16,2	15,4	32,0	108,70988
70	23,3	13,5	11,5	9,8	9,5	32,0	99,6461
71	24,1	9,0	11,4	10,1	7,7	32,0	94,35668
72	25,1	12,0	15,2	10,6	11,5	32,0	106,424
73	23,6	11,1	9,3	10,1	12,7	32,0	98,82212
74	22,0	10,1	13,1	14,1	13,8	32,0	105,12158
75	22,6	6,8	14,8	13,8	15,9	32,0	105,8924
76	23,7	12,0	13,6	13,6	14,8	32,0	109,69334
77	24,2	11,9	13,6	14,1	11,7	32,0	107,43404
78	23,8	12,3	11,2	12,0	12,4	32,0	103,71284
79	23,4	9,1	12,3	12,8	15,9	32,0	105,57344
80	18,7	13,4	10,0	15,2	12,5	32,0	101,69276
81	21,1	10,0	15,4	9,8	11,2	32,0	99,61952
82	19,7	11,7	11,8	12,0	10,8	32,0	98,02472
83	20,8	11,5	11,6	12,8	12,1	32,0	100,73588
84	22,6	6,8	14,8	13,8	15,9	32,0	105,8924
85	23,7	12,0	13,6	13,6	14,8	32,0	109,69334
86	24,2	11,9	13,6	14,1	11,7	32,0	107,43404
87	23,8	12,3	11,2	12,0	12,4	32,0	103,71284
88	23,4	9,1	12,3	12,8	15,9	32,0	105,57344
89	18,7	13,4	10,0	15,2	12,5	32,0	101,69276
90	22,6	6,8	14,8	13,8	15,9	32,0	105,8924
91	23,7	12,0	13,6	13,6	14,8	32,0	109,69334
92	24,2	11,9	13,6	14,1	11,7	32,0	107,43404
93	23,8	12,3	11,2	12,0	12,4	32,0	103,71284
94	23,4	9,1	12,3	12,8	15,9	32,0	105,57344
95	18,7	13,4	10,0	15,2	12,5	32,0	101,69276
96	21,1	10,0	15,4	9,8	11,2	32,0	99,61952
97	19,7	11,7	11,8	12,0	10,8	32,0	98,02472
98	20,8	11,5	11,6	12,8	12,1	32,0	100,73588
99	25,6	8,7	13,9	11,2	9,6	32,0	100,8422
100	25,6	8,7	13,9	11,2	9,6	32,0	100,8422

TABLA 001		Cuadro Resumen de Observaciones	
Nº	Denominación	Dato	Unidades
1	Diametro Maximo	250	mm
2	Longitud Maxima	150	mm
3	Dia-Long Maximo de Pza	37500	mm`2
4	Numero de Operaciones	1	--
5	Promedio de Tiempo de Montaje / Tm	22,36	Minutos
6	Promedio de Centraje / Tc	11,13	Minutos
7	Promedio de Tiempo de Cambio de inserto / Tci	12,56	Minutos
8	Promedio de Control Dimensional / Tcm	12,82	Minutos
9	Promedio de Tiempo de desmontaje / Td	12,86	Minutos
10	Promedio de Tiempo Operativo / To	32,00	Minutos
11	Promedio Total	103,7	Minutos
12	Relación en % de valores de Tm	21,56	Tm
13	Relación en % de valores de Tc	10,73	Tc
14	Relación en % de valores de Tci	12,10	Tci
15	Relación en % de valores de Tcm	12,36	Tcm
16	Relación en % de valores de Td	12,40	Td
17	Relación en % de valores de To	30,85	To
18	Código de Máquina	MAQ-1	
19	Numero de Observaciones	100	



### Resultados de Observaciones

- 1.-En general para un proceso de fabricación se necesita cerca de un 42% en tiempos de Preparación
- 2.-En general para un proceso de fabricación solo solo el 58% representa el proceso operativo de fabricación
- 3.-El tiempo de Montaje ( Tm ) representa en promedio 18%
- 4.-El tiempo de Centraje ( Tc ) representa en promedio 6%
- 5.-El tiempo de Cambio de Inserto ( Tci ) representa en promedio 6%
- 6.-El tiempo de Control de Medida ( Tcm ) representa en promedio 6%
- 7.-El tiempo de Desmontaje ( Td ) representa en promedio 6%
- 8.-El tiempo de ( Tm ) representa en promedio 58%

