



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

## LA TECNOLOGIA DE GRUPOS EN LOS TALLERES DE PRODUCCION INTERMITENTE

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P r e s e n t a n :**

**ALFARO MARTINEZ JORGE LUIS**

**SALINAS ZAMORA JOSE**

**SANCHEZ MAJDICH ANNETTE RUTH**

**YSCAPA MORAN GUADALUPE PATRICIA**

Dirigida por **ING. H. ANTONIO CASTRUITA VARGAS**



México, D. F.

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.

## I N D I C E

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
1.1 Introducción	5
1.2 Los Sistemas de Producción	6
1.2.1 Sistema de Producción en Masa	7
1.2.2 Sistema de Producción por Lotes	8
1.2.3 Sistema de Producción Unitaria	10
1.2.4 Ventajas y desventajas de los Sistemas de Producción	11
1.3 Tecnología de Grupos	16
1.3.1 Revisión histórica de la Tecnología de Grupos	16
1.3.2 Una definición de la Tecnología de Grupos	17
1.3.3 Tecnología de Grupos en la Producción por Lotes	17
<b>2. LA TECNOLOGIA DE GRUPOS</b>	<b>21</b>
2.1 Introducción	21
2.2 Definiciones	22
2.3 ¿Dónde se aplica?	24
2.4 Glosario	25
<b>3. INTRODUCCION DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS EN LOS TALLERES DE PRODUCCION INTERMITENTE</b>	<b>31</b>
3.1 Introducción	31
3.2 Condiciones para la introducción de la Tecnología de Grupos	32
3.3 Información requerida para la introducción de la Tecnología de Grupos	32
3.4 Metodología	33

3.4.1	Análisis de los componentes para la formación de Familias	35
3.4.1.1	Búsqueda visual	37
3.4.1.2	Análisis del flujo de producción	38
3.4.1.3	Sistemas de clasificación y codificación	41
3.4.1.3.1	Requerimientos básicos de los sistemas de clasificación y codificación	42
3.4.1.3.2	Factores para seleccionar un Sistema de clasificación y codificación	44
3.4.1.3.3	Sistema Opitz	47
3.4.1.3.4	Sistema KC-1	48
3.4.1.3.5	Sistema KK-1	50
3.4.2	Determinación a "grosso-modo" de las células	51
3.4.2.1	Tipo de máquinas	54
3.4.3	Determinación final de las células	57
3.4.3.1	Cantidad de máquinas	57
3.4.3.2	Redistribución de la maquinaria	60
3.4.4	Planeación y programación de las células	62
3.4.4.1	Secuencia óptima	62
3.4.4.2	Algoritmo heurístico para una solución de programación de Grupos	66
4.	CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DE GRUPOS	70
4.1	Introducción	70
4.2	Características generales de la Tecnología de Grupos	71
4.3	Ventajas potenciales de la aplicación de la Tecnología de Grupos	73
4.4	Posibles desventajas de la aplicación de la Tecnología de Grupos	82

4.5	Cuadro comparativo de la Distribución Funcional, por Grupos y de Línea	84
5.	<b>EJEMPLO DE APLICACION</b>	85
5.1	Introducción	85
5.2	Desarrollo del ejemplo	86
5.2.1	Análisis de los componentes para la formación de Familias	90
5.2.1.1	Búsqueda visual	90
5.2.1.2	Sistema de clasificación y codificación	92
5.2.1.3	Análisis del flujo de producción	107
5.2.2	Determinación a "grosso-modo" de las células	112
5.2.2.1	Tipo de máquinas	112
5.2.2.1.1	Búsqueda visual	112
5.2.2.1.2	Sistema de clasificación y codificación	114
5.2.2.1.3	Análisis del flujo de producción	116
5.2.3	Determinación final de las células	118
5.2.3.1	Cantidad de máquinas	118
5.2.3.1.1	Sistema de clasificación y codificación	119
5.2.3.1.2	Búsqueda visual	123
5.2.3.1.3	Análisis del flujo de producción	124
5.2.3.2	Redistribución de la maquinaria	125
5.2.3.2.1	Sistema de clasificación y codificación	126
5.2.3.2.2	Búsqueda visual	128
5.2.3.2.3	Análisis del flujo de producción	129
5.2.4	Planeación y programación de las células	130

5.2.4.1	Secuencia óptima	131
	CONCLUSIONES	143
	APENDICE	149
	BIBLIOGRAFIA	180

## PROLOGO

El presente trabajo es un estudio sobre la Tecnología de Grupos y su propósito principal es establecer una metodología, que sirva de guía para la introducción de este concepto en los talleres de producción intermitente.

Consideramos apropiado desarrollar un trabajo de esta naturaleza porque la Tecnología de Grupos pretende resolver los principales problemas existentes en la forma tradicional de producción por lotes o intermitente.

Intentamos presentar de una manera clara y ordenada los conceptos fundamentales y los pasos necesarios para lograr nuestro propósito.

En el primer capítulo se describe el medio ambiente en donde actúa la Tecnología de Grupos, se da una primera definición y se explican las razones de la conveniencia de su introducción en los talleres de producción intermitente.

En el segundo capítulo se dan las definiciones fundamentales de la Tecnología de Grupos, su campo de aplicación en las diferentes áreas de una empresa manufacturera y se presenta un glosario que pretende explicar los diversos términos técnicos usados en la Tecnología de Grupos.

El tercer capítulo describe las condiciones que se deben dar, así como la información necesaria para introducir con éxito la Tecnología de Grupos en la producción por lotes o intermitente, en seguida se presenta la metodología detallada en donde se describe paso a paso las actividades necesarias para alcanzar los objetivos.

