



Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES ARAGON

SISTEMA PARA EL CONTROL DE  
HERRAMIENTAS

T E S I S

Que para obtener el título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO  
P R E S E N T A N :  
FRANCISCO JAVIER MARIN di CHIARA  
ALFONSO REAL GARCIA



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CAPITULO I GENERALIDADES

1.-	Fabricación de piezas de chapa .....	2
1.1	Corte de chapa .....	2
1.1.1	Tipos de operaciones de corte .....	5
1.2	Herramientas de corte .....	9
1.3	Angulo de escape del contorno de la figura matriz .....	9
1.4	Desgaste de las matrices .....	12
2.-	Doblado .....	13
2.1	Métodos de doblar .....	14
2.2	Descripción de un dado para doblar .....	16
2.3	Lubricantes .....	17
2.4	Troqueles conformadores .....	17
3.-	Embutido .....	18
3.1	Descripción de un troquel para embutir... ..	18
3.2	Lubricantes durante el embutido .....	20
4.-	Prensas troqueladoras .....	20
4.1	Prensas mecánicas de simple efecto .....	22
4.2	Prensas mecánicas de doble efecto .....	23
4.3	Prensas hidráulicas .....	24
5.-	Materiales y sus propiedades .....	25
5.1	Clasificación de los materiales .....	25
5.2	Acero .....	26
5.3	Clasificación de los aceros .....	26
5.4	Variaciones en las propiedades mecánicas del acero .....	33
6.-	Materiales ferrosos para herramientas ...	42
6.1	Aceros para herramientas y troqueles ....	42

6.2	Naturaleza y aplicación de las diversas clases de acero para herramientas .....	44
6.3	Hierro fundido .....	46
6.4	Acero inoxidable .....	46
7.-	Materiales no ferrosos para herramientas	46
7.1	Materiales no metálicos para troqueles..	47
8.-	Criterios para la selección de materiales para herramientas .....	48
8.1	Dureza .....	49
8.2	Resistencia a la tracción .....	51
8.3	Resistencia a la compresión .....	52
8.4	Resistencia al corte .....	53
8.5	Límite de fluencia .....	54
8.6	Módulo de elasticidad (doblado).....	55
8.7	Módulo de elasticidad (torsión) .....	55
8.8	Impacto .....	56
8.9	Fatiga .....	57
8.10	Corrosión .....	58

## CAPITULO II CONTROL DE INVENTARIOS

1.-	Control de inventarios .....	59
1.1	Principio de Pareto .....	59
2.-	Costos del inventario .....	62
2.1	Precio .....	63
2.2	Costos de capital .....	63
2.3	Costo del pedido .....	64
2.4	Costo de mantener .....	64
2.5	Costo de oportunidad .....	66
3.-	Modelos de inventarios que suponen certeza .....	66

4.-	Magnitud económica del lote .....	69
5.-	El modelo del lote económico en fabricación de herramientas .....	73
6.-	Tiempo de aprovisionamiento .....	75
7.-	Sistema de revisión continua.....	84
8.-	Sistema de revisión periódica .....	88
9.-	Análisis del valor .....	90

CAPITULO III CONTROL DE ALMACEN DE HERRAMIENTAS

CASO DE ESTUDIO .....	93
-----------------------	----

CAPITULO IV CONSIDERACIONES PARA UN SISTEMA DE INFORMACION DE HERRAMIENTAS .....

1.-	Sistema computarizado .....	106
2.-	Organización de los datos de herramientas .....	110
2.1	Información maestra de la herramienta .	112
2.2	Información de compra de fabricación ..	113
2.3	Información de la actividad .....	114
2.4	Información del consumo .....	114
3.-	Consideraciones para la entrada de datos .....	115

CONCLUSIONES .....	117
--------------------	-----

BIBLIOGRAFIA .....	120
--------------------	-----

## I N T R O D U C C I O N

El problema a que nos enfrentamos en este trabajo es concretamente : " La falta de un control adecuado en los elementos de las máquinas herramientas ", en una empresa manufacturera de ceniceros, llaveros y otros productos -- cuya elaboración se basa en procesos de corte, embutido y doblado de lámina metálica.

Esto afecta la operación de la planta productiva y se refleja de diferentes formas : La mala calidad del producto terminado, retrazos en los programas de producción y los altos costos de fabricación, son algunas de las consecuencias que se pueden observar a simple vista.

Además, se deben atender necesidades inmediatas tales como :

- 1) Elaborar estadísticas de control en base a un registro preciso de las transacciones de inventario de los elementos de las máquinas-herramientas con que opera la fábrica.
- 2) Reportar y controlar los cambios de diseño e Ingeniería en los elementos utilizados.
- 3) Planear adecuadamente los requerimientos de los elementos de las máquinas-herramientas -

en función de su vida útil o de posibles fallas,

- 4) Desarrollar un medio de señalamiento y localización para el acomodo de los elementos, así como mantener el inventario adecuado de los mismos.

Todo esto nos hace pensar que la raíz del problema - se encuentra en la inadecuada administración del almacén de los elementos de las máquinas-herramientas. El objetivo de nuestro proyecto, será el desarrollar un sistema que registre entradas, salidas, usos, vida útil, fallas, materiales, etc., de los elementos existentes en el almacén, - que nos ayudará a tener actualizados los inventarios, así como desarrollar la información necesaria respecto al estado de los elementos, localización, próximo ajuste y/o - afilado, tratamiento, solicitud de mejoras en el diseño ó en los materiales.

Dicha información, junto con las necesidades de producción permitirá elaborar un programa con la consideración de que no se puede planear algún proceso donde se carezca de elementos de las máquinas herramientas, ya sea - porque estén en malas condiciones o en reparación.

Además, conociendo las necesidades y prioridades de producción, junto con la información sobre los elementos de las máquinas-herramientas se puede elaborar un programa de éstos últimos.

El presente trabajo se desarrolla de la siguiente manera :

En el primer capítulo se presentan y explican los diferentes tipos de operaciones mediante las que se transforma una chapa metálica : Corte, doblado, troquelado, embutido, sus modalidades y normas que deben considerarse para ejecutarlas, los materiales de fabricación y propiedades de estos.

En el segundo capítulo, que habla de control de inventarios, se plantean los lineamientos para trabajar con un sistema de control ABC, así como se hacen referencias de los diferentes modelos para mantener inventarios óptimos.

Más adelante, al entrar al tercer capítulo se establecen las normas para la recopilación de los datos con que se irá desarrollando la información que nos interesa para poder integrar, junto con las necesidades de la fábrica, un programa de producción.

Por último, en el cuarto capítulo se pretende dar una idea de la organización del almacén de herramientas, dando las consideraciones y pasos a seguir para desarrollar un sistema computarizado.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

El ciclo de estampado, que consiste en una sucesión ordenada de operaciones que transforman parte de una chapa plana en una pieza de forma definida, depende de diversos factores a saber :

- 1) La forma y diseño de la pieza a obtener.
- 2) Dimensiones.
- 3) Las proporciones mecánicas del material que constituye la chapa que se va a transformar.

De lo anterior podemos concluir que :

- a) La forma de la pieza a obtener, impone de un modo fundamental cierto número de operaciones proporcional a la complejidad de la forma, el tipo de herramientas y máquina a utilizar.
- c) Las propiedades mecánicas del material que constituye la chapa a trabajar influye en el número y tipo de operaciones necesarias para obtener la pieza. Es decir, para obtener una

misma pieza es necesario un mayor número de -  
operaciones en la relación a la mayor o menor  
plasticidad de la chapa empleada.

La elección de la máquina con que debe efectuarse un  
determinado trabajo se realiza de acuerdo con la transfor  
mación que debe obtener la pieza.

Gran parte de las operaciones de corte, doblado y em  
butido se ejecutan con matrices montadas en máquinas de -  
movimiento rectilíneo llamadas prensas.

En el momento de analizar las fases de trabajo deben  
conocerse las condiciones térmicas, es decir, si el estam  
pado se obtiene en forma fría o caliente; ya que no siem-  
pre es factible obtener en frío y en una sola fase una --  
transformación excesiva de la pieza, el buen resultado de  
una transformación plástica en frío de la chapa está lógic  
amente en relación a la forma y el espesor de esta.

#### 1.- FABRICACION DE PIEZAS DE CHAPA.

Definiremos como estampado al conjunto de operaciones  
mediante las cuales, sin obtención de virutas, se somete -  
una chapa metálica plana a una o más transformaciones plás  
ticas con el fin de obtener una pieza que posea su propia

forma geométrica. La realización práctica de estas operaciones se lleva a cabo mediante dispositivos especiales - conocidos como matrices o troqueles montadas en las prensas.

Las operaciones del estampado de la chapa, generalmente se dividen en :

- 1) Corte.
- 2) Doblado.
- 3) Embutido.

El corte y el doblado se realizan generalmente en frío mientras que el embutido puede hacerse en frío o en caliente.

#### 1.1. Corte de chapa.

El corte de la chapa metálica es una operación mecánica en la cual se logra seccionar esta, obteniendo una figura determinada.

Esta operación se desarrolla en el curso de un fenómeno de deformación plástica y, en la práctica, todas las -- operaciones de estampado se desenvuelven alrededor de este fenómeno.

Si observamos lentamente el proceso de corte de una -- pieza, figura 1, veremos que al descender el punzón de cor

te, ejerce sobre la chapa una presión que se mantiene hasta el instante en que el esfuerzo de compresión originado es superior a la resistencia propia del material que se presenta por el lado opuesto del ataque del punzón; es en este instante cuando ocurre el desprendimiento de la pieza que se quiere obtener.

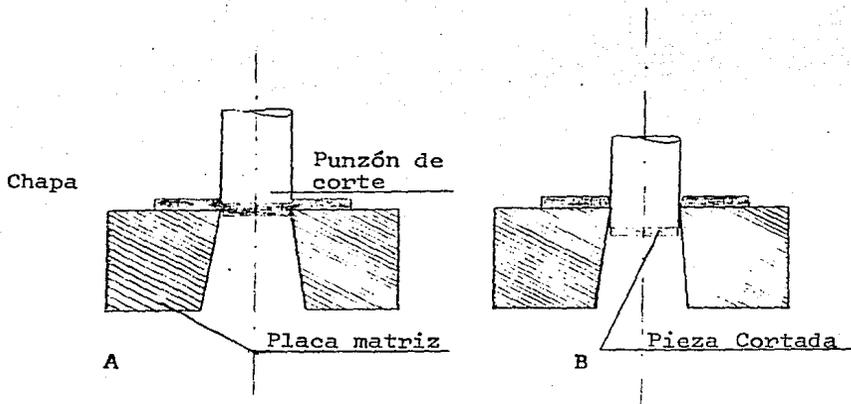


Figura 1. Corte de chapa.

Existen limitaciones para el corte de piezas que normalmente se definen en función del espesor de la chapa y/o las dimensiones de la pieza. Dichas limitaciones no han podido ser unificadas en un criterio absoluto y, por lo tanto, diversos autores las presentan según su experiencia en el área.

La tabla I presenta las tolerancias entre el punzón y la matriz para el corte de chapa de diversos materiales -- que la referencia num. 9 nos dá y que consideramos apropiada de acuerdo a nuestras necesidades.

#### 1.1.1. Tipos de operaciones de corte.

##### 1) Punzonado ó perforado.

Es la operación en la cual un punzón redondo hace un agujero en el material de trabajo, el cual es soportado por una matriz cuya abertura corresponde a la figura del punzón. Muy frecuentemente, el material cortado en esta operación es desperdicio. (fig. 2).

##### 2) Lanceteado.

Combina el corte y el doblado del material de trabajo a lo largo de una línea recta. Esta operación no pro

## HOLGURA ENTRE PUNZON Y MATRIZ

Espesor de la chapa mm.	Latón y acero dulce mm.	Acero medio duro mm.	Acero duro mm.	Aluminio mm.
0.25	0.010	0.015	0.020	0.020
0.50	0.025	0.030	0.035	0.050
0.75	0.40	0.45	0.050	0.070
1.00	0.050	0.060	0.070	0.100
1.25	0.060	0.075	0.090	0.120
1.50	0.075	0.090	0.100	0.150
1.75	0.090	0.100	0.120	0.170
2.00	0.100	0.120	0.140	0.200
2.25	0.110	0.140	0.160	0.220
2.50	0.130	0.150	0.180	0.250
2.80	0.140	0.160	0.200	0.280
3.00	0.150	0.180	0.210	0.300
3.30	0.170	0.200	0.230	0.330
3.50	0.180	0.210	0.250	0.350
3.80	0.190	0.230	0.270	0.380
4.00	0.200	0.240	0.280	0.400
4.30	0.230	0.260	0.300	0.430
4.50	0.240	0.270	0.320	0.450
4.80	0.250	0.290	0.360	0.480
5.00	0.260	0.300	0.370	0.500

TABLA I

duce una separación completa, sino que deja una parte doblada sujeta al material de trabajo (fig. 3).



Fig. 2 Perforado

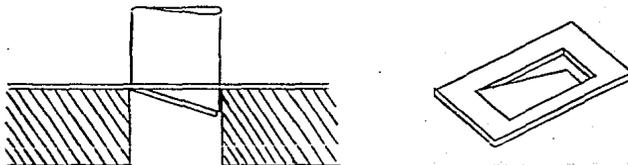


Fig. 3 Lanceteado

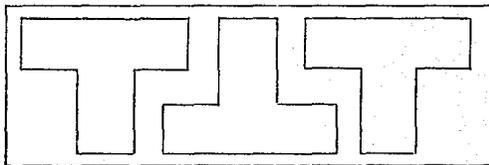


Fig. 4 Corte de piezas

### 3) Corte de piezas.

La diferencia fundamental de esta operación con el punzonado es tal que la parte cortada del material -- es la utilizable, convirtiéndose en una pieza para operaciones subsecuentes de doblado u otros procesos. (fig. 4)

### 4) Troceado.

Es una operación que realiza la separación completa del material cortándolo a lo largo de líneas curvas o rectas. (fig. 5)

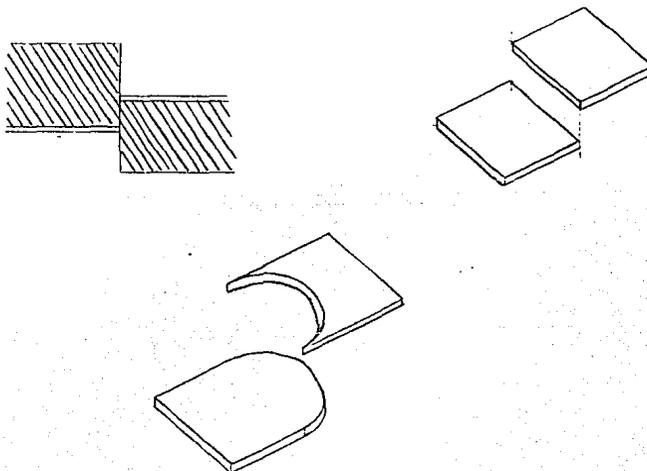


Fig. 5

Troceado

## 5) Recortado.

Es una operación de cizallado o corte secundario en la cual el borde de una pieza previamente cortada, es ajustada a las dimensiones finales después de haberle realizado una o más operaciones a la pieza.

### 1.2. Herramientas de corte.

Una herramienta sencilla se compone de dos partes fundamentales: el punzón (A) y la matriz (B).

El punzón (A) es la parte móvil de la herramienta -- y su sección transversal define el contorno de la pieza a cortar. La matriz (B) es la parte que soporta el material de trabajo y tiene un abertura que corresponde a la sección transversal del punzón.

El filo de corte lo forman el perímetro exterior del punzón y el interior de la matriz. Complementan la herramienta las guías (C y D) para el punzón y el material de trabajo respectivamente. (fig. 6)

### 1.3. Angulo de escape del contorno de la figura matriz.

Durante la operación de corte, las piezas a obtener sufren una deformación, seguida después de la separación de una recuperación elástica tan vigorosa que, las

piezas quedan retenidas lateralmente dentro del contorno de la matriz. Por esta razón, es necesario darle un ángulo de escape a la matriz, para lo cual se conocen diversas formas que dependen de la clase del material cortado y del número de piezas que se desea obtener como producto de la operación.

a) A partir de la arista de corte.

Se utiliza así en matrices destinadas al corte de metales blandos como latón, aluminio, alpaca y plomo. El ángulo de escape oscila entre  $1^\circ$  y  $2^\circ$  (fig. 7).

b) Dejando una parte recta a partir de la arista de corte con una profundidad de dos a tres veces el espesor del material a cortar. Este sistema se aplica en matrices destinadas a cortar materiales duros, como por ejemplo el acero y el hierro (fig. 8).

c) Con una doble conicidad dentro de la abertura de la matriz.