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-004
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
					Página	1/3	100
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Td	TO	Total
1	5,79	2,15	2,04	2,3	2,19	17	31,47
2	6,39	2,11	2,01	2,9	2,4	17	32,81
3	5,53	2,42	2,83	2,8	1,8	17	32,38
4	6,16	1,92	3,14	2,4	2,76	17	33,38
5	5,08	2,98	2,06	1,7	3,04	17	31,86
6	6,57	2,01	2,1	2,4	2,21	17	32,29
7	6,01	1,82	2,21	1,3	1,88	17	30,22
8	6,25	1,96	1,85	2,4	1,45	17	30,91
9	6,53	1,81	2,72	2,9	1,55	17	32,51
10	6,43	2,2	1,57	2,4	2,31	17	31,91
11	5,49	2,03	2,42	3	2,98	17	32,92
12	4,98	2,15	2,01	2,1	2,84	17	31,08
13	4,56	2,22	2,78	2,7	2,27	17	31,53
14	5,75	3,01	1,56	2,4	1,94	17	31,66
15	6,11	1,92	2,57	2,5	1,67	17	31,77
16	5,6	2,17	1,94	2,6	2,63	17	31,94
17	5,94	2,03	2,28	2,6	2,15	17	32
18	6,02	1,87	2,14	2,5	1,98	17	31,51
19	5,31	1,97	2,75	2,2	1,74	17	30,97
20	5,97	2,79	2,66	2,6	2,19	17	33,21
21	6,79	2,09	2,33	3,2	2,4	17	33,81
22	5,49	2,69	2,12	2,2	1,94	17	31,44
23	6,77	2,08	2,88	3,1	2,39	17	34,22
24	5,91	2,38	2,39	1,9	2,58	17	32,16
25	5,74	1,77	1,86	1,9	2,21	17	30,48
26	6,5	2,32	2,87	2,8	2,89	17	34,38
27	6,58	2,78	2,28	2,4	1,97	17	33,01
28	5,92	1,9	1,42	2,7	1,66	17	30,6
29	6,36	1,46	1,68	1,7	2,22	17	30,42
30	6,16	2,35	1,71	2	2,56	17	31,78
31	5,72	2,23	2,83	1,8	1,74	17	31,32
32	6,02	2,13	1,76	2	3,24	17	32,15
33	5,66	2,04	2,21	1,6	2,41	17	30,92
34	5,55	2,25	2,06	1,8	2,15	17	30,81
35	5,48	1,72	2,47	2,2	1,57	17	30,44
36	5,25	2,3	2,19	3	1,63	17	31,37
37	5,87	2,77	1,56	1,5	2,5	17	31,2
38	6,81	2,24	2,85	3	1,53	17	33,43
39	5,51	2,51	2,06	2,7	2,34	17	32,12
40	6,07	1,77	1,42	2,5	3,14	17	31,9
41	5,76	2,93	2,35	2,5	2,36	17	32,9
42	5,19	2,43	2,69	2,4	2,17	17	31,88
43	5,92	2,14	2,29	2,3	2,61	17	32,26
44	5,25	2,8	1,98	1,5	2,74	17	31,27
45	5,95	2,22	1,76	2,2	1,83	17	30,96
46	5,4	2,21	3,21	2,5	2,19	17	32,51
47	5,22	2,13	2,62	2,5	2,16	17	31,63
48	6,44	2,98	1,31	1,9	2,33	17	31,96
49	6,6	2,14	1,91	2,5	3,07	17	33,22
50	6,22	2,85	3,04	2,4	2,65	17	34,16

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-004
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	2/3	100
					Td	TO	Total
51	6,81	2,24	2,85	3	1,53	17	33,43
52	5,51	2,51	2,06	2,7	2,34	17	32,12
53	6,07	1,77	1,42	2,5	3,14	17	31,9
54	5,76	2,93	2,35	2,5	2,36	17	32,9
55	5,19	2,43	2,69	2,4	2,17	17	31,88
56	5,92	2,14	2,29	2,3	2,61	17	32,26
57	5,25	2,8	1,98	1,5	2,74	17	31,27
58	5,95	2,22	1,76	2,2	1,83	17	30,96
59	5,4	2,21	3,21	2,5	2,19	17	32,51
60	5,22	2,13	2,62	2,5	2,16	17	31,63
61	6,44	2,98	1,31	1,9	2,33	17	31,96
62	6,6	2,14	1,91	2,5	3,07	17	33,22
63	6,22	2,85	3,04	2,4	2,65	17	34,16
64	5,75	3,01	1,56	2,4	1,94	17	31,66
65	6,11	1,92	2,57	2,5	1,67	17	31,77
66	5,6	2,17	1,94	2,6	2,63	17	31,94
67	5,94	2,03	2,28	2,6	2,15	17	32
68	6,02	1,87	2,14	2,5	1,98	17	31,51
69	5,31	1,97	2,75	2,2	1,74	17	30,97
70	5,97	2,79	2,66	2,6	2,19	17	33,21
71	6,79	2,09	2,33	3,2	2,4	17	33,81
72	5,49	2,69	2,12		1,94	17	29,24
73	6,77	2,08	2,88	3,1	2,39	17	34,22
74	5,91	2,38	2,39	1,9	2,58	17	32,16
75	5,74	1,77	1,86	1,9	2,21	17	30,48
76	6,5	2,32	2,87	2,8	2,89	17	34,38
77	6,58	2,78	2,28	2,4	1,97	17	33,01
78	5,92	1,9	1,42	2,7	1,66	17	30,6
79	6,36	1,46	1,68	1,7	2,22	17	30,42
80	6,16	2,35	1,71	2	2,56	17	31,78
81	5,72	2,23	2,83	1,8	1,74	17	31,32
82	6,02	2,13	1,76	2	3,24	17	32,15
83	5,66	2,04	2,21	1,6	2,41	17	30,92
84	5,55	2,25	2,06	1,8	2,15	17	30,81
85	5,48	1,72	2,47	2,2	1,57	17	30,44
86	5,25	2,3	2,19	3	1,63	17	31,37
87	5,79	2,15	2,04	2,3	2,19	17	31,47
88	6,39	2,11	2,01	2,9	2,4	17	32,81
89	5,53	2,42	2,83	2,8	1,8	17	32,38
90	6,16	1,92	3,14	2,4	2,76	17	33,38
91	5,08	2,98	2,06	1,7	3,04	17	31,86
92	6,57	2,01	2,1	2,4	2,21	17	32,29
93	6,01	1,82	2,21	1,3	1,88	17	30,22
94	6,25	1,96	1,85	2,4	1,45	17	30,91
95	6,53	1,81	2,72	2,9	1,55	17	32,51
96	6,43	2,2	1,57	2,4	2,31	17	31,91
97	5,49	2,03	2,42	3	2,98	17	32,92
98	4,98	2,15	2,01	2,1	2,84	17	31,08
99	4,56	2,22	2,78	2,7	2,27	17	31,53
100	5,75	3,01	1,56	2,4	1,94	17	31,66