Contando con el panorama de los capítulos anteriores, en el capítulo cuarto, se estudian las características principales de la Tecnología de Grupos y las posibles ventajas y desventajas que resultarían de su introducción en la producción intermitente.

Finalmente en el capítulo quinto se desarrolla un ejemplo de aplicación, suponiendo para ello un taller que fabrica diversas partes de máquinas-herramienta, para reafirmar los métodos y técnicas usadas en la Tecnología de Grupos, descritas en el tercer capítulo.

Deseamos que nuestro trabajo sea sólo el inicio de futuras investigaciones sobre este nuevo enfoque de producción y que sirva de apoyo para cuando se piense introducir en forma integral el concepto de Tecnología de Grupos en la producción intermitente de nuestro ámbito industrial.

## INTRODUCCION

A principios del siglo, el capitalismo moderno altamente industrializado desembocó en una producción a gran escala. El surgimiento de este estilo de producción ocurrió principalmente por razones técnicas pues el perfeccionamiento de la tecnología a partir de la Revolución Industrial fué en aumento, hasta que al inicio de este siglo, contando ya con este apoyo tecnológico y junto con la estandarización de los productos se lograron producir volúmenes relativamente grandes.

La estandarización de los productos y su producción a gran escala hizo que la producción en línea fuera desarrollándose paulatinamente, a tal grado que ahora resulta la forma más económica de producción. En contraste existe otro tipo de producción en el que no ha habido grandes avances desde la Revolución Industrial, ésta es la producción por lotes (llamada también intermitente). Este tipo de producción surgió debido a la necesidad de fabricar gran variedad de artículos en un volumen relativamente bajo, lo cual es sumamente costoso al contrario de la producción en línea.

Actualmente por razones de naturaleza principalmente económica la necesidad de fabricar gran variedad de productos en pequeños lotes ha ido acentuándose en los países industrializados.

La forma más económica de producción es, claro está, la producción a gran escala, en donde el sistema de manufactura trabaja siguiendo un programa fijo y el proceso es el más corto físicamente posible. El problema de la relativa ineficiencia de la producción por lotes ha existido desde hace tiempo. El costo de un producto fabricado en pequeños lotes puede ser de diez o hasta cien veces más que en la producción a gran escala. Sin embargo, para obtener las condiciones de ésta se necesita un volumen de producción anual bastante alto.

Viendo las ventajas que posee la producción en línea, sería deseable que la producción intermitente las tuviera, claro sin perder sus principales características que son: gran variedad y volumen relativamente bajo de producción. Por esto desde 1950 se ha venido desarrollando una filosofía que contempla estos dos aspectos y que es conocida como: Tecnología de Grupos.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 INTRODUCCION

Para comprender claramente el medio en donde se desarrolla la Tecnología de Grupos, consideramos conveniente dar un esbozo general de los sistemas de producción más comunes en la práctica industrial. También en este capítulo se enlistan las ventajas y desventajas de los sistemas de producción continua e intermitente; finalmente para dar entrada al concepto de Tecnología de Grupos se hace una revisión histórica, en donde se aprecia el desarrollo que ha tenido este concepto a lo largo del tiempo en diferentes países y se da una primera definición que pretende ser lo más simple y clara, para concluir con la exposición de las razones de la conveniencia de introducir el concepto de la Tecnología de Grupos en un taller de producción intermitente.

## 1.2 SISTEMAS DE PRODUCCION

Para clasificar los sistemas productivos existen varios criterios, de los cuales se mencionan tres: el primero se basa en el volumen de producción, el segundo en el movimiento del producto y el tercero en la distribución de la planta productiva (figura 1).

CRITERIO SISTEMA	VOLUMEN DE PRODUCCION	MOVIMIENTO DEL PRODUCTO	DISTRIBUCION DE LA PLANTA PRODUCTIVA
1	EN MASA	CONTINUO	EN LINEA
2	EN LOTES	INTERMITENTE	FUNCIONAL O PROCESO
3	UNITARIA	DE PUNTO FIJO	COMPONENTE PRINCIPAL FIJO

Figura 1 Clasificación de los sistemas productivos

Observando la figura 1 podemos decir que:

- a) En la producción en masa el movimiento de los productos es continuo y la distribución de la planta para tal caso es en línea.
- b) En la producción en lotes el movimiento de los productos es en forma intermitente y tradicionalmente la distribución de la planta productiva es funcional.
- c) En la producción unitaria no hay movimiento del producto y el componente principal permanece fijo.

En seguida se describirán brevemente cada uno de estos sistemas.

### 1.2.1 Sistema de Producción en Masa

Se tiene un sistema de producción en masa cuando se producen uno o varios productos con un diseño estandarizado y existe un volumen alto de producción debido a la gran demanda de ellos. En la distribución en este tipo de talleres, toda la maquinaria y el equipo necesario para fabricar determinado producto se ordenan en forma lineal de acuerdo al proceso de fabricación, por esta razón se le conoce también como producción en línea. El movimiento de los productos a través de la línea productiva es continuo, por lo que este tipo de producción es sumamente mecanizado, sobre todo para la manipulación de los materiales y su circulación en la línea. Los ejemplos clásicos de este tipo de producción son el montaje de automóviles, el embotellado de refrescos y el enlatado de conservas.