Partiendo de la arista de corte, se deja un ángulo de escape no mayor de  $0.5^\circ$  en una profundidad de 2 a 3 veces el espesor de la chapa y, a partir de ahí se da el ángulo de escape que varía entre  $1^\circ$  y  $2^\circ$ . Este proceo

dimiento se aplica al corte de metales duros  
 y que no requieren precisión en su contorno  
 (fig. 9).

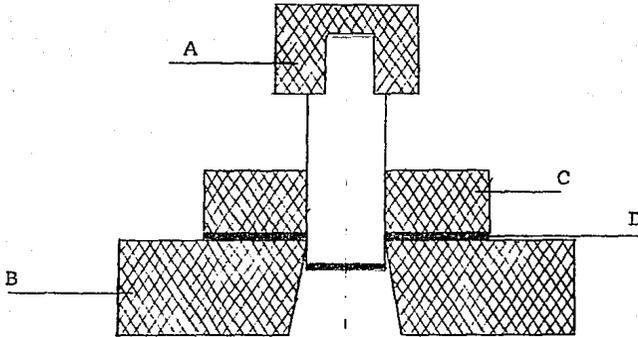


Fig. 6 Herramienta para corte.

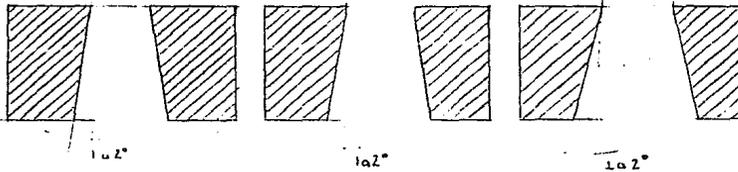


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Angulos de escape.

#### 1.4. Desgaste de las matrices.

La fricción que se genera en el corte de la chapa repercute sobre las aristas de corte de las matrices - que pierden su filo inicial después de haber producido una gran cantidad de piezas.

Las pérdidas de material que ocurren en las aristas de trabajo del punzón- y la matriz se deben fundamentalmente a la fricción entre la chapa y la herramienta, pero -- también puede ocasionarse por hechos accidentales como astillado, desgranamiento, y despostilladura. Las causas -- que pueden dar lugar a estos inconvenientes son muy varia dos:

- Material defectuoso de la herramienta.
- Técnicas de construcción deficientes.
- Mal montaje de la herramienta.
- Material de trabajo de baja calidad.
- Caída de cuerpos extraños entre las aristas - cortantes durante el funcionamiento.
- Prensas en mal estado.

En todos los casos, la pérdida de vida útil de la -- herramienta es importante y puede llegar a ser hasta de -- un 50%.

## 2.- DOBLADO.

Es la deformación uniforme del material, usualmente chapa plana, respecto a un eje recto localizado en el plano neutral y normal a la dirección longitudinal de la chapa. Durante la operación se lleva a cabo un flujo de material dentro del rango plástico del metal de tal forma que el doblado es permanente después de eliminar el esfuerzo aplicado sin que haya una variación en el espesor del material. En general para las operaciones de doblado es necesario tomar en cuenta el radio de curvatura de la pieza y elasticidad del material.

De ser posible deben evitarse los cantos vivos; para este propósito se aconseja fijar los radios de curvatura interiores iguales o mayores que el espesor de la chapa a doblar con el fin de no estirar excesivamente la fibra exterior y para garantizar un doblado sin roturas. Estos radios de curvaturas se consideran normalmente de la siguiente manera:

- De uno a dos veces el espesor para materiales blandos.
- De tres a cuatro veces el espesor para materiales duros.

Concluida la acción deformante que ha originado el doblado, la pieza tiende a volver a su forma primitiva en proporción a la dureza del material; este fenómeno se debe a la propiedad elástica que poseen los cuerpos. Por este motivo al construir los troqueles se fija por tanteo un ángulo de doblado más acentuado para que, una vez que haya cesado el esfuerzo la pieza tome el ángulo deseado.

### 2.1. Métodos de doblar.

En la operación de doblado generalmente se usan dos métodos:

#### a) Doblado en V.

Con éste método la chapa de metal se coloca sobre un bloque en V y es forzada por una cuña o punzón adentro del bloque (fig 10).

#### b) Doblado en el borde.

Con éste método el doblado se consigue por la carga cantilever de una viga. El punzón doblador (A) fuerza el metal contra la matriz de soporte (B). El eje del doblado es paralelo al borde de la matriz, la pieza es sujeta al borde de la matriz por medio de resortes. (fig. 11)

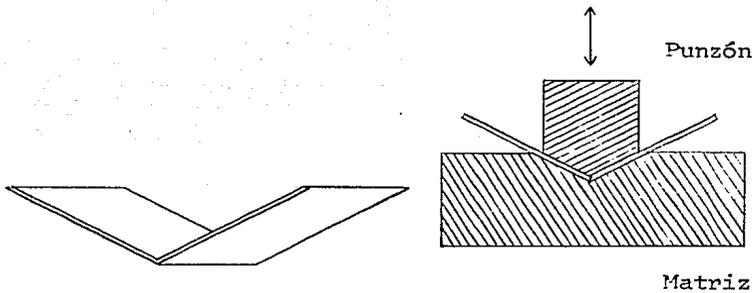


Fig. 10 Doblado en V .

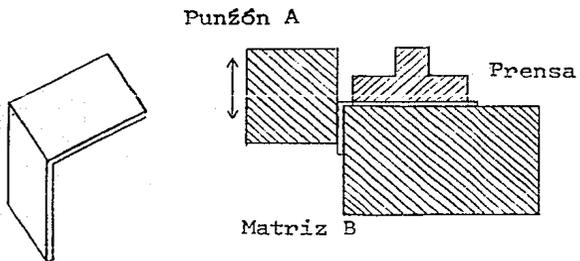


Fig. 11 Doblado en el borde .

## 2.2. Descripción de un dado para doblar.

Doblado de piezas de chapa con forma o diseño particular, se realiza mediante herramientas especiales denominadas dados dobladores.

Un dado doblador en su expresión más simple se presenta a continuación (fig. 12):

Se compone de dos partes esenciales: una superior (A) llamada macho, y una inferior (B) llamada hembra. Se complementa con dos escuadras laterales (C) que llevan dos pernos para posicionar la chapa a doblar.

Estos dados según su construcción, pueden ser también aptos para curvar.

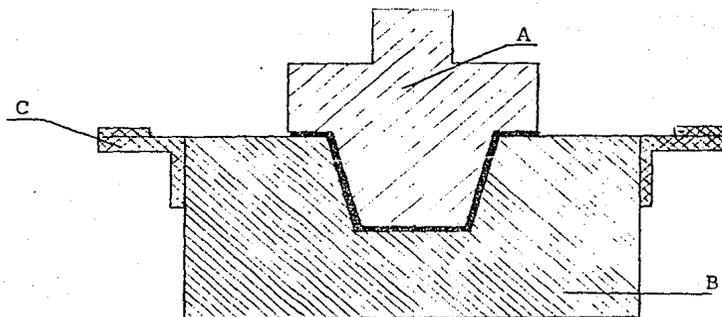


Fig. 12 Dado sencillo para doblar.

### 2.3. Lubricantes.

Durante las operaciones de doblado es necesario que las superficies de contacto entre la chapa y el dado se deslicen con facilidad y con un mínimo de rozamiento. Evidentemente la razón principal es la de facilitar la operación de dar forma y reducir el desgaste de los dados. Con una adecuada lubricación se puede reducir también cualquier defecto pequeño de diseño o fabricación de los dados y remediar las eventuales deficiencias del material a transformar.

### 2.4. Troqueles conformadores.

Los troqueles conformadores con frecuencia considerados en la misma clase que los dobladores, son clasificados como herramientas que conforman o doblan la parte cortada a lo largo de un eje curvado en lugar de un eje recto. Hay muy poca deformación por alargamiento o compresión del material.

Las operaciones que se clasifican como conformado son:

- Estampado en relieve.
- Rebordeado de cantos.
- Pestañeado y rebordeado de agujeros.

### 3.- EMBUTIDO.

La operación de embutido consiste en transformar -- una chapa de metal en un cuerpo hueco, procediendo gradual mente con una o más operaciones. Teóricamente, durante el embutido el espesor de la chapa no debe modificarse, aunque en la práctica esto no se verifica con exactitud.

#### 3.1. Descripción de un troquel para embutir.

En la figura 13 se ve un troquel sencillo para embu- tir piezas de pequeñas y medianas dimensiones. Se supone que el disco a embutir se ha introducido bajo la pieza de retención G, de ahí que deba escurrir suavemente.

El punzón A, está rígidamente fijado al portapunzón B. Este conjunto A-B se instala en la parte móvil de la -- prensa.

El macho A, durante su descenso a la chpa, penetra en la matriz C y moldea el objeto. El casquillo D, que al --- iniciarse el embutido se encontraba en el borde del plano superior, es bajado por la presión del macho A, acompañan- do a la chapa al mismo tiempo que oprime el muelle E. La - misión del casquillo D es impedir el arrollamiento de la - chapa. El disco de retención G garantiza un embutido sin - arrugas. Al terminar la operación el macho A retrocede y -



### 3.2. Lubricantes durante el embutido.

Para transformar una chapa plana en un cuerpo hueco durante el embutido se ha de proceder con una fuerza axial que castiga entre ciertos límites las fibras del material. El punzón y la matriz a los cuales se les ha asignado la función de moldear, tienen que vencer el efecto producido por las fuerzas laterales. Estas fuerzas originan un importante frotamiento entre las paredes de la matriz. El material de la chapa, que tiende a escaparse y dominar desordenadamente, es obligado a extenderse uniformemente en este espacio definido entre el punzón y la matriz. En otras palabras : se modifica la disposición interna de las fibras de la chapa y se le hace seguir otra nueva. Para hacer más fácilmente esta labor y reducir las posibilidades de romper las fibras del material, es necesario que durante el embutido se lubriquen abundantemente con sustancias fluidas todas las superficies de frotamiento del troquel con la chapa. De este modo se prolonga también la duración de la herramienta.

### 4.- PRENSAS TROQUELADORAS.

Las máquinas-herramientas que se utilizan en las operaciones de corte, doblado y embutido, se conocen con el nombre de prensas : troqueladoras.

Los tipos de prensas existentes son:

- Excéntricas:
  - . Simple efecto.
  - . Doble efecto
- Excéntricas acodadas.
- Hidráulicas.
- De fricción o disco.
- Semiautomáticas o multicarros.

Los componentes principales de las prensas son:

- a) Una mesa rectangular que forma parte del -- bastidor, abierta de ordinario en su centro, la cual soporta a la placa de apoyo.
- b) Un placa de apoyo, generalmente de acero de 50 a 125 milímetros de espesor, sobre la -- cual se montan los elementos y accesorios - para troquelar. Se disponen de placas de -- apoyo que tienen dimensiones y aberturas es tandarizadas por los fabricantes de prensas.
- c) Un ariete o corredera, que se mueve a través de su carrera una distancia que depende del tamaño y diseño de la prensa. La distancia desde la parte superior de la mesa a la par te inferior de la corredera junto con su ca

rrera abajo y su ajuste arriba se llama altura de cierre de la prensa.

- d) Un expulsor, mecanismo que funciona sobre la carrera ascendente de la prensa y que expulsa las piezas trabajadas del elemento (troquel) de la prensa.
- e) Un cojín, que es accesorio situado debajo o dentro de una placa de apoyo para producir un movimiento y fuerza ascendente; es accionado por aire, aceite, hule, resortes, o -- una combinación de los mismos.

#### 4.1. Prensas mecánicas de simple efecto.

Son aquellas prensas que funcionan con un sencillo - carro accionado por un eje excéntrico. Generalmente se emplean para casi todas las operaciones de corte, algunas - de doblado, embutido sencillo y algunas operaciones combinadas de corte y embutido.

Estas prensas utilizan la energía acumulada de un volante que gira a un régimen determinado. El movimiento -- del carro se consigue por medio de un árbol normal de excéntrica que puede acoplarse o desacoplarse interminantemente con el volante a través de un embrague. El movimiento de la máquina es proporcionado por un motor eléctrico

lo que brinda la posibilidad de invertir el sentido de -- giro, permite por este motivo el retroceso del carro antes de llegar al punto muerto inferior, esto es útil para desbloquear las estampas cuando, por alguna falsa maniobra, - quedan atoradas entre carro y mesa.

#### 4.2. Prensa mecánica de doble efecto.

Muchas operaciones de estampado deben realizarse en dos acciones distintas sucesivas a saber: la acción de sujetar la pieza, seguida de la del embutido, teniendo presente que la primera fase de sujeción puede también estar precedida por una fase de corte ; pero las dos primeras fases, corte y sujeción, se consideran siempre realizadas -- en una sola acción. Para satisfacer estas exigencias se -- construyeron las prensas de doble efecto. Estas prensas -- tienen la característica de estar provistas de dos correderas, una de las cuales actúa dentro de la otra. El movi--- miento de las correderas, por estar combinadas se producen retardados uno con respecto al otro; el orden de los movi--- mientos respectivos, considerados desde el punto de vista del punto muerto superior, es el siguiente:

- 1o. Avance hacia abajo de la corredera exterior (sujetada).
- 2o. Avance hacia abajo de la corredera interior.

(retardado)

3o. Retorno hacia arriba de la corredera interior.

4o. Retorno hacia arriba de la corredera exterior.

#### 4.3. Prensas hidráulicas.

Las prensas hidráulicas funcionan con aire comprimido por medio de una bomba, aoplada directamente en la máquina.

El funcionamiento de estas prensas es de la siguiente manera: el plato de la prensa desciende rápidamente en vacío sin ejercer ninguna presión; seguidamente, iniciándose el estampado de la chapa previamente puesta sobre la matriz, la velocidad disminuye mientras se desarrolla la presión -- máxima (que es requerida al principio del embutido); a medida que va disminuyendo la presión requerida, aumenta proporcionalmente la velocidad del trabajo. Terminada la fase --- útil del estampado, el plato de la prensa retorna hacia la parte superior, con una velocidad superior, puesto que solo necesita la presión para vencer el peso de la estampa y el de la corredera.

Las prensas hidráulicas pueden ser de simple efecto y de doble efecto.

## 5.- MATERIALES Y SUS PROPIEDADES.

La selección de los materiales es una decisión que se debe tomar en cuenta, ya que de ello depende obtener el máximo rendimiento en la producción y por consiguiente el mayor ahorro en los costos.

### 5.1. Clasificación de los materiales.

En forma general clasificamos los materiales de la siguiente manera:

No metálicos	Maderas	
	Plásticos	
	Hules	
Metálicos	Ferrosos	Aceros
		Fundiciones
	No Ferrosos	Cobre
		Bronce
		Latón
		Aluminio

Dentro de los materiales de mayor importancia tenemos a los aceros, los cuales, por tener una amplia aplicación industrial hablaremos concretamente.

### 5.2. Acero.

Es una aleación de fierro y carbón complementada algunas veces con otros metales (níquel, vanadio, molibdeno) y pequeñas cantidades de otros metales que se consideran impurezas.

Esta composición química del acero da una estructura cristalina muy compleja que puede ser modificada mediante tratamiento térmico, termoquímico o por trabajo en frío. La alteración de la estructura de los aceros hace cambiar grandemente sus características y muy especialmente sus propiedades mecánicas.

Aunque en el acero, su contenido de carbono no excede de 1.7%, es el elemento de aleación más importante, el carbono puede encontrarse en forma libre, como laminillas o como glóbulos de grafito y combinado con el fierro y -- los otros metales de aleación formando carburos.

### 5.3. Clasificación de los aceros.

Pueden clasificarse por su cantidad de carbono de la siguiente manera:

- Acero de bajo contenido de carbono de 0.1 a 0.3% de carbono.
- Acero de medio contenido de carbono de 0.3 a 0.6 % de carbono.
- Acero de alto contenido de carbono de 0.6 a 1.7 % de carbono

Una segunda clasificación es de acuerdo a su composiición química en la cual encontramos los siguientes:

- Aceros al carbono.
- Aceros aleados.
- Aceros inoxidables.

#### Aceros al carbono.

Se dice que es al carbono cuando no se especifica el c-ontenido mínimo de aluminio, boro, cromo, cobalto, columbio, molibdeno, níquel, titanio, tungsteno, vanadio, circonio y otros, salvo los contenidos máximos de:

- Manganeso            1.65 %
- Silicio                0.60 %
- Cobre                  0.40 %

Dentro de este grupo, se puede considerar el siguiente subgrupo:

- Aceros al carbono simple.
- Aceros de fácil maquinado.