TABLA 004		Cuadro Resumen de Observaciones	
N°	Denominación	Dato	Unidades
1	Diametro Maximo	250	mm
2	Longitud Maxima	150	mm
3	Dia-Long Maximo de Pza	37500	mm <sup>2</sup>
4	Numero de Operaciones	1	--
5	Promedio de Tiempo de Montaje / Tm	5,89	Minutos
6	Promedio de Centraje / Tc	2,25	Minutos
7	Promedio de Tiempo de Cambio de inserto / Tci	2,24	Minutos
8	Promedio de Control Dimensional / Tcm	2,34	Minutos
9	Promedio de Tiempo de desmontaje / Td	2,26	Minutos
10	Promedio de Tiempo Operativo / To	17,00	Minutos
11	Promedio Total	32,0	Minutos
12	Relación en % de valores de Tm	18,43	Tm
13	Relación en % de valores de Tc	7,02	Tc
14	Relación en % de valores de Tci	6,99	Tci
15	Relación en % de valcres de Tcm	7,31	Tcm
16	Relación en % de valores de Td	7,06	Td
17	Relación en % de valores de To	53,19	To
18	Código de Máquina	MAQ-1	
19	Numero de Observaciones	100	



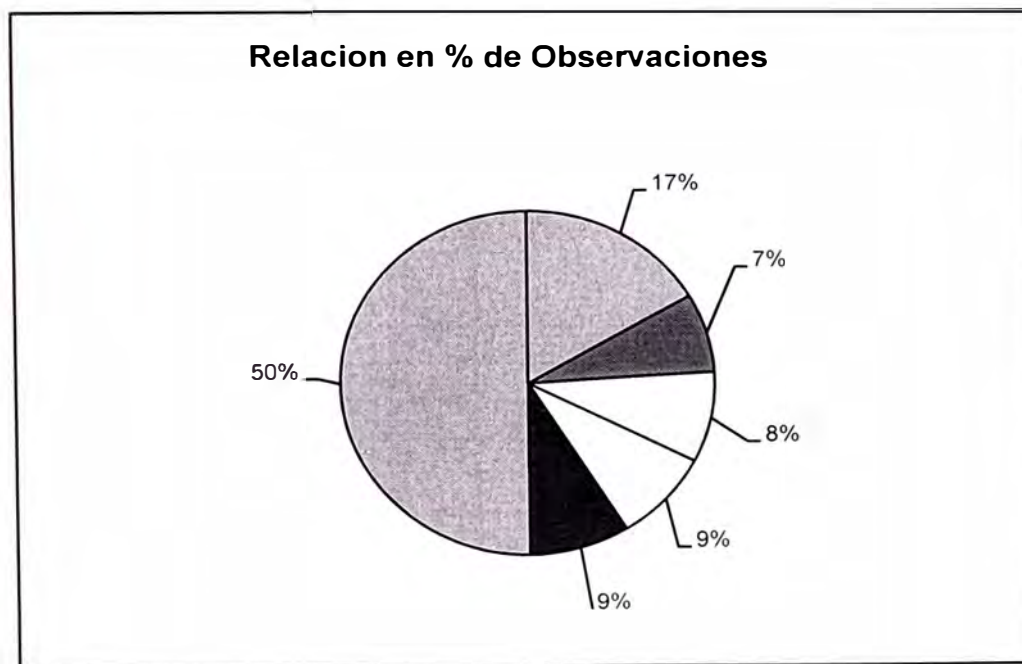
### Resultados de Observaciones

- 1.-En general para un proceso de fabricación se necesita cerca de un 42% en tiempos de Preparación
- 2.-En general para un proceso de fabricación solo solo el 58% representa el proceso operativo de fabricación
- 3.-El tiempo de Montaje ( Tm ) representa en promedio 18%
- 4.-El tiempo de Centraje ( Tc ) representa en promedio 6%
- 5.-El tiempo de Cambio de Inserto ( Tci ) representa en promedio 6%
- 6.-El tiempo de Control de Medida ( Tcm ) representa en promedio 6%
- 7.-El tiempo de Desmontaje ( Td ) representa en promedio 6%
- 8.-El tiempo de ( Tm ) representa en promedio 58%

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-007
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	1/3	100
					Td	TO	Total
1	7,63	3,29	2,86	2,9	3,09	22	41,77