Resumiendo, las condiciones para usar una distribución en línea son:

- 1) Volumen adecuado que haga posible la utilización razonable del equipo
- 2) Demanda estable del producto
- 3) Estandarización del producto
- 4) Abastecimiento continuo de la materia prima

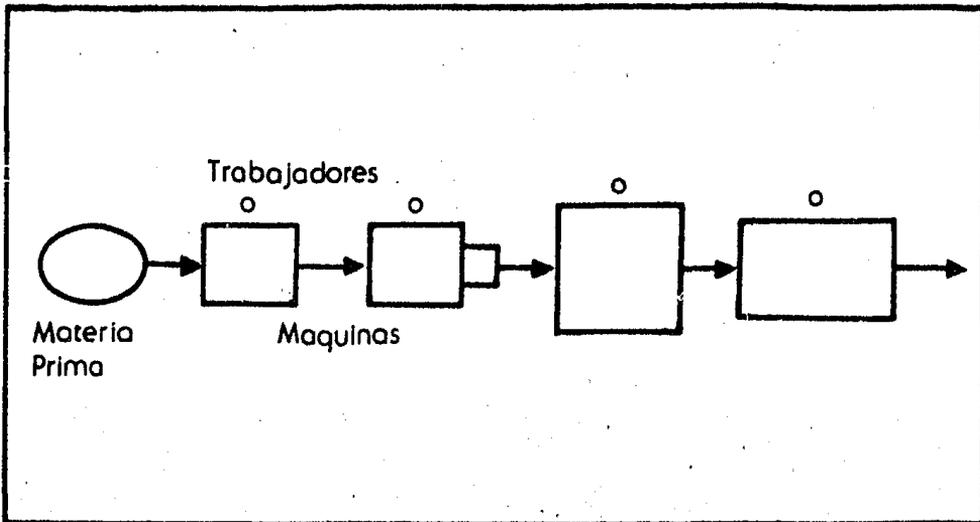


Figura 2. Distribución en línea

Más adelante se verá con más detalle las ventajas y desventajas de este tipo de sistema .

### 1.2.2 Sistema de Producción por Lotes

En el sistema de producción por lotes se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto o sea se producen pequeños lotes.

En la distribución tradicional de este tipo de talleres las máquinas y el personal se agrupan en departamentos, en cada uno de los cuales se ejecutan funciones distintas (por lo que también se le conoce como Producción

por Proceso o Funcional). Por ejemplo, un departamento se dedica al torneado, otro al taladrado, un tercero al fresado, etc. El movimiento tradicional de las piezas o productos es intermitente en donde cada orden se lleva a un departamento, espera a que estén disponibles el hombre y la máquina, se procesa, espera que se le ponga en movimiento, se lleva al siguiente centro de trabajo, etc. (Figura 3).

Las condiciones para usar este tipo de distribución son:

- 1) Pequeños lotes de producción
- 2) Demanda esporádica
- 3) Gran diversificación de los productos

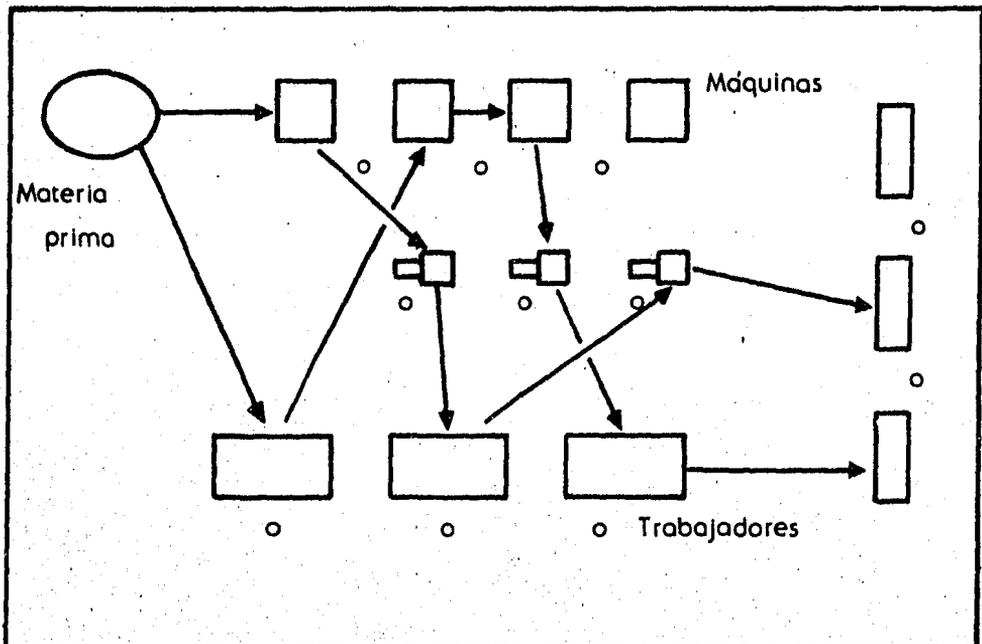


Figura 3 Distribución funcional

### 1.2.3 Sistema de Producción Unitaria

En un sistema de producción unitaria se fabrica un solo producto que generalmente es voluminoso y pesado; algunas veces se fabrican más de un producto pero siempre este número es muy reducido. La distribución es tal que el producto a fabricar no se desplaza en la fábrica, sino que permanece en un solo lugar, y por lo tanto toda la maquinaria y demás equipo necesarios se llevan hacia él. Los ejemplos clásicos de este tipo de sistemas productivos son la construcción de barcos, la fabricación de grandes motores, la fabricación de grandes transformadores y la construcción de aviones (figura 4). Este tipo de sistema no se tratará en adelante.