#### Aceros aleados.

Son los que contienen proporciones de manganeso, silicio y cobre, mayores que las especificadas como máximas en los aceros al carbono y que además pueden contener otros - elementos de aleación tales como: aluminio, boro, cromo, - cobalto.

Dentro del grupo de los aceros aleados se distinguen varios subgrupos:\*\*

- Aceros al manganeso.
- Aceros al níquel.
- - Aceros al níquel-cromo
- Aceros al cromo-molibdeno.
- Aceros al níquel-cromo-molibdeno.
- Aceros al níquel-molibdeno.
- Aceros al cromo-vanadio.
- Aceros al silicio-manganeso.

#### Aceros inoxidables y resistentes al calor.

Estos aceros poseen una excepcional resistencia a medios corrosivos, a temperaturas ambientes y elevadas. Se

\*\* Ver tablas II y III.

producen exclusivamente por el proceso de horno eléctrico, que permite un control riguroso de la composición química y después se forjan o se laminan.

Una tercera clasificación se hace por su aplicación.

Tan importante como la clasificación por su composición química es la clasificación por su aplicación. En esta clasificación juega un papel muy importante las propiedades mecánicas de los aceros y su composición química.

Las normas mexicanas para los aceros permiten agrupar los de la siguiente manera:

- Aceros estructurales.
- Aceros para herramientas.
- Aceros para la industria de la construcción.
- Aceros para la industria automotriz.
- Aceros para maquinaria.

#### Aceros Estructurales.

El acero estructural se produce en forma de perfiles, planchas, solera, láminas, tubos, se les designa con el número de norma mexicana correspondiente:

- Aceros estructurales para puentes y edificios.  
DGN - B38
- Aceros estructurales con límites de fluencia

29.5 kg/mm<sup>2</sup> DGN - B99

- Aceros estructurales baja aleación alta resistencia. DGN - B282
- Aceros alta resistencia.  
DGN - B 284.
- Aceros para locomotoras y carros.  
DGN - B263
- Aceros para barcos.  
DGN - B262

#### Aceros para maquinaria.

Es un poco difícil establecer una línea de separación entre los aceros estructurales y los aceros para maquinaria. De hecho los aceros estructurales en la construcción de maquinaria y equipo en general principalmente en la construcción de chasices, armazones, soportes, etc. Para todo tipo de maquinaria y aparatos utilizados en la industria y muchos bienes de consumo duradero.

Lo importante en la selección de aceros para la construcción de aparatos, equipos y maquinaria, son las propiedades mecánicas y forma secundaria la composición química. Esta composición química se vuelve muy importante, más que las propiedades mecánicas, en la construcción de

aparatos y equipos para las industrias de procesos, especialmente en componentes y subconjuntos que soportan altas y bajas temperaturas, o bien estar expuestos a medios que puedan ser corrosivos.

En la construcción de maquinaria, equipo y aparatos se emplea el acero en diferentes formas, la mayoría de ellas laminadas en caliente y algunas extruídas, estiradas y trefiladas.

Las principales formas con que se producen estos aceros son:

- Barras de diversas secciones (redondas, cuadradas, rectangulares, etc.)
- Planchas hasta de 200 mm de espesor.
- Láminas de muy diversos calibres y espesores.
- Tubos con y sin costura.
- Alambres para cables de sostén y para resortes de diversos calibres.

Por su composición química estos aceros pueden clasificarse en la forma antes mencionada, (aceros al carbón, aleados e inoxidable).

TABLA II

COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEROS ALEADOS.

Tipos de aceros y composición química  
promedio (5).

Aceros al carbono

- Comunes
- Corte fácil (free cutting)

Aceros al manganeso.

- Mn = 1.75

Aceros al níquel

- Ni = 3.50
- Ni = 5.00

Aceros al níquel-cromo

- Ni = 1.25; Cr = 0.65 o 0.80
- Ni = 3.50; Cr = 1.55
- Termoresistentes y resistentes a la corrosión.

Aceros al molibdeno.

- Mo = 0.25

Aceros al cromo-molibdeno.

- Cr = 0.50 y 0.95; Mo = 0.25 y 0.20

Aceros al níquel-cromo-molibdeno.

- Ni = 1.80; Cr = 0.50 y 0.80; Mo = 0.25
- Ni = 0.55; Cr = 0.50; Mo = 0.20
- Ni = 0.55; Cr = 0.50; Mo = 0.25
- Ni = 3.25; Cr = 1.20; Mo = 0.12
- Ni = 0.45; Cr = 0.40 Mo = 0.12

- Ni = 0.55; Cr = 0.17; Mo = 0.20

- Ni = 1.00; Cr = 0.80; Mo = 0.25

#### Aceros al níquel-molibdeno.

- Ni = 1.55 y 1.80; Mo = 0.20 y 0.25

- Ni = 3.50; Mo = 0.25

#### Aceros al cromo

- Bajo cromo - Cr = 0.27 y 0.65

- Bajo cromo - Cr = 0.80; 0.95 o 1.05

- Bajo cromo - Cr = 0.50

- Medio cromo - Cr = 1.00

- Alto cromo - Cr = 1.45

- Termo-resistentes y resistentes a la corrosión.

#### Aceros al cromo-vanadio

- Cr = 0.75; V = 0.15 min.

#### Acero al silicio-manganeso

- Mn = 0.65 y 0.85; Si = 1.40 y 2.00

TABLA III

EFFECTO DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION EN LAS PROPIEDADES DEL ACERO

ELEMENTO DE ALEACION	PROPIEDADES MECANICAS							OTRAS PROPIEDADES						PROPIEDADES MAGNETICAS					CONV.			
	DUREZA	RESISTENCIA A LA RUPTURA	CEDENCIA	ALARGAMIENTO	REDUCCION DE AREA	RESILENCIA	FLASTICIDAD	ESTABILIDAD A ALTA TEMPERATURA	FORMACION DE CARBUROS	RESISTENCIA AL DESGASTE	FORJABILIDAD	MAQUINABILIDAD	RESISTENCIA A LA OXIDACION	HITRABILIDAD	RESISTENCIA AL CORROSION	HISTERESIS	PERMEABILIDAD	FUERZA COERCITIVA	REMANENCIA	PERDIDA DE POTENCIA	VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO	CONV.
SILICIO	Δ	Δ	ΔΔ	∇	—	∇	ΔΔΔ	Δ	∇	∇∇∇	∇	∇	∇	∇	∇∇	ΔΔ	∇∇			∇∇	∇	Δ aumenta
Manganeso en Aceros perlíticos.	Δ	Δ	Δ	—	—	—	Δ	—	∇	∇	∇	—	—							∇	∇	∇ disminuye
Manganeso en Aceros austeníticos	∇∇	Δ	∇	ΔΔ	—					∇∇	∇∇	∇								∇	∇	— constante
CROMO	ΔΔ	ΔΔ	∇	∇	∇	∇	Δ	∇	Δ	∇		∇∇	ΔΔ	ΔΔ			Δ	ΔΔ		∇∇	∇	Desconoci
Niquel en Aceros perlíticos	Δ	Δ	Δ	—	—	—	Δ		∇	∇	∇	∇					ΔΔ	ΔΔ		∇∇	∇	No Magnético
Niquel en aceros austeníticos	∇∇	∇	∇	ΔΔ	ΔΔ	ΔΔ	ΔΔ			∇∇	∇∇	∇		ΔΔ						∇∇	∇	
ALUMINIO					∇	∇				∇∇		∇∇	ΔΔ				ΔΔ	Δ		∇	∇	
TUNGSTENO	Δ	Δ	Δ	∇	∇	—	ΔΔΔ	ΔΔ	ΔΔ	∇∇	∇∇	∇∇	Δ				ΔΔΔ	ΔΔΔ		∇∇	∇	
VANADIO	Δ	Δ	Δ	—	—	Δ	Δ	ΔΔ	ΔΔ	Δ		∇	Δ	Δ			ΔΔ	ΔΔΔ	ΔΔΔ	∇∇	∇	
COBALTO	Δ	Δ	∇	∇	∇	∇	ΔΔ		ΔΔ	∇	—	∇				ΔΔ	ΔΔΔ	ΔΔΔ		∇∇	∇	
MOLIBDENO	Δ	Δ	Δ	∇	∇	∇	ΔΔ	ΔΔΔ	ΔΔ	∇	∇	ΔΔ	ΔΔ				Δ			∇∇	∇	
COBRE	Δ	Δ	ΔΔ	—	—	—	Δ			∇∇	—	—		Δ						∇	∇	
AZUFRE				∇	∇	∇				∇∇	ΔΔ			∇						∇	∇	
FOSFORO	Δ	Δ	Δ	∇	∇	∇∇				∇	ΔΔ									∇	∇	

EL NUMERO DE TRIANGULOS NOS DAN IDEA DE LA MAGNITUD DEL AUMENTO O DE LA DISMINUCION.

Aceros para la industria automotriz.

La industria automotriz, que en los últimos años se desarrolló fuertemente, tiene en ciertos casos necesidades muy específicas en lo tocante a la composición química de los aceros que se emplean en algunos componentes de carrocería, chasis, suspensión, etc.

La composición química de estos aceros y sus propiedades mecánicas se pueden ver en las tablas II y III, mostradas anteriormente.

Es necesario, primero identificar el acero en cuestión, en primer lugar por su composición química similar y después encontrar las propiedades mecánicas típicas para el acero de que se trate.

El que la industria automotriz requiera en algunos casos aceros de composición química especial no significa que sean estos los únicos empleados en este tipo de construcción, para ello se recurre a todo tipo de aceros, incluso los estructurales. En la industria automotriz se emplean principalmente los aceros para maquinaria.

#### 5.4. Variaciones en las propiedades mecánicas del acero.

Con la excepción del módulo de elasticidad longitudinal y el módulo de elasticidad transversal, las propiedades mecánicas de los aceros varían ampliamente con los siguientes factores:

- Composición química.
- Por deformación en caliente.
- Por deformación en frío.
- Por tratamiento térmico.
- Por tratamiento termo-químico.

##### Variación por su composición química.

El contenido de carbono determina en gran parte la dureza y los esfuerzos de ruptura y cedencia que los aceros pueden alcanzar; los aceros de bajo contenido de carbono son suaves, los de altos contenidos de carbono pueden ser muy duros.

La adición de otros elementos en la aleación, tales como manganeso, vanadio, tungsteno, etc., mejoran en términos generales esas características y si las cantidades de estos elementos llegan a determinado valor, les confieren propiedades de resistencia a la corrosión y conservación a altas temperaturas, condiciones en las que otros aceros

las pierden.

La composición química es muy importante para las -- características que pueda dar el temple a los aceros. Los aceros al carbono de medio y alto contenido de este elemento, pueden ser templados, pero el espesor de la capa -- así modificada es mcho menor que el correspondiente a los aceros aleados; en estos, el tratamiento térmico de temple penetra mucho más profundamente que en los anteriores.

#### Variación por deformación en caliente.

Los aceros que se deforman en caliente (temperaturas superiores a  $1145^{\circ}$  C ) por forjado, por laminado, por estirado, por extruído, poseen características de resistencia superiores a los que no han sufrido deformación en caliente ya que sus cristales se rompen ó se alargan (fig.14) y confieren al material mayor dureza y esfuerzo a la ruptura y cedencia más altos..

Los aceros laminados, estirados y extruídos adquieren una macroestructura fibrosa, pues sus cristales se alargan en el sentido de la deformación y se eliminan o reducen -- las sopladuras (oquedades) que el lingote pueda tener. (fig.15)

### Variación por trabajo en frío.

Los aceros pueden laminarse, estamparse, estirarse y extruirse en frío ( a temperaturas inferiores a 720° C)-- y como en el caso de la deformación en caliente, el proceso mejora la dureza, eleva el esfuerzo de la ruptura y el de cedencia del metal, cuando menos en las capas superficiales. Al mismo tiempo se vuelve frágil, o sea que disminuye su resistencia (energía absorbida en la ruptura).

Existen aceros que no pueden ser endurecidos mediante tratamiento térmico (temple, revenido) y sus propiedades mecánicas sólo pueden mejorarse por deformación en -- frío.

Variación de las propiedades mecánicas de los aceros mediante tratamiento térmico.

Los tratamientos térmicos consisten en una serie de calentamientos y enfriamientos del metal, a diversas temperaturas durante determinados tiempos y a determinadas velocidades de calentamiento y enfriamiento.

Para poder tratar en forma general este tema nos auxiliaremos de una parte parcial del diagrama hierro-carbono (fig. 16) en la cual, el eje de las abscisas se representan los porcentajes de contenido de carbono de los ace-

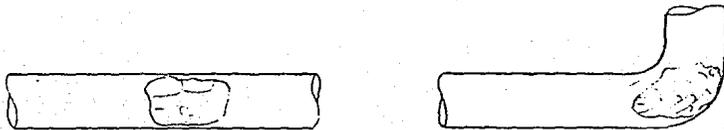


Fig. 14 Estirado

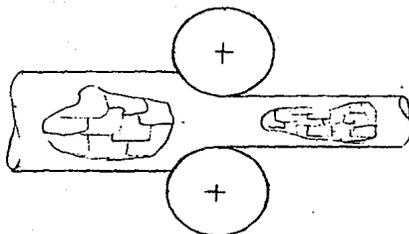


Fig. 15 Laminado

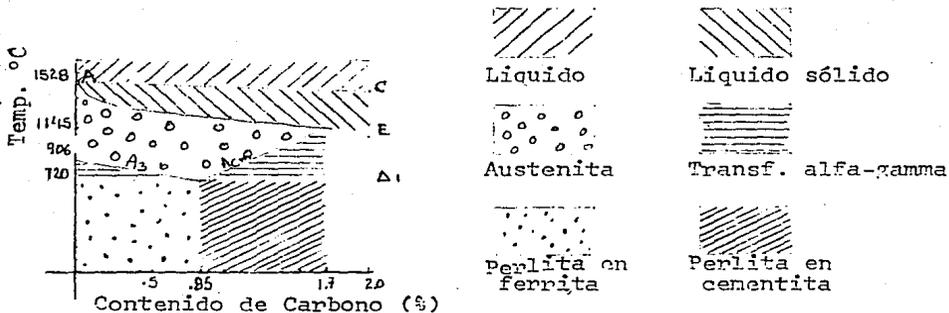


Fig. 16 Diagrama hierro-carbono

ros y en el eje de las ordenadas la temperatura de la --- transformación en grados centígrados o celsius, en la --- cual la temperatura  $A_1$  corresponden al principio de la transformación de hierro alfa a hierro gamma y a la tempe- ratura  $A_3$  corresponde al final de ésta transformación.

La línea  $A_{cm}$  representa la temperatura de fin de - transformación del hierro alfa en hierro gamma para los - aceros que contienen más de .85 % de carbono; éstas tempe- raturas son las correspondientes a las  $A_3$  y los aceros que contienen menos de .85% de carbono.

#### Temple.

Consiste en elevar la temperatura del acero arriba de la temperatura  $A_3$ , mantener ésta temperatura cierto - tiempo ( 1/2 ó 1 hora según la pieza ), y enseguida en--- friarla más o menos rápidamente, en forma directa o esca- lonada hasta la temperatura ambiente. El temple confiere al acero gran dureza, un gran esfuerzo de ruptura y ceden- cia, pero también una gran fragilidad (energía absorbida por la fractura). Fig. 17

### Revenido.

Para restituir el acero templado, parte de la resistencia que debe tener para las diversas aplicaciones, se emplea este tratamiento térmico, que consiste en elevar la temperatura del acero hasta un nivel inferior a  $T_1$ , -- mantener esa temperatura durante cierto tiempo y después enfriarlo con cierta lentitud hasta la temperatura ambiente.

Este tratamiento restituye al acero gran parte de su resistencia aunque disminuye ligeramente la dureza y los esfuerzos de ruptura y de cedencia. (Fig. 18)

### Recocido.

Es un tratamiento térmico que consiste en términos generales en llevar el acero arriba de la temperatura  $A_3$  y mantenerlo a esa temperatura durante un tiempo más o menos largo ( 1 y 2 horas ) y después enfriarlo muy lentamente hasta la temperatura ambiente. Con este tratamiento térmico se destruye la dureza del temple y los esfuerzos internos provenientes de un tratamiento térmico o de un trabajo en frío. (fig. 19)

Normalizado.