2	8,06	2,62	3,76	4,5	4,78	22	45,72
3	7,03	3,35	4,04	2,7	3,25	22	42,37
4	7,67	2,99	4,68	4	3,75	22	45,09
5	6,09	3,99	3,47	4,7	5,43	22	45,68
6	6,83	3,18	3,75	4,7	4,18	22	44,64
7	7,7	3,37	3,15	2,6	2,83	22	41,65
8	7,62	2,71	2,96	2,7	2,5	22	40,49
9	8,55	3,4	4,55	3,5	3,26	22	45,26
10	7,51	3,46	2,34	3,5	3,46	22	42,27
11	7,24	2,67	4,18	4,5	4,91	22	45,5
12	6,31	3,19	3,34	4,2	4,66	22	43,7
13	6	3,16	4,81	4	4,01	22	43,98
14	6,88	3,77	2,94	3,1	2,84	22	41,53
15	7,27	2,46	3,3	3,3	3,72	22	42,05
16	7,55	3,17	3,68	3,1	3,71	22	43,21
17	8,19	2,14	3,72	2,9	3,22	22	42,17
18	6,8	2,77	3,5	3,5	3,4	22	41,97
19	5,98	2,72	4,17	3,3	3,98	22	42,15
20	8,7	4,19	4,74	4,2	4,06	22	47,89
21	7,44	3,98	3,74	4,5	4,42	22	46,08
22	7,78	4,09	4,27	3,4	3,22	22	44,76
23	8,36	3,35	4,83	4,3	3,83	22	46,67
24	7,62	2,94	4,32	3,7	4,44	22	45,02
25	7,65	3,2	3,46	4,1	3,36	22	43,77
26	8,57	3,38	4,83	4,5	4,6	22	47,88
27	7,73	3,8	4,48	4,3	4,43	22	46,74
28	6,97	3,21	3,18	4,2	4,04	22	43,6
29	7,57	2,28	4,36	3,8	4,21	22	44,22
30	8,33	2,94	3,58	3,8	4,5	22	45,15
31	7,52	3,63	4,82	3,9	2,97	22	44,84
32	7,78	3,3	3,33	3,9	4,03	22	44,34
33	7,09	2,95	2,97	4,2	4,09	22	43,3
34	6,61	3,71	3,39	4,1	3,9	22	43,71
35	7,03	2,79	4,47	3,4	3,32	22	43,01
36	7,17	3,78	3,61	3,1	3,28	22	42,94
37	6,96	3,46	2,71	4	3,04	22	42,17
38	7,67	2,44	4,22	3	2,36	22	41,69
39	6,19	3,86	3,16	5,2	4,68	22	45,09
40	7,67	3,1	2,27	4,1	4,25	22	43,39
41	7,14	3,9	4,51	4,1	4	22	45,65
42	6,52	3,35	3,96	3,7	3,42	22	42,95
43	8	3,95	4,45	3,5	3,43	22	45,33
44	6,39	3,7	3,53	3,9	4,21	22	43,73
45	6,7	2,64	2,71	3,1	3,55	22	40,7
46	6,06	3,11	4,65	3,9	4,25	22	43,97
47	6,52	3,36	3,46	3,1	3,05	22	41,49
48	8,26	3,17	2,78	4	4,16	22	44,37
49	8,13	3,33	3,08	3,9	3,79	22	44,23
50	7,82	3,69	4,53	5,1	5,02	22	48,16