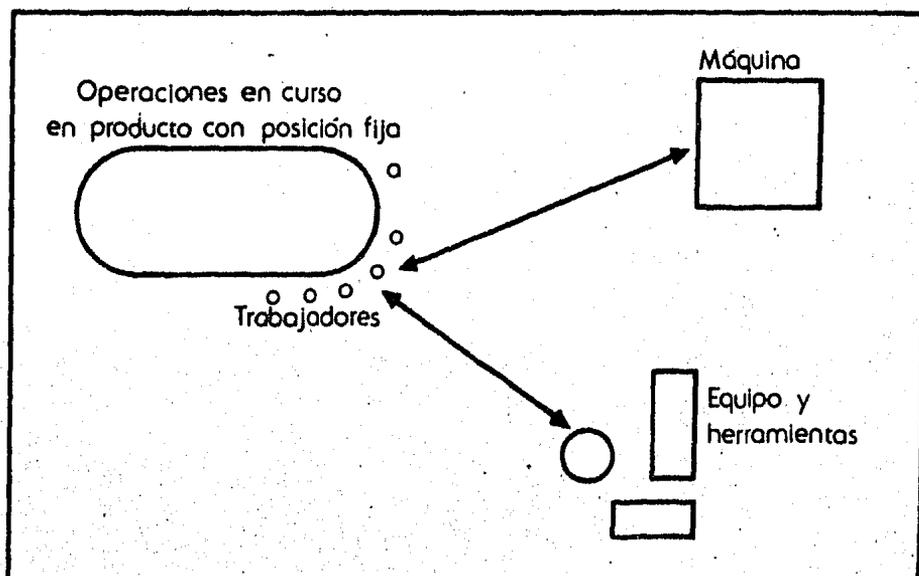


Figura 4 Distribución con componente principal fijo

#### 1.2.4 Ventajas y desventajas de los Sistemas de Producción

##### a) Ventajas del sistema de producción en masa

1. Existe un volumen alto de producción. Debido a la secuencia lineal de los productos el tiempo de producción es reducido, lo que implica poder producir un volumen alto.
2. Insumos estandarizados. Como los productos que se fabrican son estandarizados, la materia prima también lo es.
3. Mucha automatización. Puesto que los productos son estandarizados existe la gran facilidad de automatizar la línea de producción.
4. Planeación y control de la producción sencilla, pues los estudios detallados de pre-producción facilitan la planeación futura de producción y además siempre existe la misma secuencia en la programación, por lo tanto facilita el control.
5. Sistema de transporte automatizado en la línea. Como el recorrido del producto es lineal el manejo de los materiales puede ser automático, muchas veces son bandas transportadoras, grúas viajeras automáticas, etc.
6. Pocos inventarios entre una operación y otra. Debido a la gran fluidez de los productos en la línea no existen inventarios entre las operaciones.

7. Costos unitarios de producción más bajos. Los costos unitarios de producción bajarán al disminuir el tiempo que permanece el producto en cada una de las operaciones.
  8. Tiempos de fabricación cortos. Como el producto sigue una secuencia ya establecida los tiempos de espera y de transporte son mínimas.
  9. El trabajador ve cual es su aportación al producto terminado.
  10. La repetitividad de las operaciones en la línea desemboca en una especialización en el tipo de actividad, todo esto en beneficio de la calidad de los productos.
  11. Cada línea trabaja independientemente, pues el producto empieza con las materias primas y acaba como producto terminado.
- b) Desventajas del sistema de producción en masa
1. Cuando en la línea se descompone una máquina, generalmente se para toda la línea.
  2. Generalmente hay un gran volumen de inventarios, tanto de materias primas, como de productos terminados, esto es debido al gran volumen de producción.
  3. Puede haber mayor inversión por duplicidad de máquinas en una línea al requerirlo así la secuencia.

4. Un arreglo en línea requiere mayor espacio.
5. Instalaciones no flexibles. Debido a que la distribución de la maquinaria está basada en las necesidades del producto, no se pueden hacer cambios bruscos en las instalaciones.
6. Diseño no flexible. Al hacer algún cambio en el diseño, generalmente la secuencia establecida no coincide, como tampoco coinciden las máquinas existentes.
7. Como este tipo de sistemas se presta a la automatización, la inversión en maquinaria y equipo es bastante elevada en relación a la inversión total.
8. Una línea de producción sólo se utiliza para un tipo de producto o en algunos casos para un reducido número de ellos.

c) Ventajas del sistema de producción por lotes

1. Mucha diversificación. En estos talleres se pueden fabricar piezas o productos de formas y tamaños muy diferentes pues la distribución de las máquinas en departamentos tipo facilita esta diversificación.
2. Como la distribución de las máquinas es por proceso, los obreros pueden especializarse en una determinada operación (tornear, fresar, taladrar, etc) pues cada departamento sólo tiene un mismo

tipo de máquinas.

3. Si se utiliza toda o casi toda la capacidad de maquinaria hay posibilidad de tener a la mayoría de las máquinas trabajando.
  4. La asignación de trabajo a un departamento dado se facilita, siguiendo las rutas de trabajo de las piezas.
  5. La inversión en maquinaria es menor que en el caso de producción en línea. No es necesario instalar máquinas especializadas.
  6. Instalaciones flexibles. La distribución de la maquinaria es por departamentos, por lo tanto es sencillo instalar nuevas máquinas en cierta sección o departamento.
  7. El arreglo por departamento ocupa poco espacio. Como todas las máquinas están agrupadas en determinada área hay posibilidad de optimizar el espacio que ocupan.
  8. Si se descompone una máquina se puede utilizar otra del mismo tipo en la misma sección.
  9. Los operarios logran una experiencia acumulada en el manejo de las máquinas de su sección.
- d) Desventajas del sistema de producción por lotes
1. Existe una gran variedad de insumos. Como las piezas o productos a fabricar son de distintas

formas y tamaños, se tendrán que adquirir mate-  
rias primas de muy diversas formas y caracterís-  
ticas.