Es un tratamiento térmico que consiste en elevar la temperatura del acero hasta un nivel ligeramente superior a  $A_3$ , mantener la temperatura durante determinado tiempo y después enfriar en una temperatura de aire o atmósfera - controlada hasta la temperatura ambiente. El normalizado - produce en el acero una estructura homogénea. (fig. 20)

Variación de las propiedades mecánicas de los aceros por medio de los tratamientos termoquímicos.

Los principales tratamientos termoquímicos son:

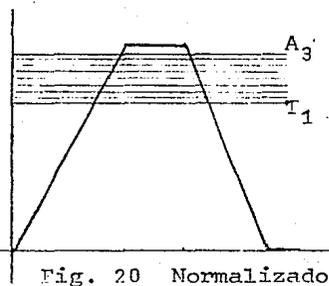
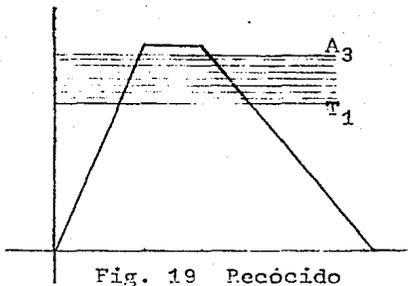
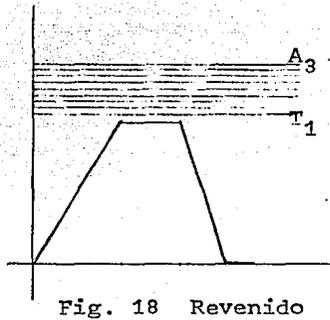
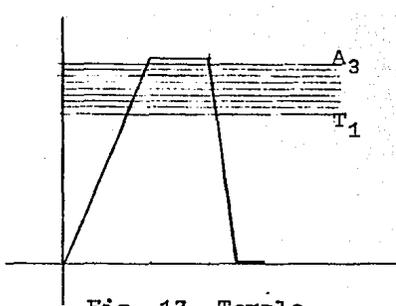
- Cementación
- Nitruración
- Carbonitruración.

Cementación.

Se aplica a los aceros al carbono y a los aceros -- aleados, ambos de bajo contenido de carbono ( hasta 0.2%), consiste en enriquecer con carbono las partes externas del acero hasta obtener un contenido del orden de 0.9 %.

Esto se logra en términos generales, calentando el - acero hasta una temperatura superior a la de  $A_3$ , en presencia de productos con alto contenido de carbono.

En esta forma el carbono penetra en el acero hasta



una profundidad que varia de 0.5 a 1.5 mm. según el tiempo que dure el tratamiento.

#### Nitruración.

Consiste en calentar el acero en presencia de productos ricos en nitrógeno, con el objeto de que éste gas forme nitratos con el fierro, y que le den propiedades -- de alta resistencia y dureza a las capas superficiales del metal. Para nitrurar se utiliza el amoníaco, como el compuesto que proporcionará el nitrógeno necesario para el proceso. El espesor de la película afectada por este proceso, película que resulta de gran dureza y alta resistencia al desgaste es de .25 a .5 mm.

#### Carbonitruración.

La combinación de los dos procesos anteriores se conoce como proceso de carbonitruración. El espesor de la película endurecida y que al mismo tiempo es muy resistente al desgaste, es de 0.08 a 0.25 mm.

## 6.- MATERIALES FERROSOS PARA HERRAMIENTAS.

En la construcción de herramientas pueden utilizarse muchos materiales ferrosos. Los componentes del soporte en los dispositivos se hacen de acero de bajo carbono, mientras que los elementos de desgaste se construyen de acero endurecido para herramientas. Los troqueles se fabrican en acero seleccionado para herramientas debido a los requerimientos de ejecución. Este acero seleccionado puede ser de los muchos tipos igualmente aplicables.

### 6.1. Aceros para herramientas y troqueles.

La selección apropiada de aceros para herramientas se complica por sus numerosas propiedades especiales. Los cinco principales son:

- 1) Resistencia al calor;
- 2) Resistencia a la abrasión
- 3) Resistencia al choque;
- 4) Resistencia a la distorsión en el temple;
- 5) Habilidad de corte.

Debido a que ningún acero posee todas las cualidades en un grado óptimo, se han producido cientos de diferentes aceros para herramientas con el fin de que reúnan el rango total de las demandas del servicio.

Los aceros para herramientas se clasifican por letra de la siguiente manera:

- W - Temple en agua.
- O - Temple en aceite.
- A - Temple en el aire, aleación mediana.
- D - Alto carbono, alto cromo, trabajo en frío.
- J - Resistencia al choque.
- H - Trabajo en caliente.
- T - Con base de tungsteno, corte rápido
- M - Con base de molibdeno, corte rápido..
- L - Propósito especial, baja aleación.
- F - Carbono- tungsteno, propósitos especiales.

Todos los aceros en la lista, excepto los de los -- grupos J y H, pueden ser tratados térmicamente a una dureza mayor de 62 Rockwell C., y en consecuencia son materiales duros, fuertes y resistentes al desgaste.

Con frecuencia la dureza es proporcional a la resistencia al desgaste, pero esto no es siempre el caso, debido a que la resistencia al desgaste aumenta de ordinario, según aumenta el contenido de la aleación, y particularmente, el contenido de carbono.

Por otra parte, la tenacidad de los aceros es inversamente proporcional a la dureza y aumenta en forma marcada

da según disminuya la cantidad de la aleación de carbono.

## 6.2 Naturaleza y aplicación de las diversas clases de caeros para herramientas:

- Aceros para herramientas de temple en agua (W).

Este grupo incluye los tipos al carbono (W1) y al carbono-vanadio (W2).

Pro su bajo costo, resistencia a la abrasión, al choque y habilidades para recibir un borde cortante afilado, los grados al carbono son de extensa aplicación.

- Aceros para herramientas de temple en el aire (A).

El tipo A2 es el principal. Tiene una mínima deformación durante el temple y posee mayor tenacidad que los aceros para troqueles de temple en aceite, con mayor o igual resistencia al desgaste.

- Aceros para herramientas de temple en aceite (O).

Los tipos O1 y O2 son para herramientas al manganeso y de bajo costo. Tienen menos deformación en el temple que los aceros del --

tipo W. Su resistencia al desgaste es ligeramente mayor que los aceros W de igual -- contenido de carbono.

- Aceros para troqueles, alto cromo y carbono (D).

El D2 es el principal de temple profundo, tenacidad regular y tiene buena resistencia al desgaste.

- Aceros para cortes rápidos al tungsteno y molibdeno (T y M).

Los T1 y M2 son equivalentes con buena resistencia a la abrasión. Tienen mayor tenacidad que muchos otros aceros.

- Aceros para herramientas de baja aleación (L).

Los L3 y L6 se utilizan para aplicaciones especiales de troqueles. Otros acero L encuentran aplicación en donde la fatiga y la tenacidad son consideradas importantes.

- Aceros especiales (F).

Se aplican ocasionalmente donde se desea alta resistencia al desgaste y un acero de temple poco profundo.

### 6.3. Hierro fundido.

Es esencialmente una aleación de hierro-carbono, con teniendo de 2 a 4% de carbono; de 0.5 a 3.0% de silicio -- de 0.4 a 1.0% de manganeso, más fósforo y azufre. La eleva da resistencia a la compresión y facilidad de fusión de -- los hierros grises (así llamados), los hace útiles en troqueles para conformar y embutir piezas de gran tamaño.

### 6.4. Acero inoxidable.

Los aceros inoxidables son aleaciones resistentes a la corrosión y al calor, que se emplean donde otros aceros serían atacados por la oxidación. Estos aceros derivan su resistencia a la corrosión por una película delgada, adherente y estable de óxido de cromo o de níquel que se prote ge efectivamente al acero contra muchos aceros corrosivos.

## 7.- MATERIALES NO FERROSOS PARA HERRAMIENTAS.

Las aleaciones no ferrosas se utilizan hasta cierto grado como materiales en aplicaciones especiales y, en ge neral para requerimientos de producción limitados. Algunos de ellos encuentran un empleo extenso en el diseño de dispositivos y sujetadores donde la ligereza en peso de las -

herramientas puede ser un factor importante.

- Aluminio. Las láminas de aluminio se emplean como revestimiento para bloques de forma. El bronce al aluminio fundido a la forma del -- troquel especificada, se utiliza para conformar y embutir acero inoxidable sin rayaduras o rozaduras.
- Magnesio. Se utiliza como material de recubrimiento sobre bloques. Esta limitado a partidas de producción muy cortas.
- Aleaciones con base de zinc. Estas se funden rápidamente a bajo costo en forma de matri--ces y punzones. La producción de partes experimentales con tales troqueles pueden servir para probar el diseño tanto de piezas como - de troqueles antes de comenzar las herramientas permanentes.
- Aleaciones fundidas de cobre y veridio. Estas tienen características comparables con el -- bronce al aluminio.

7.1. Materiales no metálicos para troqueles.

Estos se utilizan principalmente con los requerimien

tos de las piezas de producción y su uso es limitado.

- Fibra prensada de vidrio. Se usa para punzones y matrices en operaciones de conformar y embutir como bloques formadores en la formación de hule y en matrices de estira.
- Madera densificada. Se utiliza para troqueles de conformar y de embutir, y el rayado de las piezas es poco frecuente debido al bajo coeficiente de fricción de la madera densificada.
- Hule. Se emplea en las operaciones de conformado difíciles, tales como conformado de reflectores con ranuras profundas.
- Plásticos. Se están utilizando formas moldeadas o maquinadas, y matrices de estirar y embutir con plásticos.

En el embutido de formas sencillas de aceros de calibre delgado, los lotes de producción de 50,000 son normales.

#### 8.- CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES PARA HERRAMIENTAS.

Los materiales para las herramientas deben seleccio-

narse después de un estudio de las propiedades químicas, físicas y mecánicas deseadas.

En la mayor parte de las aplicaciones, más de un tipo de material será satisfactorio y la elección final estará regida por la disponibilidad y la economía.

Los principales materiales utilizados son los aceros para herramientas, pero en muchas aplicaciones pueden utilizarse con éxito hierro fundido, otros aceros y materiales no ferrosos. En algunas aplicaciones, una combinación de acero para herramient, materiales no ferrosos e incluso selecciones compuestas de ambos materiales (ferrosos y no ferrosos, pueden trabajar muy bien.

Hay propiedades físicas fundamentales que deben ser consideradas y tomadas en cuenta cuando se seleccionan materiales para herramientas.

Los datos completos se obtienen de ordinario de la literatura de los fabricantes y los manuales técnicos.

#### 8.1 Dureza.

Dureza es la propiedad de los materiales para resistir la deformación plástica por inantación, siendo esta la resistencia al rayado, la abrasión o al corte. Esta es una propiedad importante para la selección de materiales

para herramientas. La dureza sola no determina la resistencia al desgaste o la resistencia a la abrasión de un material. En los aceros aleados, en especial los aceros para herramienta, la resistencia al desgaste o la abrasión varía de acuerdo al contenido de los elementos de la aleación.

a) Dureza Rokwell.- Este es el método más utilizado ampliamente para medir la dureza del acero. La prueba se hace forzando un penetrador dentro de la superficie del metal bajo prueba, como un peso actuando a través de una serie de palancas. Una carátula micrométrica indica la cantidad conseguida por el penetrador. A medida que el metal a probar sea más blando, mayor será la penetración con una carga dada. La carátula micrométrica no proporciona lecturas directas en profundidad de penetración, sino que muestra escalas arbitrarias de "número Rockwell". Puede emplearse una variedad de cargas, cada una designada por una letra diferente, y se puede medir la dureza relativa.

Se utilizan dos clases de penetradores:

- Un cono de diamante conocido como un brale -- para materiales duros, tales como aceros de herramientas templado.

- Una bola de acero endurecido para probar metales blandos.

b) Dureza de Brinell. Este método para la medición es mucho más antiguo que el Rockwell. Funciona de manera parecida al principio de la prueba con la bola de Rockwell. En la máquina de Brinell se utiliza una bola de acero mucho mayor, y se le fuerza dentro del material a probar una carga de 3000 kg. En lugar de medir la penetración se mide el diámetro de la impresión en la pieza de prueba con un pequeño microscopio de mano, cuya lente está calibrada en milímetros..

El diámetro medido se convierte, por medio de una tabla en el número de dureza Brinell.

La medición de la dureza Brinell es más útil en material blandos y semiduros. En aceros de gran dureza, la impresión es tan pequeña que resulta difícil su lectura, en consecuencia, se emplea con mayor frecuencia la prueba Rockwell en tales materiales.

## 8.2 Resistencia a la tracción.

Esta propiedad física de los materiales es el valor

obtenido dividiendo la carga máxima observada durante la prueba de tracción por el área transversal del material - de muestra antes de la prueba.

La resistencia a la tracción es tomada en consideración en dispositivos grandes u otras herramientas y troqueles excepto cuando se utilizan materiales ferrosos, blandos ó semiduros.

Si un acero se alarga ligeramente antes de romperse, podrá obtenerse una cifra razonablemente precisa de la -- tracción. Sin embargo, si el material de la herramienta - es tan duro que se rompe antes de alargarse. La muestra - se romperá en la prueba mucho antes de que se obtenga una verdadera resistencia.

Las pruebas de tracción efectuadas con éxito sobre acero para herramientas, implica el empleo de temperaturas de revenido mucho más elevadas que las utilizadas realmente para herramientas. Los aceros empleados para trabajo en caliente y aplicaciones de fatiga e impacto, son empleados de ordinario a niveles de dureza más bajos.

### 8.3 Resistencia a la compresión.

La fuerza de compresión juega una parte muy importante en el diseño de herramientas. Es la carga mayor que

un metal sujeto a compresión puede soportar sin fractura.

Esta prueba se utiliza en aceros para herramientas, endurecidos en especial a grandes niveles de dureza. En todos los materiales dúctiles, el espécimen se aplasta bajo carga y no hay una fractura bien marcada.

Para este tipo de materiales la resistencia a la compresión es, de ordinario, igual a la resistencia a la tracción.

#### 8.4 Resistencia al corte.

La resistencia al corte de los metales es de importancia, especialmente en el diseño de máquinas y miembros sometidos a torsión. Puede definirse como el valor del esfuerzo necesario para causar ruptura en la torsión.

Para la mayor parte de los aceros, excepto de herramientas y otros accesorios muy duros, la resistencia al corte queda entre 50 y 60% del límite de fluencia o límite de elasticidad, por lo que el límite de fluencia de tensión sirve bastante bien como índice de la resistencia al corte.

Los aceros para herramienta endurecidos son considerados como frágiles debido a que se deforman muy poco antes de la fractura en tensión o en doblado; no obstante

cuando se le somete a torsión exhiben una ductibilidad -- considerable. El método de prueba de torsión, ofrece ventajas para la "prueba de tenacidad" de los aceros, para herramientas, endurecidos. Esto es particularmente cierto -- en aquellos casos donde se producen pequeñas cantidades de deformación. La tenacidad es la propiedad de absorber con siderablemente energía antes de la fractura. Esta caracte rística implica que el material tenga ductibilidad y re-- sistencia.

#### 8.5. Límite de fluencia ó elasticidad.

Es la propiedad de los materiales que generalmente limita sus aplicaciones de acuerdo a su resistencia elás-- tica. Es el nivel de resistencia al cual un material mos trará un alargamiento permanente después de que se libera de la carga.

Para comparar la propiedad elástica de los aceros, -- tanto duros como blandos, se emplea una cantidad definida de alargamiento permanente como criterio del límite de -- fluencia. Este es el 0.2% de la longitud del calibre de -- 50.8 mm empleado.

El tratamiento térmico se utiliza para mejorar el -- límite de fluencia.

## 8.6 Módulo de elasticidad (doblado).

Esta es una medida de la rigidez del material. Esta indicada por el descenso de la línea generada por debajo del límite elástico durante la prueba de tracción. Para el acero, el valor promedio es de  $21,090 \text{ kg/mm}^2$ .

Pocos aceros tienen un módulo que se desvía de este valor. El módulo no puede ser alterado materialmente por tratamiento térmico. Esta es una importante propiedad que debe tomarse en consideración cuando se diseñan herramientas y partes de máquinas alargadas. Entonces debe siempre tomarse en cuenta la sección transversal de la pieza. El módulo de los fierros fundidos varía de  $7,030$  a  $17,575 \text{ kg/mm}^2$ , dependiendo de la resistencia y ductibilidad. Con los materiales de aleaciones no ferrosas, generalmente -- los valores son bajos.

## 8.7 Módulo de elasticidad (torsión).

Este corresponde al módulo de elasticidad en la --- prueba de tracción, excepto que se mide en una prueba de torsión, y es la relación de unidad de resistencia al corte con el desplazamiento causado por esta unidad de longitud en el rango elástico. Es un valor útil cuando se diseñan ejes, machos de roscar, brocas helicoidales u otras -

herramientas que trabajan en torsión. Los valores cuando estén disponibles, deberán utilizarse como una guía.