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-007
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	2/3	100
					Td	TO	Total
51	7,63	3,29	2,86	2,9	3,09	22	41,77
52	8,06	2,62	3,76	4,5	4,78	22	45,72
53	7,03	3,35	4,04	2,7	3,25	22	42,37
54	7,67	2,99	4,68	4	3,75	22	45,09
55	6,09	3,99	3,47	4,7	5,43	22	45,68
56	6,83	3,18	3,75	4,7	4,18	22	44,64
57	7,7	3,37	3,15	2,6	2,83	22	41,65
58	7,62	2,71	2,96	2,7	2,5	22	40,49
59	8,55	3,4	4,55	3,5	3,26	22	45,26
60	7,51	3,46	2,34	3,5	3,46	22	42,27
61	7,24	2,67	4,18	4,5	4,91	22	45,5
62	6,31	3,19	3,34	4,2	4,66	22	43,7
63	6	3,16	4,81	4	4,01	22	43,98
64	6,88	3,77	2,94	3,1	2,84	22	41,53
65	7,27	2,46	3,3	3,3	3,72	22	42,05
66	7,55	3,17	3,68	3,1	3,71	22	43,21
67	8,19	2,14	3,72	2,9	3,22	22	42,17
68	6,8	2,77	3,5	3,5	3,4	22	41,97
69	5,98	2,72	4,17	3,3	3,98	22	42,15
70	8,7	4,19	4,74	4,2	4,06	22	47,89
71	7,44	3,98	3,74	4,5	4,42	22	46,08
72	7,78	4,09	4,27	3,4	3,22	22	44,76
73	8,36	3,35	4,83	4,3	3,83	22	46,67
74	7,62	2,94	4,32	3,7	4,44	22	45,02
75	7,65	3,2	3,46	4,1	3,36	22	43,77
76	8,57	3,38	4,83	4,5	4,6	22	47,88
77	7,73	3,8	4,48	4,3	4,43	22	46,74
78	6,97	3,21	3,18	4,2	4,04	22	43,6
79	7,57	2,28	4,36	3,8	4,21	22	44,22
80	8,33	2,94	3,58	3,8	4,5	22	45,15
81	7,52	3,63	4,82	3,9	2,97	22	44,84
82	7,78	3,3	3,33	3,9	4,03	22	44,34
83	7,09	2,95	2,97	4,2	4,09	22	43,3
84	6,61	3,71	3,39	4,1	3,9	22	43,71
85	7,03	2,79	4,47	3,4	3,32	22	43,01
86	7,17	3,78	3,61	3,1	3,28	22	42,94
87	6,96	3,46	2,71	4	3,04	22	42,17
88	7,67	2,44	4,22	3	2,36	22	41,69
89	6,19	3,86	3,16	5,2	4,68	22	45,09
90	7,67	3,1	2,27	4,1	4,25	22	43,39
91	7,14	3,9	4,51	4,1	4	22	45,65
92	6,52	3,35	3,96	3,7	3,42	22	42,95
93	8	3,95	4,45	3,5	3,43	22	45,33
94	6,39	3,7	3,53	3,9	4,21	22	43,73
95	6,7	2,64	2,71	3,1	3,55	22	40,7
96	6,06	3,11	4,65	3,9	4,25	22	43,97
97	6,52	3,36	3,46	3,1	3,05	22	41,49
98	8,26	3,17	2,78	4	4,16	22	44,37
99	8,13	3,33	3,08	3,9	3,79	22	44,23
100	7,82	3,69	4,53	5,1	5,02	22	48,16

TABLA 007		Cuadro Resumen de Observaciones	
Nº	Denominación	Dato	Unidades
1	Diametro Maximo	200	mm
2	Longitud Maxima	100	mm
3	Dia-Long Maximo de Pza	20000	mm <sup>2</sup>
4	Numero de Operaciones	1	--
5	Promedio de Tiempo de Montaje / Tm	7,34	Minutos
6	Promedio de Centraje / Tc	3,26	Minutos
7	Promedio de Tiempo de Cambio de inserto / Tci	3,75	Minutos
8	Promedio de Control Dimensional / Tcm	3,79	Minutos
9	Promedio de Tiempo de desmontaje / Td	3,82	Minutos
10	Promedio de Tiempo Operativo / To	22,00	Minutos
11	Promedio Total	44,0	Minutos
12	Relación en % de valores de Tm	16,69	Tm
13	Relación en % de valores de Tc	7,42	Tc
14	Relación en % de valores de Tci	8,53	Tci
15	Relación en % de valores de Tcm	8,63	Tcm
16	Relación en % de valores de Td	8,68	Td
17	Relación en % de valores de To	50,04	To
18	Código de Máquina	MAQ-1	
19	Numero de Observaciones	100	