2. La planeación y control de la producción es bas-  
tante compleja. Como existen gran variedad de  
piezas que están fabricándose al mismo tiempo,  
el control se complica y como se producen lotes  
de distinto tamaño la planeación se dificulta.
3. Costo de la mano de obra directa elevado. En  
este tipo de sistemas de requieren de operarios  
calificados.
4. Entre una operación y otra existen inventarios  
de productos en proceso, también podrán existir  
inventarios de productos terminados, esto depen-  
derá del tipo de sistema de producción intermi-  
tente de que se trate.
5. La preparación de las máquinas es tardada debi-  
do a la gran variedad de piezas.
6. Los operarios se especializan únicamente en un  
tipo de máquinas.
7. El manejo de materiales es elevado, pues los ma-  
teriales tendrán que ser desplazados entre los  
departamentos con sus correspondientes retrasos  
como son: tiempo de espera y tiempo de despla-  
zamiento.
8. El operario no ve su aportación de trabajo al  
producto terminado, por lo tanto no hay un estí-  
mulo para su satisfacción personal.

9. Hay mucho capital invertido en los inventarios de productos y procesos.
10. No hay un sistema eficiente para emitir las Órdenes de trabajo, éstas muchas veces se hacen al azar y otras veces se da más importancia a los trabajos urgentes, lo que desemboca en un desorden en la planta productiva.

### 1.3 TECNOLOGIA DE GRUPOS

#### 1.3.1 Revisión histórica de la Tecnología de Grupos

Aunque los más concretos y recientes desarrollos sobre Tecnología de Grupos datan de las últimas décadas, Mitrofanov en la URSS en 1950, estableció las bases para los futuros desarrollos. Las ideas de Mitrofanov respecto a la Tecnología de Grupos fueron tomadas con entusiasmo por muchos investigadores en las ciudades del continente europeo, específicamente en Checoslovaquia, Alemania, Reino Unido y Holanda. También la aplicación de los principios de la Tecnología de Grupos ha sido reportada en el Japón. En los Estados Unidos sobre todo en las últimas décadas se han dado grandes pasos en la aplicación de esta filosofía y se han hecho estudios en varias universidades, las razones por el aparente retardo en la introducción de la Tecnología de Grupos en este país parece ser el desconocimiento entre la gente de este nuevo desarrollo de producción o de una resistencia

al cambio. Aunque en la crisis mundial, las circunstan  
cias no son las mejores para favorecer al cambio hacia  
un enfoque de Tecnología de Grupos en los centros de traba  
jo, se ha hecho bastante, dado que la gente con actitudes  
de planeación en la industria empezará a ver las venta  
jas de la Tecnología de Grupo y se estudiarán las facili  
dades de su introducción.

### 1.3.2 Una definición de la Tecnología de Grupos

"La Tecnología de Grupos es la ascepción o el darse cu  
enta de que muchos problemas son similares y que agrupando  
dichos problemas puede encontrarse una solución única  
para un conjunto de problemas ahorrándose así tiempo y  
esfuerzo".

Esta definición fué dada por el profesor Solaja del Ins-  
tituto de Máquinas-herramienta en Belgrado, Yugoslavia,  
y aunque esta definición es un tanto amplia, permite ver  
el alcance de este nuevo enfoque en el sentido de que su  
filosofía no es limitada sólo a la producción, sino que  
puede aplicarse a cualquier tipo de actividad.

### 1.3.3 Tecnología de Grupos en la Producción por Lotes

En la producción por lotes se elabora una amplia varie-  
dad de productos, los cuales se componen de diferentes

partes, si analizamos la gran variedad de partes que componen los productos, nos damos cuenta que muchas de esas partes son similares ya sea geométricamente o en cuanto al proceso de fabricación, entonces actuando en términos de la definición del Profesor Solaja, podemos formar grupos de partes similares y así buscar una solución única para la fabricación de dichas partes.

La solución única es obvia, pues al tener un grupo de partes similares que tienen forma o proceso de fabricación muy parecido se requerirán las mismas máquinas o procesos para fabricarlas. Si se agrupan en una misma unidad las máquinas, el personal y los demás recursos necesarios para fabricar los componentes similares y se eligen bien las partes o componentes, los métodos y el equipo se puede crear una secuencia de producción sencilla.

En el argot de Tecnología de Grupos, al conjunto de partes o componentes similares se le conoce como Familia de partes y a las máquinas, personal y demás recursos para fabricarlas como célula.

Como ahora la Familia de partes será producida por las mismas máquinas o procesos, se puede pensar en tener un arreglo de línea para tal efecto, con esto podemos aplicar las técnicas de la Producción en línea en la fabricación de cada familia de partes y así lograr nuestro

objetivo: tener las ventajas de la producción en masa en la producción por lotes.

Para poder fabricar cada familia de partes es necesario una reubicación de la maquinaria del taller funcional, que consiste en formar los Grupos de máquinas que satisfagan los requerimientos de las familias (figura 5).