#### 8.8. Impacto.

La tenacidad o la habilidad para resistir rupturas se mide por la prueba de impacto. Hay tres medios comunes de probar la resistencia al impacto de un nivel específico de dureza:

- El ensayo de Izod.
- El ensayo de Charpy.
- Prueba de torsión por impacto.

Los dos primeros ensayos dan resultados útiles únicamente sobre aceros que posean alguna ductibilidad, esto es, los que se doblan antes de romperse.

La máquina para ensayar la tenacidad de Izod, se basa en el principio del péndulo. Dicha máquina consiste en una prensa de mordazas para sujetar la pieza a ensayar y un pesado péndulo que actúa como martillo. El péndulo se retira a una distancia definida y, se deja caer por su propio peso sobre la pieza a ensayar. La tenacidad de la pieza se mide por la cantidad del rebote del péndulo.

El ensayo de la tenacidad de Charpy trabaja sobre el principio del péndulo, pero la pieza a ensayar se so--

porta por ambos extremos y el borde de cuchilla del péndulo golpea en el centro de la pieza a ensayar.

Esta máquina de impacto fueron diseñadas para probar materiales tenaces.

El método de prueba de torsión es aplicable para aceros con altos niveles de dureza. La muestra se rompe por medio de un golpe torsional. Esto pone la carga sobre la sección torsional a un tiempo y proporciona resultados --- precisos.

### 8.9 Fatiga.

La fatiga es una importante propiedad física que debe ser considerada en el diseño de herramientas. La fatiga puede definirse como la propiedad de un metal a romperse bajo condiciones de esfuerzos de repetición cíclica -- por debajo de su última resistencia a la tracción.

En el diseño de herramientas, especialmente punzones y otras herramientas de impacto, las fracturas comienzan desde un radio interior mal diseñado o desde otro punto mal localizado de concentración de esfuerzos. Bajo esfuerzos aplicados en forma continua comienza a formarse una -- grieta en este punto de esfuerzos localizados y continúa -- su falla final. En consecuencia deberá mantenerse a un mínimo de esfuerzos localizados.

#### 8.10. Corrosión.

La corrosión raramente es problema en el diseño de las herramientas o en su comportamiento durante su trabajo. En algunos casos, el calor generado por la fricción ocasiona la descomposición del lubricante lo que dá por resultado - un ataque químico o electrolítico sobre el material de la herramienta.

## CAPITULO II

### CONTROL DE INVENTARIOS

#### 1.- CONTROL DE INVENTARIOS

Existen muchas distinciones importantes que hacerse - entre los diferentes tipos de inventarios. Primero debe observarse que existen artículos que son críticos para el -- funcionamiento de una fábrica, sin importar qué tanto o qué tan poco cuesten. Por ejemplo, la falta de algún repuesto - pequeño en una máquina-herramienta bien puede detener un - programa de producción.

Por otro lado, existen artículos que son importantes - debido a que su volúmen en pesos es alto. Una división de - artículos bajo la administración de materiales se basa, en el reconocimiento de que unos pocos artículos tienen altos volúmenes en pesos y muchos otros tienen sustancialmente - volúmenes inferiores en pesos.

#### 1.1. Principio de Pareto

"Es evidente que es antieconómico dedicar la misma -- cantidad de tiempo y atención a los artículos que no tienen importancia que a los suministros vitales".<sup>1</sup> En otras pala bras, dice que unas cuantas actividades o unos cuantos artí

1) RIGGS, James L. "Sistemas de producción".pp 443.

culos en un grupos de éstos, hechos, comprados, vendidos o almacenados, dan cuenta de la mayor parte de los recursos que se utilicen o ganen. Su aplicación a la política del inventario reconoce que un número pequeño de los suministros de producción explican la mayor parte del valor total empleado.

#### SISTEMA ABC.

La división del inventario en tres clases de acuerdo con la distribución monetaria se conoce como el análisis - ABC.

La tasa de utilización para cada artículo es el producto de su utilización anual y su costo unitario de compra o producción. En la clase A, en la cual se concentra la atención (fig. 21), se incluyen artículos de alto valor cuyo -- volumen monetario cubre usualmente entre el 75 y el 80% de los costos materiales y representa solamente del 15 al 20% del volumen de material. Las proporciones se invierten al - pasar de los artículos A a los C.

El efecto general es "ganar" tiempo para los artículos de alto valor teniendo demasiadas existencias de los artículos de bajo valor. A continuación se explicarán los procedimientos para establecer un control ABC.

Artículo A. Las cantidades del pedido y los puntos de

reorden, se determinan con mucho cuidado. Los costos de adquisición y las tasas de utilización se revisan cada vez que se hace una orden. Se deben aplicar controles estrictos a los registros de las existencias y a los desarrollos de los adelantos temporales.

Artículo B. Los cálculos del costo del inventario que se explican más adelante se revisan trimestralmente. Se espera que los controles normales y los registros adecuados detecten cualquier cambio en la utilización.

Artículo C. No se llevan a cabo cálculos formales. El punto de reorden es por lo general un suministro para uno o dos años. Se registran sencillamente cuando se reciben las existencias de aprovisionamiento, pero no se hace un intento para mantener una contabilidad continua del nivel de las existencias. Una revisión periódica, tal vez una vez al año, comprueba físicamente la cantidad que se tiene en el almacén.

Los suministros de los artículos A y B se controlan sometiéndolos a un sistema de control de inventario periódico.

En un sistema de control de inventario periódico, el número de artículos que se tiene en el almacén se revisa con un intervalo constante, semanalmente, por mes, etc. - Los intervalos siguen esencialmente el concepto ABC; los artículos que tienen una utilización monetaria alta se comprueban con más frecuencia que los artículos C.

Seguido de cada revisión, se hace un pedido. La magnitud de éste dependen de la tasa de utilización durante el tiempo que media entre las comprobaciones. Esta magnitud variable de la orden, está diseñada para que se aproxime el nivel de las existencias a un número máximo deseado, tal como la magnitud del lote económico ( EOQ ) más una existencia de seguridad.

Cantidad de la orden =  $Q$  - inventario presente +  
utilización durante el ade-  
lanto temporal + existencia  
de seguridad.

Donde  $Q$  = Tamaño del lote.

En esta forma, la magnitud del orden es mayor cuando la demanda entre las revisiones es alta.

## 2.- COSTOS DEL INVENTARIO.

Se deben asignar costos a las diversas consideracio-  
nes del inventario para evaluar adecuadamente la convenien

cia de las funciones que este implica.

### 2.1. Precio (P)

El valor de un artículo es su precio unitario de compra si se obtiene de proveedor externo ó su costo unitario de producción si se produce internamente. El dinero que se invierte en un artículo que se está manufacturando es una función de su grado de refinamiento. El valor de un producto desde su etapa inicial de desarrollo es mayor que el -- costo agregado de reunir las materias primas. Conforme --- avanza a través del ciclo de producción acumula una parte del costo fijo de las instalaciones de producción, costos directos e indirectos de mano de obra para operaciones de acabado y refinamiento y el costo directo de las adiciones de material.

### 2.2. Costo de capital (CC).

Si el dinero invertido en un artículo (que está en inventario), se utiliza en otra cosa, en el banco por ejemplo, se esperaría una recuperación de la inversión. Por lo tanto haremos un cargo a los gastos del inventario para explicar esta recuperación que no se obtiene. El cargo se -- aplica al precio, P , para explicar cualquier reclamación acerca del costo anual del capital. La magnitud del cargo

refleja el porcentaje de recuperación (interés) esperado de otras inversiones.

### 2.3. Costo de la orden o pedido (CP).

Los costos de adquisición se originan en el gasto de hacer un pedido a un proveedor aún cuando las órdenes sean entregadas por otros departamentos de la misma compañía.

Comprobar los niveles de inventario, hacer los pedidos, la inspección, poner al día los registros de inventario, son actividades que pertenecen al proceso de adquisición interna.

Para determinar el gasto de hacer un pedido a proveedor externo, también se debe tomar en cuenta los costos de la elaboración de éste (papelería, teléfono, correo, horas hombre).

### 2.4. Costos de tenencia o de mantener (CM).

Los costos que se originan de muchas fuentes, generadas por el hecho de tener y guardar materiales o producto terminado, se agrupan con el nombre de costo de tenencia. Generalmente se da un porcentaje o valor monetario al conjunto total.

En general, los costos de mantener, permanecen fijos para una cierta capacidad del inventario y después varían

con la cantidad adicional de almacenaje; algunas de las -  
partidas que se consideran para el costo de mantener son  
las siguientes:

- a) Instalaciones de almacenamiento. Se necesi-  
tan edificios para almacenar el inventario.  
En el gasto se incluye el costo anual equi-  
valente de la inversión si las instalaciones  
son propias o la renta si son arrendadas, la  
calefacción, la luz y los impuestos a la pro-  
piedad que pague la fabrica en cuestión.
- b) Manejo. En el costo de mover los artículos \_  
hacia, desde y dentro del almacén, se inclu-  
yen gastos por daños, salarios y equipo.
- c) Depreciación. El cambio en el valor de un ar-  
tículo durante el almacenamiento lo provocan  
el deterioro, la mutilación, la obsolescencia y  
el robo, que no están cubiertas por el segu-  
ro.
- d) Seguro. Una política conservadora, consiste  
en asegurar los artículos durante el almace-  
namiento. La protección se basa comúnmente -  
en el valor monetario promedio del inventa-  
rio.
- e) Impuestos. Los que imponga el gobierno corres-  
diente.

## 2.5. Costo de oportunidad.

Es el costo generado o el dinero dejado de generar - cuando, por ejemplo, se mantiene cierto equipo con un valor de venta en el mercado, pudiendo venderlo y con ése - dinero invertirlo en alguna otra cosa. Entonces, al siguiente año, el equipo valdrá menos, tal vez se deteriore o quizá sea obsoleto, mientras que el dinero que se hubiese obtenido por la venta nos habría rendido en alguna cantidad. Es te dejar de ganar se convierte en nuestro costo de oportunidad.

## 3.-MODELOS DE INVENTARIO QUE SUPONEN CERTEZA.

Los análisis de los costos del inventario siguen dos patrones: costos que varían directamente con la magnitud - de la orden y costos que varían inversamente con la cantidad de la orden. Los costos de tenencia y del capital aumentan conforme aumenta la magnitud de la orden, debido a que pedidos grandes significan niveles más altos del inventario. Estos costos por existencias disminuyen si se ordenan cantidades más pequeñas y significa que deben hacerse más pedidos. Si se hacen más pedidos, aumenta el costo --- anual por pedido. Como se permite que disminuyan los niveles del inventario más a menudo cuando se hacen más pedidos, existen más oportunidades de agotar las existencias y frecuentemente de aumentar los costos de oportunidad. El -

costo total del inventario es la suma de los costos de man tener el inventario y de la adquisición del mismo; en la - fig. 22, se muestran las relaciones de variación directa, - variación inversa y de los costos totales.

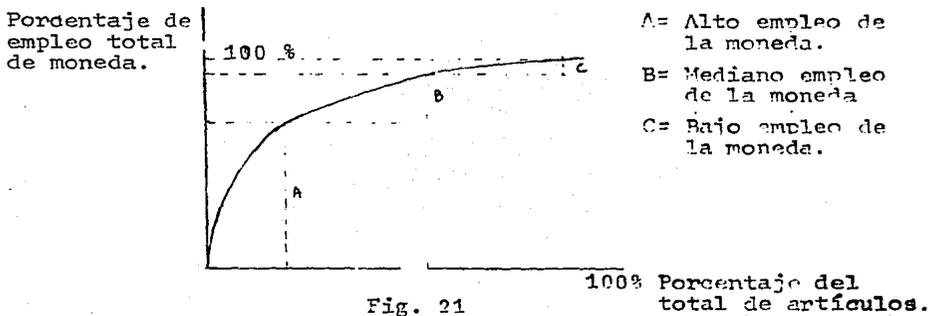


Fig. 21  
Distribución de gastos con respecto a la cantidad suministrada.

- A= Alto empleo de la moneda.
- B= Mediano empleo de la moneda
- C= Bajo empleo de la moneda.

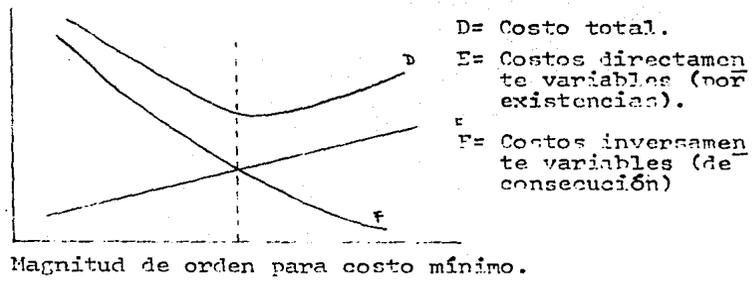


Fig.22 Relación costo magnitud de la orden.  
(fig.22) Relación Costo-Magnitud de la orden.

Los modelos de inventario considerados bajo una hipótesis de certeza se basan en premisas que simplifican en gran medida su estructura pero disminuyen su aplicación a los costos reales.

Las siguientes hipótesis y sus efectos son aplicables a todas las fórmulas que se verán más adelante.

- 1) El número total de unidades para cada año, - se conoce exactamente como:  $\text{demanda anual} = Z$  utilización anual de los artículos.
- 2) La demanda es constante. Se conoce el número exacto de artículos necesarios durante cualquier período cuando es constante la tasa de utilización.
- 3) Se reciben instantáneamente las ordenes. -- Significa que una cantidad ordenada estará - disponible cuando se le espera; la conclusión es que el adelanto temporal se conoce y es - constante.
- 4) Los costos por hacer el pedido son los mis-- mos, independientemente de la magnitud de la orden. De manera semejante, los costos de colocación de los pedidos son constantes y la tasa con la cual se producen los artículos - es conocida:

Tasa de manufactura =  $M$  = Tasa anual a la -  
cual se pueden pro-  
ducir los artículos.

5) El precio de compra o de producción no varía durante el período considerado, sin embargo, el precio puede variar como una función de - la cantidad del pedido.

6) Existe suficiente espacio, capacidad de mane-  
jo y dinero para permitir la adquisición de  
cualquier cantidad deseada, el límite máximo  
es ordenar solamente una vez al año:

Magnitud del lote =  $Q$  = Número de artículos or  
denados durante cada -  
período de aprovisiona-  
miento.

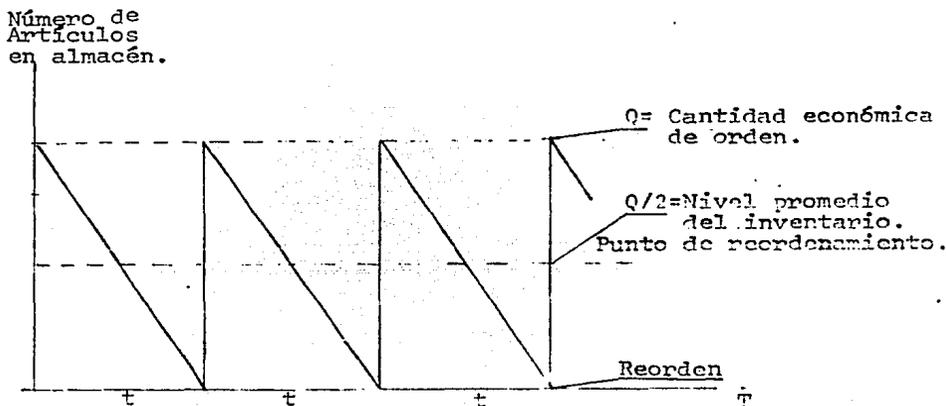
Entonces  $Z = Q$  cuando todo el material nece-  
sario para las operaciones de  
un año se obtiene al mismo --  
tiempo.

#### 4.- MAGNITUD ECONOMICA DEL LOTE.

La magnitud de una orden que minimiza el costo total del inventario se conoce como la magnitud del lote  $X$ . El - patrón de utilización y de aprovisionamiento para la magni

tud del lote con base en la suposición dada anteriormente, se muestra en la fig. 23.

Las líneas verticales indican la recepción inmediata de una orden de una magnitud  $Q$ . Una tasa constante de utilización representada por las líneas inclinadas disminuye hasta cero el nivel del inventario durante el tiempo entre las ordenes.



$t$  = Intervalo entre ordenes.

Fig.23 . Patron del inventario para aprovisionamiento instantáneo y demanda constante.