### Resultados de Observaciones

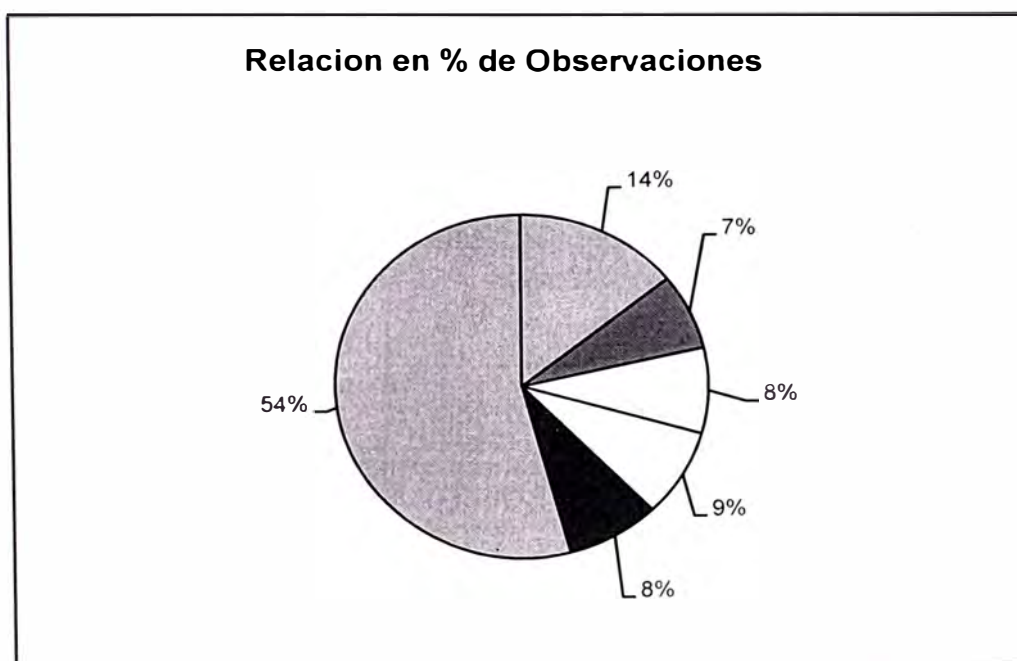
- 1.-En general para un proceso de fabricación se necesita cerca de un 42% en tiempos de Preparación
- 2.-En general para un proceso de fabricación solo solo el 58% representa el proceso operativo de fabricación
- 3.-El tiempo de Montaje ( Tm ) representa en promedio 21%
- 4.-El tiempo de Centraje ( Tc ) representa en promedio 5%
- 5.-El tiempo de Cambio de Inserto ( Tci ) representa en promedio 5%
- 6.-El tiempo de Control de Medida ( Tcm ) representa en promedio 6%
- 7.-El tiempo de Desmontaje ( Td ) representa en promedio 5%
- 8.-El tiempo de ( Tm ) representa en promedio 58%



Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO H-O-009
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Página	1/3	100
					Td	TO	Total
1	8,22	4,22	3,18	3,8	3,99	32	55,41
2	9,54	3,07	4,43	5,8	5,29	32	60,13
3	8,29	3,68	4,88	3,7	4,87	32	57,42
4	7,82	4,34	4,91	4,2	5,63	32	58,9
5	7,57	5,32	4,41	5,8	6,08	32	61,18
6	7,21	4,93	4,82	6,1	5,8	32	60,86
7	8,77	5,07	4,33	3,7	3,58	32	57,45
8	9,08	3,4	4,28	3,8	2,9	32	55,46
9	9,46	4,5	5,72	4	4,32	32	60
10	8,89	4,19	3,5	3,8	4,76	32	57,14
11	8,29	3,79	4,94	5,3	5,19	32	59,51
12	6,74	3,75	4,34	5,7	6,35	32	58,88
13	7,46	3,89	6,17	5,4	5,24	32	60,16
14	7,42	4,69	3,57	4	3,19	32	54,87
15	8,71	4,09	3,71	4,7	4,67	32	57,88
16	8,92	4,32	4,6	4,3	4,52	32	58,66
17	8,65	3,14	5,43	4,1	3,83	32	57,15
18	7,73	3,39	5,13	5,1	3,75	32	57,1
19	7,12	3,82	5,11	4,2	5,75	32	58
20	10,41	5,53	5,43	5,2	4,45	32	63,02
21	8,84	4,7	5,05	6	5,83	32	62,42
22	8,68	5,65	5,68	4,5	4,53	32	61,04
23	9,3	4,36	5,62	4,9	4,1	32	60,28
24	8,77	3,94	5,78	5,3	5,36	32	61,15
25	9,02	4,48	3,58	5,5	3,82	32	58,4
26	10	3,98	6,15	6,3	6,01	32	64,44
27	8,46	4,17	5,57	5,2	5,38	32	60,78
28	8,15	3,53	3,85	6	4,92	32	58,45
29	8,52	2,56	5,55	5,2	5,97	32	59,8
30	8,93	4,51	5,13	5,1	5,56	32	61,23
31	9,11	4,47	5,11	5,3	4,39	32	60,38
32	8,97	4,64	4,21	4,5	4,66	32	58,98
33	8,82	3,42	4,64	4,8	6	32	59,68
34	7,02	5,03	3,76	5,7	4,71	32	58,22
35	7,92	3,78	5,81	3,7	4,23	32	57,44
36	7,42	4,41	4,44	4,5	4,07	32	56,84
37	7,83	4,31	4,38	4,8	4,54	32	57,86
38	9,62	3,26	5,22	4,2	3,6	32	57,9
39	6,69	5,34	3,34	5,9	5,03	32	58,3
40	9,52	3,58	3,04	4,4	5,37	32	57,91
41	8,01	5,58	4,75	5	4,63	32	59,97
42	7,72	3,88	4,26	4,7	4,56	32	57,12
43	8,53	5,43	5,6	4,5	3,78	32	59,84
44	6,9	4,37	3,82	4,8	5,58	32	57,47
45	7,98	3,67	3,42	3,7	4,2	32	54,97
46	7,05	3,77	6,08	4,6	4,83	32	58,33
47	7,33	4,5	4	3,9	4,02	32	55,75
48	9,23	4,73	3,47	4,9	4,92	32	59,25
49	9,2	4,34	4,01	4,7	5,13	32	59,38
50	9,11	5,19	5,75	5,9	6	32	63,95