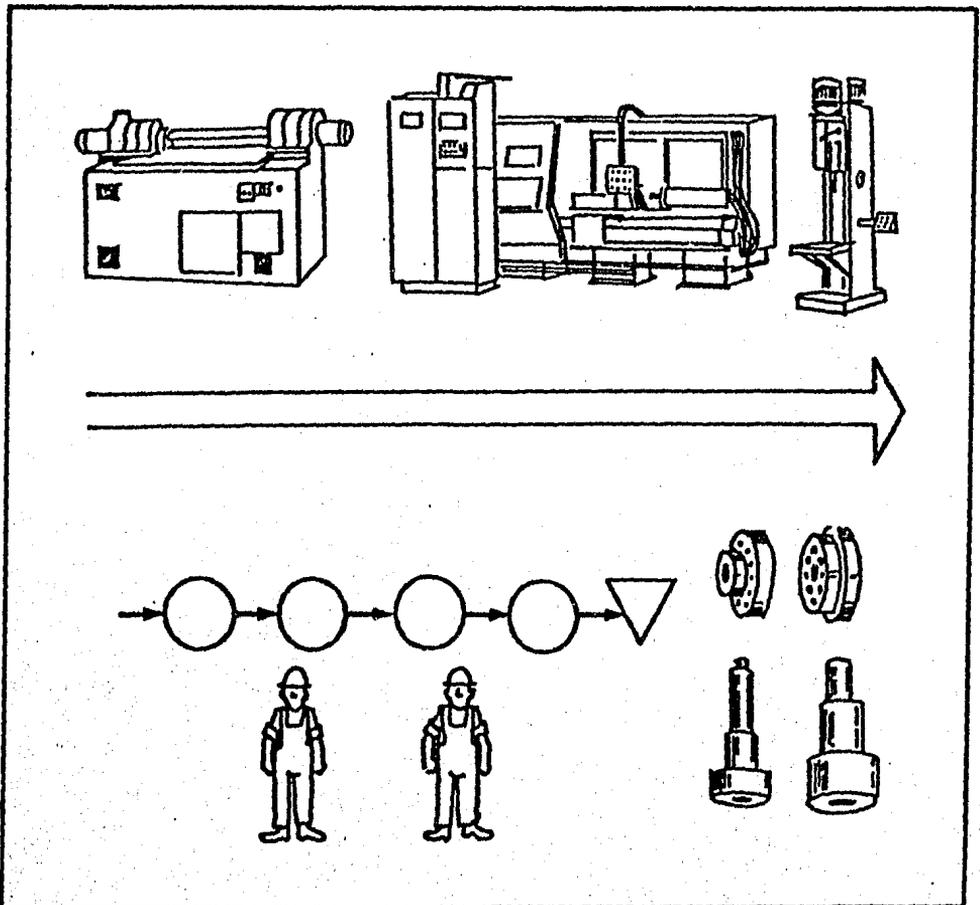


Figura 5 Grupo de máquinas organizado para la fabricación de una familia de partes

Por lo anterior queda claro que el cambio básico al introducir el enfoque de Tecnología de Grupos en la Producción por lotes es el cambio en la distribución de la planta productiva de distribución funcional a distribución por grupo y el cambio de especialización de proceso a especialización de componentes.

## 2. LA TECNOLOGIA DE GRUPOS

### 2.1 INTRODUCCION

La forma más económica de producción, hoy en día es la producción en masa, en donde se trabaja con un programa ya establecido que no varía y cuyo proceso es el más corto físicamente posible.

Desgraciadamente, la forma de vida ya no es como era durante los primeros años después de la Revolución Industrial. Ahora se requiere más diversificación de los productos, lo que lleva a hacer muchos lotes pequeños. Por tanto la producción ha tenido que cambiar a Producción por lotes. Algunas estadísticas muestran que por ejemplo en Estados Unidos se espera, en los próximos años que el 75% de la producción industrial será fundamentalmente en pequeños lotes. Esto nos lleva a buscar formas de hacer más económica la producción por lotes. Una de estas formas es la Tecnología de Grupos.

## 2.2 DEFINICIONES

La tecnología de Grupos se ha definido de varias maneras:

1. "La Tecnología de Grupos es la concepción de que muchos problemas son similares y que agrupando dichos problemas similares se puede encontrar una sola solución para un conjunto de problemas ahorrándose así tiempo y esfuerzo", según el Profesor Solaja del Instituto de Máquinas-herramienta en la Universidad de Belgrado en Yugoslavia.
2. "Es la agrupación de partes a fabricar en familias con características comunes en cuanto al proceso tecnológico", según Moshe M. Barash, Profesor de Ingeniería Industrial de la Universidad de Purdue.
3. "La Tecnología de Grupos es una técnica para identificar y relacionar componentes similares en un proceso de producción tomando ventaja de las similitudes", según P.C. Basak y D.K. Tripathi, miembros del Instituto de Ingeniería de la India.
4. Según Inyong Ham, Profesor de Ingeniería Industrial del Depto. de Ingeniería Industrial y de Sistemas Productivos de la Universidad del Estado de Pensilvania, la "Tecnología de Grupos generalmente es considerada como una filosofía o concepto de manufactura que identifica y explota la similitud o igualdad de partes y procesos en el diseño y en la producción".
5. DTN Williamson dice que "La Tecnología de Grupos es el catalizador que puede obtener el cambio de actitudes necesario hoy en día para dejar el layout funcional por algo me-

por" y agrega que "es la única cosa que parece tener una oportunidad de lograrlo".

6. Para J.P. Newman, Gerente Divisional de Proyectos especiales de Afrox Limited, en Johannesburgo, Sudáfrica la "Tecnología de Grupos es donde las máquinas se agrupan siguiendo el flujo de trabajo, en grupos para familias similares de componentes".
7. El uso común en Estados Unidos revela que: "La Tecnología de Grupos, típicamente es una metodología sistemática, basada en la similitud de componentes usados para formar familias de partes en la similitud de procesos comunes de producción y establecer células de manufactura de tal manera que se logren beneficios económicos".
8. Para algunas compañías la Tecnología de Grupos es sólo una técnica de moda que mejora las ganancias reduciendo costos de producción pero que debe aplicarse porque las compañías de la competencia la han aplicado con buenos resultados.