El número promedio de artículos en almacén es  $X/2$ .

Los costos de adquisición y del inventario están graficados en la figura como una función de  $Q$ . El costo anual de adquisición es el número de ordenes hechas por año multiplicado por el costo de cada orden.:

$$\text{costo anual de adquisición} = \frac{CP \cdot Z}{Q}$$

CP = costo por orden.

z = número de unidades pedidas en el año.

Q = Número de unidades por orden.

Suponiendo que el costo por manejo y el costo del capital se basan en el nivel promedio del inventario, se tiene:

costo anual por tener el inventario =

$$(CM + CC) \frac{Q}{2}$$

CM = costo de mantener

CC = costo de capital (cargo de intereses por unidad por año).

$\frac{Q}{2}$  = inventario promedio.

Combinando estas expresiones, se obtiene la fórmula:

$$\text{costo anual total} = \frac{CP \cdot Z}{Q} + (CM + CC) \frac{Q}{2}$$

Recordando la forma de la curva del costo total en la figura anterior, se sabe que la pendiente es cero en el punto mínimo. En esta forma, una manera de determinar el valor de X que minimiza el costo anual total es derivar la expresión con respecto a X e igualar a cero la derivada:

$$\frac{d}{dQ}(\text{costo anual total}) = -\frac{CP Z}{Q^2} + \frac{CM + CC}{2} = 0$$

Entonces resolviendo la ecuación para Q, se obtiene la fórmula de la magnitud económica del lote QE

$$Q = \sqrt{\frac{2 CP Z}{CM + CC}} = QE$$

Que significa el número de piezas ó artículos que se debe pedir en cada orden, para poder mantener nuestros costos lo más bajos posible.

Otras estadísticas se pueden calcular una vez que se conoce Q. El número de ordenes que se hacen en el año está dado por:  $\frac{Z}{Q}$ .

El intervalo de las órdenes, estará en función de los días laborables en el año, supongamos que 200, entonces:

$$\text{intervalo de la orden} = t = \frac{200}{Z/Q}$$

El costo completo por tener un artículo en existencia todo el año, será la suma del precio de compra para las -- existencias de todo este período y el costo total anual -- del inventario.

$$\text{Costo total anual por tener en existencias} = \frac{CP \cdot Z}{Q} + \frac{(CM + CC)Q}{2} + PZ$$

#### 5.- EL MODELO DEL LOTE ECONOMICO EN FABRICACION DE -- HERRAMIENTAS.

Consideremos ahora el problema en la cual la compañía es su propia proveedora y en nuestro caso de sus propias -- herramientas y elementos de máquinas herramientas. Esta -- formulación, la llamaremos "Modelo del lote económico de -- fabricación" debido a que la cantidad fabricada, cualquie- -- ra que sea, es llamada un "lote". La figura 24, muestra -- las variaciones del nivel de inventarios de herramientas -- que se fabrican por la misma compañía.

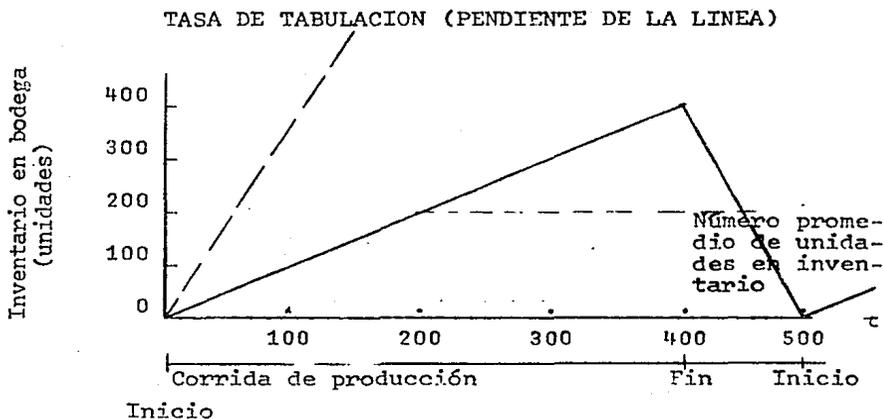


Fig.24. Perfil del inventario para suministro gradual.

El perfil de diente de sierra del modelo simple del lote económico, donde la cantidad total del pedido se recibe en forma instantánea en un punto en el tiempo, ha sido reemplazado por un aumento gradual en el inventario. La tasa de consumo es equivalente en ambas situaciones. En este caso  $Q_1$  es el lote óptimo de fabricación de herramientas. El costo de colocación de un pedido (CO) no es relevante -- en este caso. En lugar de este costo, existe un costo de arreglo inicial (CA), el cual es mucho mayor que el costo de colocación de un pedido. Manteniendo todas las condicio-

nes iguales, es de esperarse que el lote óptimo de fabricación sea mayor que el lote óptimo de compra.

El costo de arreglo inicial se compone de al menos - dos partes:

- a) El costo de mano de obra requerida para preparar el material y el equipo necesario para la fabricación de herramientas.
- b) Costo de la pérdida de producción debido al tiempo perdido mientras se prepara el material y el equipo para la fabricación de las herramientas.

Además, utilizaremos otras dos variables:

p = tasa de fabricación de unidades por día.

d = Tasa de demanda en unidades por día.

La fórmula para el cálculo del lote óptimo en el caso de fabricación se obtiene en forma similar a la del modelo simple de compra, con el siguiente resultado.

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 CA d}{(CM + CC) \left(1 - \frac{d}{p}\right)}}$$

#### 6.- TIEMPO DE APROVISIONAMIENTO.

Para los dos sistemas de inventarios, el del modelo simple de compra y el modelo de fabricación se requiere --

conocer el tiempo de aprovisionamiento.

Los comprobante obvios del tiempo de aprovisionamiento incluye: el periodo de reconocimiento del hecho de que se necesitan nuevas herramientas para cubrir los stocks de seados, el intervalo de tiempo necesario para la fabrica--ción de las mismas, tiempos para conseguir los materiales, preparación de estos, tiempo para verificar el diseño de - la herramienta o posibles mejoras, etc. Hasta el momento - en que las herramientas se consigan, en las tarjetas de in-ventario de almacén de herramientas, el tiempo de aprovisio-namiento continua. Como se dijo anteriormente el tiempo de aprovisionamiento está en función de la demanda anual, la - cantidad del pedido y los días laborables de la empresa:

$$t = \frac{\text{días laborables}}{\text{demanda anual/cantidad del pedido}} = \frac{\text{días}}{270}$$

#### 7.- ARTICULOS MULTIPLES E INVENTARIOS AGREGADOS.

Los inventarios rara vez están compuestos de una herra- mienta o elemento único. Generalmente se mantienen muchas - herramientas diferentes en inventario. Aún para un sola he- rramienta, es común tener muchas referencias distintas.

Podríamos si tuviésemos suficiente información, obtener el tamaño de la necesidad óptima de herramientas de - cada referencia. Esto nos daría un costo total mínimo para el sistema; sin embargo, intervienen dos factores:

- a) Cuesta dinero estudiar los inventarios y desarrollar políticas para cada referencia. -- desde el punto de vista de una gráfica de -- punto de equilibrio, los costos del estudio de inventario aumentan los costos fijos. Las economías obtenidas del estudio disminuyen - los costos variables. El costo debe representar un retorno adecuado sobre el capital invertido en el estudio de inventarios para  poder decidir que ésta inversión es preferible a invertir en bonos y acciones, maquinaria o personal adicional. Debido a que este criterio se aplica a todos los estudios de inventarios, las compañías rara vez llevan a cabo estudios de inventarios de todos los artículos que lo requieren. Por el contrario, como se discutió anteriormente, los artículos se dividen en categorías ABC.
- b) Los recursos de la compañía son limitados. - Es frecuentemente poco razonable mantener el

valor promedio de los inventarios que re---  
querirán las políticas óptimas tomadas en -  
forma individual. La capacidad del departa-  
mento de fabricación de herramientas queda  
excedida y la capacidad de almacenamiento -  
puede verse también excedida; el valor del  
capital invertido en inventarios puede exce-  
der la disponibilidad de la compañía. Las -  
limitaciones en caso de que existan, exigen  
una modificación de la política de inventa-  
rio. Esto es, el resultado óptimo teórico -  
para el sistema no es factible debido a que  
viola otras restricciones prácticas.

Consideremos primero el caso en el cual se presenta  
una restricción en el capital a invertir. Supondremos que  
la política de la compañía exige que no inviertan más de -  
\$ 2,000.00 en inventario de herramientas o herramientas  
en promedio. Pero la suma de las políticas óptimas para ca-  
da herramienta requiere una inversión en el inventario to-  
tal promedio de \$ 2,600.00 ¿Qué debería hacerse entonces?.  
El límite en el capital no permite el uso de las políticas  
óptimas individuales de inventarios. Las cifras para éste  
ejemplo se dan a continuación, donde CM = 0.24 pesos por -  
año y CA = 48.00 pesos por arreglo.

Herramientas	Pj	Z(anual)	Qj	CjQj	CjQj/2=Aj
1	\$ 3.50	1,400	400	1,400	700
2	\$ 2.00	5,000	1,000	2,000	1,000
3	\$ 1.00	2,500	1,000	1,000	500
4	\$ 2.00	800	400	800	400

Aj = Valor del inventario promedio \$ 2,600.

Sea A = valor del inventario promedio.

a = Valor del inventario promedio de la herramienta j, que tiene un costo unitario Pj y una demanda actual anual de Zj y un valor - para el lote óptimo de Q.

Por lo tanto, puede demostrarse fácilmente que para una política de necesidad racional debemos encontrar una razón que equilibre las necesidades con la disponibilidad económica. Así pues:

$$\frac{\text{inventario promedio de un artículo } j}{\text{inventario promedio total de todos los artículos}} = \frac{a}{A}$$

$$\frac{\sqrt{c_j z_j}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{c_j z_j}} = \frac{a}{A}$$

Esta importante ecuación orientada hacia sistemas, establece que para cada herramienta  $j$ , existe una relación de volúmenes con el total de todos los artículos mantenidos en inventario. Esto es, el cociente entre la raíz del volumen de las herramientas  $j$  y la suma de las raíces -- cuadradas del valor adecuado para el inventario de la herramienta  $j$  como una fracción del valor total del inventario de todas las herramientas (llamados  $A$ ). Debemos observar que no se requiere que  $A$  sea un valor óptimo. Generalmente se fija mediante una política algo arbitraria, La intuición de la administración puede estar difícilmente equivocada si encuentra dificultad en la obtención de las proporciones de las raíces cuadradas de las partes con respecto al total. Esto es especialmente cierto, después de

observar que A puede fijarse en forma arbitraria. En muchas compañías el valor de A (como el valor total en pesos de los inventarios promedios) es mantenido en un nivel mínimo por la Alta Gerencia de acuerdo a sus percepciones -- respecto a las condiciones económicas y sociales del momento, y cambiando este valor sin advertencia a lo largo del tiempo.

Los valores necesarios los obtenemos por nuestro -- ejemplo, siendo A = \$ 2,000 como se especificó.

Artículo	$c_j z_j$	$\sqrt{c_j z_j}$	$A \sqrt{c_j c_j} \sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} c_j z_j} = \frac{c_j x_j}{2}$	
1	4,900	70	(2000)(70)/260	538
2	10,000	100	(2000)(100)/260	769
3	2,500	50	(2000)(50)/260	385
4	1,600	40	(2000)(40)/260	308
		260		A = 2,000

Podemos recalculamos ahora directamente las cantidades racionales a fabricar.

Artículo	$c_j x_j/2$	$x_j$
1	538	$2(538)/3.50 = 307$
2	769	$2(769)/2.00 = 769$
3	385	$2(385)/1.00 = 770$
4	308	$2(308)/2.00 = 308$

Así queda resuelto el problema. Se deben fabricar 307 unidades de la herramienta no. 1 en lugar de la cantidad óptima determinada de fabricar 400 unidades.

En forma semejante, fabricar 769 unidades de herramientas no. 2 en vez de las 1,000 unidades; 770 unidades del no. 3 en lugar de 1,000; y fabricar 308 unidades de la no. 4 en lugar de 400.

El mismo tipo de razonamiento puede aplicarse al número de demandas de herramientas suponiendo que no existe restricción para A. Así :

$$\frac{n_j}{N} = \frac{\sqrt{c_j z_j}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{c_j z_j}}$$

donde  $n$  representa el número de pedidos a colocar el artículo  $j$  y  $N$  representa el número total de pedidos que pueden colocarse en el departamento de compras.

Esta fórmula se utiliza cuando existe un límite superior para la capacidad del departamento donde se colocan los pedidos.

Las razones por las cuales las políticas de inventario para herramientas múltiples que se acaban de describir son racionales en comparación con otras que serían -- irracionales se basan en:

- a) No es irracional el no poder lograr el estado óptimo del sistema total debido a que las limitaciones de recursos hacen imposible -- operar a este nivel óptimo global;
- b) La existencia de restricciones de un tipo u otro, si prohíbe el uso de la política global; implica el hecho de que los costos  $CM$  y  $CA$  que han sido utilizados para determinar la política óptima global, no pueden ser medidas correctas de la situación. Por lo tanto, una política racional es aquella en la cual un cambio adecuado a estos costos daría una política óptima que cumpliera con las -

restricciones. Esto es lo que se logra con la fórmula que se analizó anteriormente.

#### 7.- SISTEMA DE REVISION CONTINUA.

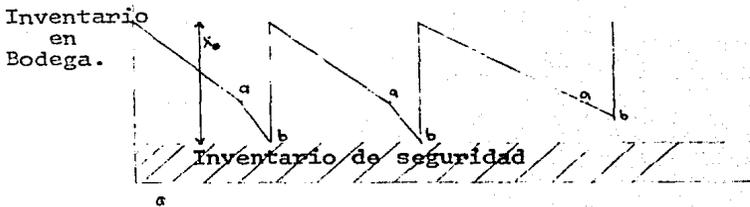
El modelo de lote económico simple y el modelo de los lotes económicos en producción se basan en la suposición de que no existiría variación en la demanda. En la mayoría de las situaciones prácticas, esta situación no se cumple.

Como resultado, se ha diseñado un modelo de inventario para tratar estas situaciones donde los niveles de la demanda fluctúan.

Cada vez que se retira una unidad del inventario, se registra en la tarjeta de inventarios de dicha herramienta. La cantidad retirada se resta del nivel de inventario anterior en almacén. Se designa un nivel mínimo como el nivel de reorden para cada herramienta. Esta cantidad que representa el punto de fabricación se anota en la respectiva tarjeta de inventario. Cuando se alcanza el nivel mínimo, se coloca una orden de fabricación igual al lote económico  $Q$ . El nivel de inventario representado por el punto de reorden es igual a la demanda durante el tiempo de aprovisionamiento más lo que se llama el inventario de seguridad.

éste ha sido diseñado para absorber un cierto porcentaje de las fluctuaciones en la demanda que pueden presentarse en cada herramienta en particular. El inventario de seguridad se establece con el fin de proporcionar algún nivel de protección contra las variaciones de la demanda. El nivel que se escoge se basa en un balance de costos de inventarios y costos de manejo de inventarios asociados con el inventario de seguridad. La figura 24 nos muestra como opera un sistema de inventario de revisión continua.

El cálculo del punto de reorden no es difícil de -- realizar. Primero, como se ha observado debe de proveerse de un inventario para cubrir la demanda esperada en el tiempo de aprovisionamiento. Llamemos a ésta S. Debe proveerse un inventario de seguridad adicional que dé algún grado de protección previamente especificado contra la situación de quedarse sin inventario en el tiempo de aprovisionamiento. Llamemos a éste inventario adicional R.



a=Coloque pedido  
 $X_0$  unidades.

b=Se reciben  
 $X_0$  unidades.

Fig.24. Sistema de inventario de revisión continua donde el inventario en bodega se actualiza con cada movimiento.

La siguiente gráfica de distribución, nos muestra la probabilidad de la demanda en el tiempo de aprovisionamiento.