Observaciones de Procesos de Fabricación							CODIGO
							H-O-009
Numero de Operaciones		1	Código de Máquina	MAQ-1	Fecha		N° de Obs.
					Página	2/3	100
N°	Tm	Tc	Tci	Tcm	Td	TO	Total
51	8,84	4,7	5,05	6	5,83	32	62,42
52	8,68	5,65	5,68	4,5	4,53	32	61,04
53	9,3	4,36	5,62	4,9	4,1	32	60,28
54	8,77	3,94	5,78	5,3	5,36	32	61,15
55	9,02	4,48	3,58	5,5	3,82	32	58,4
56	10	3,98	6,15	6,3	6,01	32	64,44
57	8,46	4,17	5,57	5,2	5,38	32	60,78
58	8,15	3,53	3,85	6	4,92	32	58,45
59	8,52	2,56	5,55	5,2	5,97	32	59,8
60	8,93	4,51	5,13	5,1	5,56	32	61,23
61	9,11	4,47	5,11	5,3	4,39	32	60,38
62	8,97	4,64	4,21	4,5	4,66	32	58,98
63	7,57	5,32	4,41	5,8	6,08	32	61,18
64	7,21	4,93	4,82	6,1	5,8	32	60,86
65	8,77	5,07	4,33	3,7	3,58	32	57,45
66	9,08	3,4	4,28	3,8	2,9	32	55,46
67	9,46	4,5	5,72	4	4,32	32	60
68	8,89	4,19	3,5	3,8	4,76	32	57,14
69	8,29	3,79	4,94	5,3	5,19	32	59,51
70	6,74	3,75	4,34	5,7	6,35	32	58,88
71	7,46	3,89	6,17	5,4	5,24	32	60,16
72	7,42	4,69	3,57	4	3,19	32	54,87
73	8,71	4,09	3,71	4,7	4,67	32	57,88
74	8,92	4,32	4,6	4,3	4,52	32	58,66
75	8,65	3,14	5,43	4,1	3,83	32	57,15
76	7,73	3,39	5,13	5,1	3,75	32	57,1
77	7,12	3,82	5,11	4,2	5,75	32	58
78	10,41	5,53	5,43	5,2	4,45	32	63,02
79	8,84	4,7	5,05	6	5,83	32	62,42
80	8,68	5,65	5,68	4,5	4,53	32	61,04
81	9,3	4,36	5,62	4,9	4,1	32	60,28
82	8,77	3,94	5,78	5,3	5,36	32	61,15
83	9,02	4,48	3,58	5,5	3,82	32	58,4
84	10	3,98	6,15	6,3	6,01	32	64,44
85	8,46	4,17	5,57	5,2	5,38	32	60,78
86	8,15	3,53	3,85	6	4,92	32	58,45
87	8,52	2,56	5,55	5,2	5,97	32	59,8
88	8,93	4,51	5,13	5,1	5,56	32	61,23
89	9,11	4,47	5,11	5,3	4,39	32	60,38
90	8,97	4,64	4,21	4,5	4,66	32	58,98
91	8,82	3,42	4,64	4,8	6	32	59,68
92	7,02	5,03	3,76	5,7	4,71	32	58,22
93	7,92	3,78	5,81	3,7	4,23	32	57,44
94	7,42	4,41	4,44	4,5	4,07	32	56,84
95	7,83	4,31	4,38	4,8	4,54	32	57,86
96	9,62	3,26	5,22	4,2	3,6	32	57,9
97	6,69	5,34	3,34	5,9	5,03	32	58,3
98	9,62	3,26	5,22	4,2	3,6	32	57,9
99	6,69	5,34	3,34	5,9	5,03	32	58,3
100	9,52	3,58	3,04	4,4	5,37	32	57,91