Tomando en cuenta los puntos más importantes de las definiciones anteriores podemos decir que: "La Tecnología de Grupos es una metodología sistemática que identifica y explota la semejanza de partes y procesos de operación en el diseño y en la producción. Dicha similitud permite, por medio de la agrupación, formar familias de partes basándose en las formas geométricas y/o procesos de fabricación; para así formar células de trabajo".

Es importante reconocer que la Tecnología de Grupos no es una técnica de manufactura; no es siquiera una estrategia de manufactura. En su sentido amplio la Tecnología de Grupos es una filosofía administrativa porque incluye dentro del alcance de sus actividades no sólo el área de Producción sino también áreas como: diseño, compras, planeación y control de la producción.

### 2.3 ¿DONDE SE APLICA ?

Una de las razones más importantes de aumentar la productividad en la producción es la economía. La producción contribuye con una gran parte del Producto Nacional Bruto de los países industrializados. Sin embargo, a pesar de que normalmente se considera la producción como una actividad eficiente y altamente productiva, aún puede ser mejorada significativamente. Esto es verdad en particular en el medio de la producción por lotes. El potencial de mejora económica por medio de la Tecnología de Grupos ya es importante y crecerá con el tiempo. Con una aplicación efectiva de la Tecnología de Grupos se pueden racionalizar varias actividades de la Ingeniería, tales como, la obtención de información para el diseño, la selección y planeación de los procesos, etc. Es un hecho reconocido que en la producción por lotes o intermitente, se deben llevar a cabo esfuerzos importantes para obtener mejoras continuas en el inventario de productos en proceso y mayor eficiencia en la carga de máquinas para obtener mayor productividad. En esto la Tecnología de Grupos es un elemento clave.

Alguien señaló que la aplicación de la Tecnología de Grupos crecerá en las compañías más pequeñas de las naciones industrializadas o en los países que tienen industria de intenso trabajo de producción por lotes, como es el caso de México.

#### 2.4 GLOSARIO

1. ANALISIS DEL FLUJO DE PRODUCCION.- Es una técnica diseñada para encontrar las familias de partes y los grupos de máquinas asociados para un layout por grupos.
2. ANALISIS DEL FLUJO DEL TALLER.- Es el primer nivel del análisis progresivo del flujo de producción, relacionado con la simplificación del sistema de flujo de materiales entre departamentos.
3. ANALISIS DE GRUPO.- Es el segundo nivel del análisis progresivo del flujo de producción, relacionado a la división de las partes hechas en cada departamento en familias y la división de las máquinas del mismo departamento en grupos asociados.
4. ANALISIS DE LINEA.- Es el tercer nivel del análisis progresivo del flujo de producción, relacionado con la simplificación del sistema de flujo de material dentro de cada grupo encontrado por análisis de grupo y relacionado con encontrar las posiciones ideales relativas para el layout.

5. CELULA.- Máquinas, personal y demás recursos necesarios para fabricar una familia de partes.
6. CLASIFICACION.- Es la agrupación de elementos que tienen características similares de acuerdo a algún principio o sistema en el cual las cosas similares se agrupan debido a dichas semejanzas.
7. CLAVE.- Sistema de símbolos utilizado para el procesamiento de información en el cual se le da cierto significado a números o letras o a una combinación de ambos.
8. CODIFICACIONES.- Es la designación de símbolos a los diferentes grupos encontrados en la clasificación. Al descifrar la codificación se obtiene información o criterios específicos.
9. ESTANDARIZACION.- Cuando han sido clasificadas y codificadas todas las partes activas con sistema adecuado, es posible analizar la población de partes y su frecuencia de uso. En la práctica, las partes que pertenecen a una familia específica pueden identificarse con diseños estándares cuyo uso es más frecuente. Esta identificación es estandarización, cuando se sustituye la producción de la parte por la estándar.

10. EXCEPCION.- Es una parte designada a una familia, que no puede ser procesada completamente por las máquinas asociadas al grupo, y que requiere los servicios de otra máquina que forma parte de otro grupo.
11. FAMILIA.- Es una lista de partes con atributos comunes.
12. FAMILIA DE DISEÑO.- Es una familia de partes que tienen características de diseño comunes.
13. FAMILIA DE HERRAMIENTAS.- Es una familia de partes que se fabrican con las mismas herramientas.
14. FAMILIA DE PROCESO O PRODUCCION.- Familia de partes que tienen características de proceso comunes.
15. FRECUENCIA DE USO DEL GRUPO.- Es el número de partes diferentes de una familia, que utilizarán una máquina en particular dentro del grupo asociado.
16. FRECUENCIA TOTAL DE USO.- Es el número total de diferentes partes que utilizarán una máquina en particular dentro del grupo asociado.
17. GRUPO.- Lista de máquinas requeridas para producir una familia específica de partes de producción.

18. LAYOUT.- Distribución de planta.
19. LAYOUT DE GRUPO.- Es un tipo de distribución de planta en el cual las máquinas están dispuestas en grupos; cada uno de los cuales se utiliza para producir una familia específica de partes de producción.
20. LAYOUT FUNCIONAL.- Es un tipo de distribución de planta en el cual las máquinas se dividen en secciones según el tipo de proceso que desarrollan.
21. LAYOUT POR LINEA.- Es un tipo de distribución de planta en el cual las máquinas están dispuestas siguiendo el proceso del producto.
22. MAQUINA EXCEPCIONAL.- Una máquina ubicada en un grupo pero que también se necesita para completar una de las partes de otra familia, por lo cual es excepcional.
23. PARTE/PIEZA.- Es un elemento individual indivisible.
24. PRODUCCION EN LINEA O EN MASA.- Se tiene un sistema de producción en línea cuando se produce uno o varios productos con un diseño estandarizado y existe un volumen alto.
25. PRODUCCION POR LOTE O INTERMITENTE.- Se tiene un sistema de producción por lotes cuando se fabrica una amplia gama

de productos que requieren la misma maquinaria y existe un volumen pequeño.