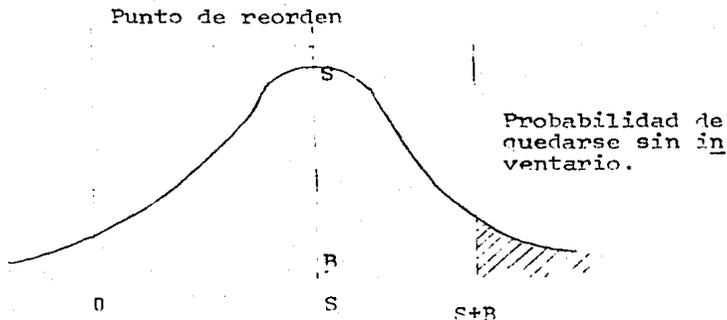
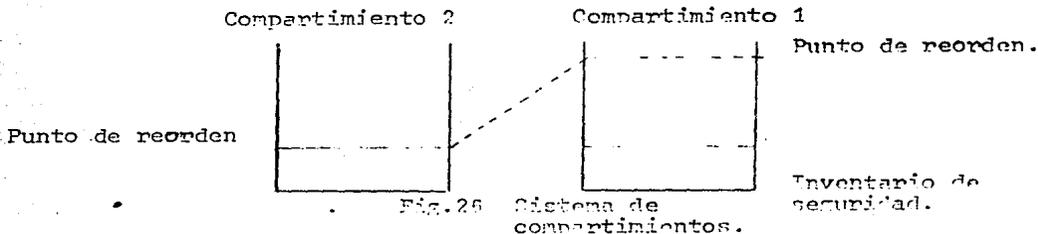


Fig. 25. Distribución de la demanda durante el tiempo de aprovisionamiento.

Otro sistema, llamado de los compartimientos, proporciona una forma sencilla de control continuo en el punto de reorden en un sistema de inventario de revisión continua .



En el sistema de dos compartimiento, cuando el compartimiento dos queda vacío se coloca una nueva orden de fabricación.

Cuando se recibe un pedido de abastecimiento de herramienta el compartimiento uno se llena hasta el nivel de punto de reorden. El resto del pedido se coloca en el compartimiento dos. Obviamente si el compartimiento uno se encuentra al nivel del punto de reorden, todas las herramientas que lleguen se colocarán en el compartimiento dos. Cuando el compartimiento dos se desocupe, se ordenará una fabricación.

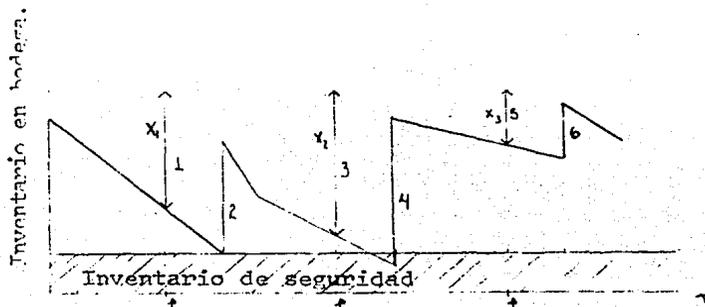
El sistema de dos compartimientos no es factible en muchos tipos de herramientas, pero cuando lo es, se elimina una gran cantidad de trabajo.

## 8.- SISTEMA DE REVISION PERIODICA.

Los sistemas de revisión periódica se basan en la determinación de un período de revisión fijo y regular. Algunas herramientas pueden revisarse una vez por semana; otras se revisan mensualmente, semestralmente o anualmente.

Generalmente, ciertas herramientas tienen un período de revisión más corto que otras. Estas serían herramientas que aún cuando tienen una demanda relativamente alta, el nivel medio de inventarios se mantiene bajo, por ejemplo, aquéllos cuyo costo unitario es alto. En cada revisión se determina el inventario en el almacén y se coloca una orden de fabricación por una cantidad variable. Esta cantidad es más grande de lo normal cuando la demanda ha sido mayor de lo esperado.

Es más pequeña de lo normal cuando la demanda ha sido menor de lo esperado. Así, en el caso de modelos de inventario de revisión periódica, este período de revisión es fijo, pero el tamaño de la orden es variable, la figura 24 muestra la forma en que opera un sistema de revisión -- periódica.



P=punto de reorden  
 1=Se ordenan  $X_1$  art.  
 2=Se reciben  $X_1$  art.

5=Se ordenan  $X_3$  art.  
 6=Se reciben  $X_3$  art.

Fig. 27. Un sistema de revisión periódica donde el inventario de almacén se revisa solamente en intervalos y se coloca una orden  $X$  de tamaño variable.

El nivel  $M$  se determina calculando la demanda esperada en el período de revisión más un tiempo de aprovisionamiento. A esto se adiciona el inventario de seguridad - que ofrece una protección contra las demandas excesivas - en un período de revisión más un tiempo de aprovisionamiento. Puede observarse que el mismo tipo de razonamiento se aplica en este caso como el utilizado en la figura . En efecto, cuando se resta el pedido óptimo  $X_0$  del nivel  $M$  -

del inventario restante tiene un valor esperado equivalente al punto de recorden del modelo de inventario de revisión continua (aún cuando sea un poco mayor debido a que el inventario de seguridad en un sistema de revisión periódica es mayor que en el caso del modelo de revisión continua.

#### 9.-ANALISIS DEL VALOR.

De origen relativamente reciente, el concepto de análisis del valor ha sido ampliamente aceptado por la industria. La noción fundamental para el análisis del valor es que la calidad del producto debe mantenerse mientras que al mismo tiempo el costo de éste debería decrecer. Aún cuando el análisis del valor se aplica a todas las fases del proceso de producción, en la práctica enfatiza la selección de materiales de entrada. Si este no fuese el caso sería difícil distinguir el análisis del valor de los tradicionales análisis de métodos, los cuales, de acuerdo a su propio nombre están dedicados al estudio de mejoras de los métodos de producción. Es inevitable que el análisis del valor y el análisis de métodos deben compartir algún terreno en común: atacar al mismo tiempo el problema y proveer esencialmente el mismo tipo de solución a los problemas.

Indudablemente, el surgimiento reciente de interés en el análisis del valor puede explicarse, al menos parcialmente, mediante el hecho de que la tecnología de los materiales ha sufrido cambios rápidos y dramáticos. Continuamente se disponen de nuevos materiales gracias a los esfuerzos de la investigación.

La mayor parte de los procedimientos del análisis del valor se aplican a productos establecidos en lugar de productos nuevos. La esencia del análisis del valor está en el alto grado de la organización de su enfoque. Esta se hace evidente por un conjunto estructurado de preguntas relevantes, por ejemplo :

- ¿ Qué se pretende con la herramienta ?
- ¿ Cuánto cuesta fabricar esta herramienta ?
- ¿ Qué otra cosa podría hacer el mismo trabajo ?
- ¿ Cuánto cuesta la alternativa sugerida ?

El control de calidad muestra que los problemas a definir para una herramienta son muy complejos y no muy bien entendidos. Consecuentemente, la utilidad del análisis del valor dependerá del conocimiento y la intuición creadora que puedan poseer los individuos que hacen estos estudios. El enfoque del análisis del valor ha sido diseñado para liberar y dar curso a tales conocimientos dando

un marco estructural para proporcionar el desarrollo de -  
distintas estrategias.

El punto de partida en el procedimiento es el examen  
de una herramienta existente, los propósitos o funciones -  
de ésta herramienta se dividen en dos clases: primarios y  
secundarios. Las funciones significativas se relacionan -  
por analogías a otras herramientas y luego a materiales -  
que se crea puedan proporcionar cualidades similares.

Es través del método analógico que se obtienen al--  
ternativas de valor regresando a la teoría de la decisión;  
encontramos que tanto el análisis de métodos como el de -  
valor tienen como objetivo primordial servir de medio pa-  
ra el descubrimiento de nuevas alternativas tácticas. ---  
Cualquier enfoque que logre mejoras en este aspecto de to  
ma de decisiones es de verdadera importancia cuando se --  
utilizan adecuadamente. Pero debemos estar siempre preve-  
nidos contra inversiones en estudios de eficiencia antes  
de <sup>hacer</sup> una consideración completa del aspecto de efecti  
vidad.

## CAPITULO III

### CONTROL DE ALMACEN DE HERRAMIENTAS.

Las herramientas son el nervio del control del almacén, y por esto de suma importancia el cuidado que se debe tener para llevar el mismo.

Una fábrica que utiliza herramientas especiales para la fabricación de producción necesita tener un almacén de éstas, independientemente de otros almacenes que pudiera tener, como el de materia prima, producto terminado, etc.

Para poder administrar el taller de herramientas es conveniente hacer una codificación asignando y registrando con su código o clave correspondiente cada herramienta. La codificación puede pensarse usando número y/o letras; dentro de ésta codificación deberán considerarse dígitos para indicar el proceso para el cual se utiliza la herramienta, es decir, si es de corte, embutido u otra operación: dígitos para indicar si se trata de un macho o una hembra: dígitos para indicar una seriación que nos permite distinguir herramientas iguales una de otra y, además dígitos para indicar en que pieza se trabaja, de que modelo o familia es, ó alguna característica que pueda tener la herramienta.

Ejemplo : La fábrica "Metales finos" se dedica a la manufactura de ceniceros de metal y fabrica tres tamaños -

diferentes, además tiene cinco modelos diferentes de ceniceros que varían en forma y grabado y así podemos resumir en un cuadro la gama de artículos producidos por "Metales Finos".

tamaño modelo	REY	ORO	PLATA	LUJO	SENCILLO
chico					
mediano					
grande					

Podríamos establecer nuestra codificación de la siguiente forma, sabiendo que para la fabricación de cada cenicero se usa herramienta diferente.

A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> MODELO	A <sub>3</sub> TAMAÑO	A <sub>4</sub> PROCESO	A <sub>5</sub> TIPO DE HERRAM.	A <sub>6</sub> A <sub>7</sub> No. DE SERIE
REY 11	CHICO 1	CORTE C	MACHO M	-
ORO 22	REGULAR 2	ESTAMP.F	HEMBRA H	
PLATA 33	GRANDE 3			
LUJO 44				
SENCILLO 55				

Así, si quisiéramos referirnos a la herramienta de -  
 corte, hembra, para el cenicero grande de plata, la clave  
 que deberá tener la herramienta es la siguiente, suponiendo  
 que tenemos 8 hembras similares y queremos la No. 5.

<u>grande</u>	<u>hembra</u>	
3	H	
 <u>PLATA</u>	 <u>CORTE</u>	 <u>No. 5</u>
33	C	05

Con este ejemplo podemos darnos una idea de cómo hacer una codificación apropiada. Ya codificada nuestra herramienta, habrá que proceder a acomodarla en el almacén buscando la manera de que haya facilidad y fluidez para - localizar y surtir la herramienta que el departamento de máquinas esta requiriendo.

Buscar que la herramienta de mayor uso este más cerca del lugar donde se surte, que haya letreros visibles - que indiquen la herramienta que se encuentra en cada lugar.

Es importante que las herramientas entren al almacén con el objeto de que no se llenen de polvo, se oxiden, y luego puedan causar problema en la calidad del trabajo, o que tengan que volver a pulirse y no poder disponer de --

ellas de inmediato.

El almacén será el lugar en donde se llevará una relación de entradas y salidas del mismo, para llevar el control de inventarios. Esta relación de entradas y salidas - ( E-S ), puede ser una forma tan sencilla que sólo indique entradas y salidas diarias tanto al departamento de máquinas como al taller mecánico, ó donde se manden a reparación pulido, erosionado, afilado, modificarse, erosionarse, según sea necesario.

Esta relación E-S nos permite así saber qué herramienta se encuentra en el almacén, cuáles en el departamento de máquinas, y cuáles en el taller mecánico conociendo incluso lo que se les está haciendo.

Ahora bien, cuando una herramienta llega a un almacén y proviene del taller mecánico, debe estar lista para trabajarse de inmediato y no presentar ningún problema. Pero cuando la herramienta regresa del departamento de máquinas, es conveniente que se acomode en un lugar previamente asignado para herramientas que se han trabajado, e incluso con la última pieza que se trabajó, con el fin de que periódicamente la persona adecuada inspeccione las herramientas y determine si están en condiciones de seguir trabajando ó si necesitan ser enviadas al taller mecánico y acondicionarlas para volver a trabajarlas, en caso de que existan -

fracturas ó si la herramienta queda inservible se procede rá darla de baja en el inventario, y fabricar una nueva - para mantener el stock previamente establecido.

Para dar la salida del almacén a una herramienta, se deberá llenar una hoja de salida, que deberá llevar entre los datos más importantes los siguientes:

- Clave de la herramienta,
- Descripción de la herramienta, con el objeto de identificar con palabras de qué herramientas se trata, que es más sencillo que memorizar las claves.
- La persona que recibe; para que haya quien se responsabilice de la herramienta, ya sea que él mismo la trabaje ó alguna persona a su cargo.

Los siguientes datos que vamos a considerar dentro de la misma hoja de salida, son diferentes a los anteriores, pues los primeros se anotan al hacer la salida y los segundos se tomarán durante el período que se esté trabajando.

El objeto de estos segundos datos, es obtener la información que va a permitir llevar un historial y estadística por herramienta de diferentes factores que permitan detectar el problema, mejoras, alternativas, para el con---

trol del inventario; veamos cuáles pueden ser estos datos:

**Fecha.** Es el dato que nos permitirá registrar cuando trabaja la herramienta.

**Número de piezas.** Representa cuándo se trabaja. Este dato es de mucha utilidad para conocer carreras de producción por períodos determinados, cuántas piezas fueron trabajadas con la herramienta sin que ésta se hubiera gastado, cuántas piezas pueden trabajarse con una herramienta de características similares durante su vida útil, costo de la herramienta y otros más.

**Erosionado.** Si se trata de una herramienta fabricada bajo éste proceso, nos permite conocer cuando se desgasta o se pule o se vuelve a erosionar, y ésto permite conocer cuántas piezas pueden ser trabajadas antes de ser erosionadas y cuántas veces durante la vida útil de la herramienta es conveniente erosionar para -- mantener una buena calidad del trabajo

y saber cual es el mejor momento de hacerlo, buscando así un mantenimiento -- preventivo de la herramienta, y no un correctivo después de haber trabajado a menor calidad cierto número de piezas.

**Dureza.** Este dato nos permite, principalmente en las herramientas de estampado, saber como disminuye ésta y si es necesario - dar algún tratamiento térmico, u otro - ajuste.

**Fallas.** Para poder detectar las más comunes; -- con qué frecuencia pueden llegar a presentarse, y en base a ello tomar o buscar las medidas más pertinentes para evitarlas al máximo.

**Afilado.** Es lo más común en las herramientas de corte, e indica cuántas piezas puede trabajar antes de afilar para mantener en - buenas condiciones mi herramienta y el - producto terminado.

**Vida útil.** Nos indicará cómo va disminuyendo - ésta con la cantidad de piezas trabajadas y estimar una duración de la herra-

ta basados en la información de una o -  
varias herramientas.

Cabe aclarar que es inconveniente hacer una hoja de salida para herramientas de corte y otra para herramientas de doblado, curvado, embutido, pues son procesos diferentes, tanto de trabajo de las herramientas como de fabricación de las mismas, ejemplificando cómo pudieran ser estas formas :

SALIDA DE ALMACEN DE HERRAMIENTAS (DOBLADO, EMBUTIDO).
CLAVE. _____
DESCRIPCION _____
DEPARTAMENTO AL QUE VA. _____
RESPONSABLE _____

El reverso de la forma nos indicará.

FECHA
Núm. DE PIEZAS
AJUSTES Anotar el último
FALLAS Anotar la que se presente

Esto pudiera ser una forma de diferenciar nuestras hojas de salida; estos ejemplos nos dan idea de cómo y por qué se hace la diferencia y no pretende establecer un patrón. Se deberá ajustar a las exigencias de cada empresa.

Así, se observa la función tan necesaria que desempeña la hoja de salida en el control de almacén. Cuando la herramienta regresa al almacén, se recoge esta hoja verificando que tenga la información adecuada y en la hoja de relación de entradas y salidas se registra la entrada.

Esta hoja de salida será vaciada a la tarjeta de la herramienta correspondiente en donde se irá concentrando la información para cada una de éstas, para su posterior análisis; ésta tarjeta tendrá otros datos referentes a su fabricación ó material de trabajo que completa nuestra información, estos datos son:

Material de la Herramienta. Este dato indica el material que se usó en la fabricación de la herramienta cuyo conocimiento nos permite ver la capacidad de trabajo, compararlo con otros materiales y saber cuál puede ser el mejor material para un trabajo específico y así obtener los mejores resultados.

Espesor del material de trabajo. Es muy probable que si trabajamos con diferentes espesores, nuestra herramienta tenga un mayor o menor desgaste y de ahí la importancia de saber qué espesor se está trabajando.

De la misma manera que con las hojas de salida, habrá que hacer tipos diferentes para las tarjetas, la diferencia básica es la información.