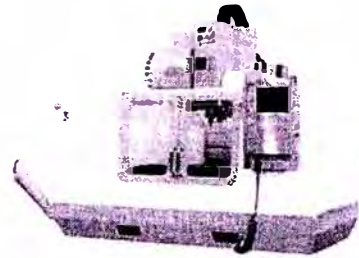
TABLA 009		Cuadro Resumen de Observaciones	
N°	Denominación	Dato	Unidades
1	Diametro Maximo	250	mm
2	Longitud Maxima	150	mm
3	Dia-Long Maximo de Pza	37500	mm <sup>2</sup>
4	Numero de Operaciones	1	--
5	Promedio de Tiempo de Montaje / Tm	8,46	Minutos
6	Promedio de Centraje / Tc	4,24	Minutos
7	Promedio de Tiempo de Cambio de inserto / Tci	4,75	Minutos
8	Promedio de Control Dimensional / Tcm	4,92	Minutos
9	Promedio de Tiempo de desmontaje / Td	4,82	Minutos
10	Promedio de Tiempo Operativo / To	32,00	Minutos
11	Promedio Total	59,2	Minutos
12	Relación en % de valores de Tm	14,29	Tm
13	Relación en % de valores de Tc	7,17	Tc
14	Relación en % de valores de Tci	8,03	Tci
15	Relación en % de valores de Tcm	8,31	Tcm
16	Relación en % de valores de Td	8,13	Td
17	Relación en % de valores de To	54,06	To
18	Código de Máquina	MAQ-1	
19	Numero de Observaciones	100	



### Resulstados de Observaciones

- 1.-En general para un proceso de fabricación se necesita cerca de un 42% en tiempos de Preparación
- 2.-En general para un proceso de fabricación solo solo el 58% representa el proceso operativo de fabricación
- 3.-El tiempo de Montaje ( Tm ) representa en promedio 18%
- 4.-El tiempo de Centraje ( Tc ) representa en promedio 6%
- 5.-El tiempo de Cambio de Inserto ( Tci ) representa en promedio 6%
- 6.-El tiempo de Control de Medida ( Tcm ) representa en promedio 6%
- 7.-El tiempo de Desmontaje ( Td ) representa en promedio 6%
- 8.-El tiempo de ( Tm ) representa en promedio 58%

FICHA DE CARACTERISTICA DE MAQUINA		CODIGO MAQ-2
<b>1.- Características de Máquina</b>		
Tipo de Máquina	Fresadora	
Numero de Ejes	3	
Marca	HAAS	
Modelo	VF-3	
Capacidad Maxima de Torneado		
<b>2.- Dimensiones Generales</b>		
Largo de Máquina	2 mts	
Ancho de Máquina	2 mts	
Alto de Máquina	2 mts	
Peso	3 Toneladas	
Potencia de Motor	5 Hp	
Comunicación RS232	Si	
<b>3.- Unidad de Control</b>		
Fabricante de Control	Fanuc	
Programación	EIAISO	
Formato de envío de Programa	*.NC	
<b>4.- Características de Máquina para fabricación</b>		
Diámetro del Husillo	1016 mm	
Diámetro maximo de Volteo	508 mm	
Distancia entre Centros	635 mm	
Max Revoluciones por minuto	7500	
<b>5.- Características de Husillo, Torreta, Ejes</b>		
Cantidad de Husillo	1	
Numero de Torretas	1	
Numero de Herramientas en Torreta	24	
Desplazamiento Max.en eje "X"	800 mm	
Desplazamiento Max.en eje "Y"	400 mm	
Desplazamiento Max.en eje "Z"	500 mm	
<b>6.- Sistema de Sujecion de Herramienta</b>		
<b>7.- Accesorios y Utilajes</b>		
<b>8.- Operaciones de Fabricación</b>		
<b>9.-</b>	Hoja de Máquina	HM-MAQ-2



# FICHA DE CARACTERISTICA DE MAQUINA

**CODIGO**  
**MAQ-1**

1.- Características de Máquina	
Tipo de Máquina	Torno
Numero de Ejes	3
Marca	HAAS
Modelo	SL-30
Capacidad Maxima de Torneado	432 x 864 mm
2.- Dimensiones Generales	
Largo de Máquina	5 mts
Ancho de Máquina	2 mts
Alto de Máquina	2 mts
Peso	3 Toneladas
Potencia de Motor	5 Hp
Comunicación RS232	Si
3.- Unidad de Control	
Fabricante de Control	Fanuc
Programación	EIAISO
Formato de envío de Programa	*.NC
4.- Características de Máquina para fabricación	
Diámetro del Husillo	254 mm
Diámetro maximo de Volteo	432 mm
Distancia entre Centros	864 mm
Max Revoluciones por minuto	2400
5.- Características de Husillo, Torreta, Ejes	
Cantidad de Husillo	1
Numero de Torretas	1
Numero de Herramientas en Torreta	8
Desplazamiento Max.en eje "X"	287 mm
Desplazamiento Max.en eje "Y"	0
Desplazamiento Max.en eje "Z"	863 mm
6.- Sistema de Sujecion de Herramienta	
Modelo HSK	6
Elementos Motorizados	1
7.- Accesorios y Utilajes	
Refrentado	No
Cilindrado	No
Topes	Si
8.- Operaciones de Fabricación	
Refrentado / Interior y Exterior	Si
Cilindrado / Interior y Exterior	Si
Roscado / Interior y exterior	Si