TARJETA PARA HERRAMIENTA DE CORTE	
FECHA	
No. Pzs.	
AFILADO	
VIDA UTIL	
MAT. TRABAJO	
ESPESOR CHAPA	
CLAVE _____	DESCRIPCION _____
MATERIAL DE LA HERRAMIENTA _____	
HOLGURA _____	
OBSERVACIONES _____	

También será de gran ayuda graficar nuestra información, para poder visualizar mejor lo que está pasando y cómo se comporta nuestra herramienta desde su inicio hasta terminar su vida útil o sufrir alguna falla que la inutilice.

Toda esta información que se obtenga y analice, permitirá tener los elementos necesarios para poder hacer un programa de fabricación de herramientas.

La relación de entradas y salidas, la hoja de salida y tarjetas de herramientas, permite tener actualizados los inventarios y conocer con qué elementos se cuenta, su cantidad, si se está arriba o abajo del stock predeterminado, el lugar en que se encuentran las herramientas, en qué condiciones, cuándo será prudente ajustarlas, afilarlas, erosionarlas, darles algún tratamiento, qué vida útil les queda, y otros datos que pueden ser necesarios para cada caso particular.

Conjuntando nuestras necesidades de producción y la información de herramientas, elaboraremos un programa de producción no sólo basado en las necesidades de fabricación, sino considerando que no se puede programar algún proceso en donde se carezca de herramientas o estén en reparación o en malas condiciones. Ahora bien, conociendo -

las necesidades de producción y sus prioridades junto con la información de herramientas, se puede elaborar un programa de fabricación de herramientas, tratando de tener - iátas las herramientas necesarias para nuestra producción y mantener nuestros niveles de stock para no parar o re--trasar nuestra producción.

¿Qué datos deberán constituir el programa de fabricación de herramientas?. La respuesta es:

- Descripción y clave de las herramientas que necesitamos.
- Si se requiere nueva ó solo habilitar alguna en mal estado.
- Es recomendable poner una columna que mencione el material de la herramienta necesario para fabricarla. Para que en el caso de no tenerlo, hacer el pedido correspondiente.
- Una columna importante es la prioridad de - fabricación; que marca el orden que deberán hacerse las herramientas.
- Otra columna nos indicará la cantidad de -- herramientas a fabricar.

PROGRAMA DE FABRICACION DE HERRAMIENTAS

PRIORIDAD	CLAVE	DESCRIPCION	CANTIDAD	MATERIAL

Este ejemplo nos da una idea de cómo puede ser la forma de hacer la hoja del programa de fabricación de herramientas, sencillo pero útil y fácil de manejar.

## CAPITULO IV.

### CONSIDERACIONES PARA UN SISTEMA DE INFORMACION DE HERRAMIENTAS.

#### 1.--SISTEMA COMPUTARIZADO.

En el presente, el empuje del desarrollo de los sis temas computarizados está encaminado a facilitar el manejo de la información. Terminales de computadoras permiten adquirir inmediata y extensivamente capacidades que facilitan un desarrollo ideal para la administración de las fun ciones de control de herramientas.

Una suficiente cantidad de herramientas a la mano son necesarias para mantener una producción continua. Un balance apropiado requiere de decisiones que caen dentro de las siguientes categorías:

- ¿ Qué balance es el más conveniente entre una inversión en un inventario de herramientas y las necesidades de capital en otra parte ?.
- ¿Cuál es el balance conveniente entre el espacio disponible para la función de alma cenaje de herramientas y la necesidad de -

espacio para otras necesidades de la ----  
planta ?.

Estos balances pueden ser más verídicos después de -  
un análisis de inventario de herramientas hecho respecto  
a la variación del volumen en pesos de herramientas, variación  
en el consumo de herramientas inactivas.

La información del costo de herramientas puede ser -  
obtenida evaluando las transacciones tales como: entradas,  
salidas, y herramientas que están en uso.

Una vez que los valores son calculado, los datos de  
costos de las herramientas pueden ser acumulados para ca-  
da parte manufacturada. Los datos de costos de consumo de  
herramientas, pueden ser también usados en conjunto con el  
reporte de producción, para determinar el costo de las --  
herramientas necesarias para una cantidad de piezas fabrica  
das.

Las transacciones que deben ser registradas para --  
proveerse estadísticas de control son las siguientes:

- El total de las herramientas recibidas del  
proveedor asociadas con su factura y precio.  
Si se tiene un taller en que se fabriquen -  
sus propias herramientas, calcular su costo  
tomando en cuenta el costo de material, ma-

no de obra, desgaste de la herramienta utili  
zada en su fabricación.

- El neto de herramientas recibidas, el cual -  
equivale al total de herramientas recibidas  
menos devaluación.
- Total de herramientas salidas del almacén.  
Cada herramienta emitida con la pieza de tra  
bajo asociada y el centro de trabajo para --  
propósitos de costos.
- El total de herramientas emitidas que equiva  
len al total de salidas menos devoluciones -  
al almacén.
- El ajuste de herramientas en existencias, re  
sultado del ciclo de conteo o del inventario  
físico de las herramientas.

Los cambios en la ingeniería de la herramienta resul  
tan cuando nuevos productos son desarrollados y cuando --  
existen productos que son rediseñados. Una parte de la fun  
ción administrativa en el área de la ingeniería de herra--  
mientas es la de mantener una información continua de los  
requerimientos de herramientas, así como de los cambios en  
la ingeniería de la herramienta que va tomando lugar. Los

requerimientos de un efectivo sistema de control de cambios de las herramientas son:

- Facilitar el desarrollo de información acerca del desgaste de las herramientas así como de los cambios de diseño o materiales ocurridos.
- Proveer un mecanismo de cambios, el cual tenga a la mano los pendientes para informar al personal de compras y almacenamiento de herramientas para que se tenga en existencia, ordenadas y así la salida del almacén sea rápida.

Las terminales de computadora utilizadas para la entrada de datos de un control de herramientas, nos dan las siguientes ventajas:

- Un almacenaje y recuperación inmediata de inventarios y datos técnicos de herramientas para propósitos de operación y planeación.
- Una mejora significativa en la precisión del manejo de datos, lo que nos permite la detección inmediata de errores en los datos entrada para su corrección en el momento de

la transacción.

- Una reducción en los esfuerzos manuales requeridos de las entradas, confirmaciones y salidas del inventario de herramientas.

La disminución de la cantidad de papel de trabajo asegura que las transacciones no se pierdan y que, con el uso de técnicas de bases de datos integradas, una vez que su transacción es hecha, es comunicada efectivamente a los jefes de línea para su uso.

La figura 25 nos muestra como se pueden relacionar las funciones de control de herramientas para un sistema computarizado.

## 2.- Organización de los datos de herramientas.

Cada dato o información que puede ser usada por el sistema de control de inventarios está dentro de estas categorías.

- Información maestra de la herramienta.
- Información de la compra o fabricación.
- Información de la actividad.
- Información del consumo.

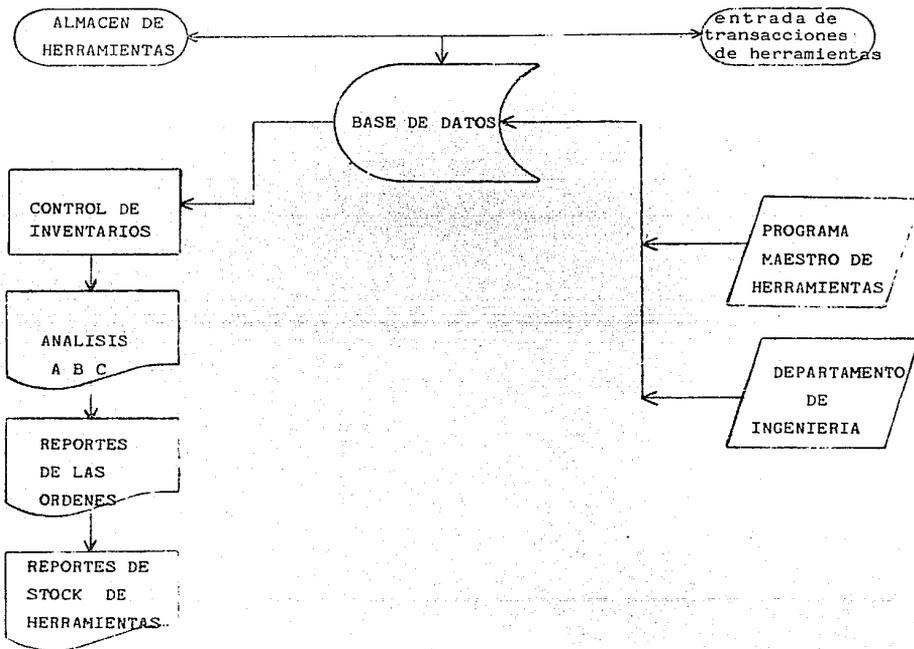


Fig. 25 Sistema computarizado para el control de herramientas.

Cada categoría está formada por un número de datos, los cuales son registrados, recuperados y procesados en la administración de la herramienta.

### 2.1.- Información maestra de la herramienta.

Esta contiene los elementos de datos, los cuales una computadora puede almacenar para cada herramienta registrada. Estos están dentro de las tres categorías siguientes:

- a) Información descriptiva de la herramienta. -  
Estos datos describen cada herramienta, e incluyen lo siguiente:
  - Número de herramienta.
  - Descripción de la herramienta.
  - Origen de la herramienta (compra o manufactura).
  - Tipo de herramienta.
  - Especificaciones de ingeniería. (diámetros, material, tratamiento, dureza, dibujos de localización, número de cambios.
  
- b) Localización de herramientas y nivel del stock. Estos datos identifican la localización del almacenaje de herramientas y la cantidad en existencia para propósitos de con--

trol de inventarios.

c) Políticas de información. Estos datos manejan parámetros para decidir cuándo y cuánto ordenar, e incluye lo siguiente:

- Indicador de políticas de orden.
- Tamaño de lote.
- Punto de reorden y niveles de seguridad.
- Tiempo entre órdenes.

## 2.2. Información de la compra o fabricación de la herramienta.

Esta información contiene datos que describen un orden de reemplazo de herramientas. Los siguientes datos son almacenados por cada orden de herramienta:

a) Información descriptiva:

- Número de orden de herramienta.
- Número de herramienta.
- Clave del comprador.
- Fecha de orden.
- Fecha en que se requiere.
- Cantidad ordenada.
- Costo unitario.

b) Materia prima:

- Cantidad a utilizar.
- Número de orden.
- Clave de proveedor.

2.3 Información de la actividad de la herramienta.

Esta información consiste en la transacción que --- presentan las entradas al almacén de nuestra herramienta, proveedores, y los ajustes que resultan del conteo cíclico del inventario o del inventario físico. Los datos necesarios para cada transacción son:

- Salidas a centros de trabajo.
- Almacenista que dió salida.
- Número de requisición.
- Cantidad de herramientas solicitadas.
- Localización de acomodo afectada.
- Fecha de transacción.

Estos datos son la base para obtener estadísticas de consumo de herramientas para cada actividad, y provee una psita para verificar la cuenta de inventario.

2.4.- Información del consumo de herramientas.

Esta información contiene los datos para almacenar

un historial del consumo de herramientas por un período de tiempo. Los siguientes datos deben almacenarse por cada actividad de la herramienta:

- Número de herramienta.
- Pieza que se va a manufacturar.
- Consumo por período de tiempo.
- Valor del consumo por período de tiempo.

### 3.- Consideraciones para la entrada de datos.

Entrada de datos descriptivos de la herramienta. Esta tarjeta se usa para añadir o modificar los datos existentes cuando son diseñadas nuevas herramientas ó cuando se modifican. Estas funciones pueden ser ejecutadas sin intervención del departamento de ingeniería.

Entrada de datos de localización y del nivel del -- stock. Esta tarjeta se usa para almacenar información descriptiva de la herramienta usada para propósitos de control de inventarios. Esta función puede ser alimentada a la computadora por el encargado del almacén. Esta tarjeta debe tener una sección para la zona de almacén, que está organizada por cada herramienta en donde cada zona debe ser identificada por un número de fila y la letra de la sección. Los pasillo pueden ser divididos para herramien-

tas de corte, de estampado, o para más de una, dependiendo de la combinación que se pueda hacer al almacenar.

Una terminal convenientemente localizada, provee las siguientes facilidades para el almacenista, el analista de inventarios ó para la programación de la producción.

- . La habilidad de localizar cualquier herramienta almacenada y revisar el nivel del stock en cualquier momento.
- . La habilidad de revisar los requerimientos de inventarios para las órdenes de trabajo programadas, verificando la cantidad de herramientas en stock.
- . La habilidad de localizar las herramientas disponibles para las órdenes de producción -- que son programadas y así ser retiradas del almacén.

Las tareas administrativas de los almacenistas son grandemente simplificadas utilizando una terminal de computadora en el almacén de herramientas para registrar las transacciones.

## C O N C L U S I O N E S .

En la experiencia de los autores de ésta tesis, se han encontrado problemas en la implementación de nuevos sistemas, pudiéndose observar lo siguiente:

Antes de implementar un nuevo sistema, cualquiera que sea éste, es indispensable capacitar y hacer tomar conciencia a la gente que va a participar. Se les debe explicar con claridad y elocuencia lo que es y significa el sistema en general; cuáles son sus objetivos; el importante papel que juega cada parte y la interrelación entre éstas; los beneficios que el nuevo sistema trae a la empresa, así como la de los mismos participantes.

Se deberá presentar el sistema como algo sencillo, flexible, que puede y debe mejorarse, motivando así la mejor participación y el desarrollo de la creatividad de la gente.

Creemos que el éxito de un sistema no es el sistema en sí, sino la manera como se involucra en él a la gente. Aquí es donde se presenta uno de los problemas más grandes a vencer: cambiar la forma de pensar hacia las cosas nuevas más eficientes y actuales, y sobre todo cuando la gente ya

tiene ciertas costumbres y hábitos. Pero es el reto y se debe afrontar.

Las consecuencias que traerá consigo la aplicación de los elementos formulados en este proyecto pueden ser:

- En lo técnico, un flujo de información constantemente actualizado que permita un sistema autosuficiente y confiable, un inventario óptimo, un aumento en la calidad del producto terminado y en las herramientas, una forma eficiente para la localización de las herramientas. Todo esto representa en mayor o menor grado un aumento en la productividad de la fábrica.

Al contar con un sistema que proporciona información apropiada, confiable y de fácil manejo, es posible llevar a cabo una toma de decisiones más acertadas, lo cual, muchas veces reditúa en importantes ahorros y minimización de costos.

El buen establecimiento de un sistema como éste facilita la labor humana, haciéndola más sencilla, más eficiente, más fluida y, todo esto implica una superación en la persona que participa en él. Permite la organización de elementos varios que pueden ser vitales para la empresa. Exige capacitación del personal.

Contribuye a la reducción de costos de la empresa, lo cual beneficia directamente al consumidor al ofrecerle calidad a bajo precio.

Sin embargo, a pesar de qué tan buenos resultados pueden obtenerse de un sistema como éste, es necesario -- llevar a cabo otros estudios en otras áreas tanto o más -- importantes como el almacén de herramientas como puede -- ser: aprovechamiento de materiales, tiempos de fabricación, distribución de planta. Todos estos estudios y nuevas disposiciones que se logran, harán de la fábrica en cuestión una empresa con alto grado de productividad, y éste representa uno de los compromisos con que el Ingeniero Industrial debe afrontar a lo largo de toda su carrera profesional.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Frank W. Wilson, Philip D. Harvey, Charles B. Gumop Jr.  
DIE DESIGN HANDBOOK  
Mc. Graw Hill Book Company U.S.A. 1965
- 2.- Carl A. Keyser  
CIENCIA DE LOS MATERIALES PARA INGENIERIA  
Limusa México 1975
- 3.- A. Leyensetter  
TECNOLOGIA DE LOS OFICIOS METALURGICOS  
Reverté S.A. Barcelona, España 1979
- 4.- Mario Rossi  
ESTAMPADO EN FRIO DE LA CHAPA  
Editorial Dossat S.A. Madrid, España 1979
- 5.- Van Vlack  
MATERIALES PARA INGENIERIA  
Compañía editorial Continental S.A. México 1977
- 6.- Daniel B. Dallas  
TOOL AND MANUFACTURING ENGINEERS HANDBOOK  
Mc Graw Hill Book Company U.S.A. 1976
- 7.- H. B. Maynard  
INDUSTRIAL ENGIERING HANDBOOK  
Mc Graw Hill Book Company U.S.A. 1971
- 8.- Theodore Baumcister, Eugene A. Avallone  
MECHANICAL ENGINEERS  
Mc Graw Hill Book Company U.S.A. 1978

9.- Wilson

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS

Edit. Continental

10.- James L. Riggs.

SISTEMAS DE PRODUCCION

Edit. Limusa México 1980.