26. SECUENCIA DE CARGA.- Es el orden en el que entran las partes de una familia a una máquina particular.
27. SIMILARIDAD.- Dos partes son similares con respecto a las operaciones de producción cuando tienen cierto número de características comunes, como el uso de las mismas máquinas y procesos y cuando el tipo, secuencia y requerimientos de herramientas son similares.
28. SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION.- Es un sistema que facilita un programa de reducción y estandarización de partes. Al introducir eficientemente un sistema adecuado en el área de diseño se obtiene un método sencillo, sistemático y eficiente de almacenar información de una manera organizada.
29. TECNOLOGIA DE GRUPOS.- Es un nuevo enfoque a la producción en lotes basado en un layout en grupos y la simplificación del flujo de materiales. Busca para la producción por lotes las mismas ventajas que la distribución en línea para la producción en masa.
30. TIEMPO TOTAL DE PRODUCCION.- Es el tiempo requerido para que un elemento específico o varios elementos recorran su proceso de transformación.

31. TRANSFERENCIA CONTINUA.- Es un tipo de flujo de materiales entre máquinas en el cual cada parte producida pasa inmediatamente a la siguiente operación en el momento de ser terminada por lo cual no existen pérdidas de tiempo. Es típica de la producción en línea.
  
32. TRANSFERENCIA POR LOTES.- Es un tipo de flujo de materiales entre máquinas en el cual las piezas terminadas se acumulan en lotes antes de ser pasadas a la máquina que les hará la siguiente operación, existiendo por lo tanto una pérdida de tiempo.
  
33. COMPONENTE COMPUESTA.- Pieza ideal que comprende todos y cada uno de los maquinados que llevan las partes constituyentes de una familia.

### 3. INTRODUCCION DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS EN LOS TALLERES DE PRODUCCION INTERMITENTE

#### 3.1 INTRODUCCION

Hasta el momento, sólo se ha descrito la filosofía de la Tecnología de Grupos; así como las características principales, ventajas y desventajas potenciales que resultarían de la introducción de este nuevo enfoque en la producción por lotes.

En este capítulo, se describirá la metodología para lograr el cambio en la forma de producción (de funcional a por grupos), así como las diversas técnicas usadas en la T.G.<sup>1</sup>

Las técnicas descritas aquí, son de suma importancia para lograr exitosamente la introducción de la T.G., aunque esto no quiere decir que sean las únicas, pues teniendo presente lo esencial de la filosofía de la Tecnología de Grupos, se podrían desarrollar nuevas técnicas para lograr sus objetivos.

En el presente capítulo, se mencionarán las condiciones y la información requerida para la introducción de la T.G.; después se describirán las técnicas de la Tecnología de Grupos para : la formación de las familias de partes; determinación, planeación y programación de las células de trabajo.

<sup>1</sup> T.G. (Tecnología de grupos)

### 3.2 CONDICIONES PARA LA INTRODUCCION DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS

Antes de profundizar en la metodología para la introducción de la T.G. en los talleres de producción por lote o intermitente, se debe considerar la adaptabilidad de este enfoque para las condiciones específicas del taller. En general, cuando se tiene una producción de gran variedad, de bajo volumen y demanda estable se tiene un lugar ideal para la aplicación de la Tecnología de Grupos.

Algunas de las condiciones para poder aplicar esta filosofía son :

- . gran variedad de productos
- . bajo volumen de producción
- . demanda estable
- . similaridad de los componentes de los productos
- . disponibilidad para los cambios futuros del layout
- . amplia información confiable del producto y sus procesos o facilidad de obtenerla

### 3.3 INFORMACION REQUERIDA PARA LA INTRODUCCION DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS

El éxito o fracaso para la introducción de la T.G., depende en gran medida del tipo y calidad de información disponible. Por ejemplo, en la fase primaria de formación de familias, el agrupamiento puede hacerse de muchas formas, pero el método final escogido y el grado de éxito dependerá al final del tipo de información con que se cuenta.

El mínimo de información requerida, para aplicar con éxito la Tecnología de Grupos es :

1. La relacionada a las familias de partes: planos de cada producto, materia prima, procesos de fabricación, etc.
2. La relacionada a los grupos de máquinas: con que tipo de máquinas se cuenta, así como su tamaño, número, etc.
3. La relacionada a los pronósticos de venta: estadísticas, demanda actual, proyecciones de demanda futura, etc.
4. La relacionada a la carga hombre-máquina: número y tipo de operarios, turnos, ritmos de trabajo, etc.
5. La requerida para la introducción de disciplinas y controles efectivos: conocimientos de la T.G. y sus técnicas.

#### 3.4 METODOLOGIA

Una vez que se cumplen todas o casi todas las condiciones para la introducción de la T.G. en los talleres de producción por lotes y además se cuenta con la información necesaria para aplicar con éxito las técnicas usadas por ésta, se parte de un buen principio para el desarrollo de la T.G.

Esquemáticamente, se muestra en la Fig. 1 las actividades a desarrollar, así como las técnicas e información necesarias para

realizar cada una de ellas. Las cuatro actividades fundamentales son: analizar las partes a fabricar; determinar a "grosso modo" las células de máquinas; determinar finalmente la composición de las células; planear y programar a las células. Realizando adecuadamente estas actividades se logran los objetivos perseguidos por la Tecnología de Grupos.

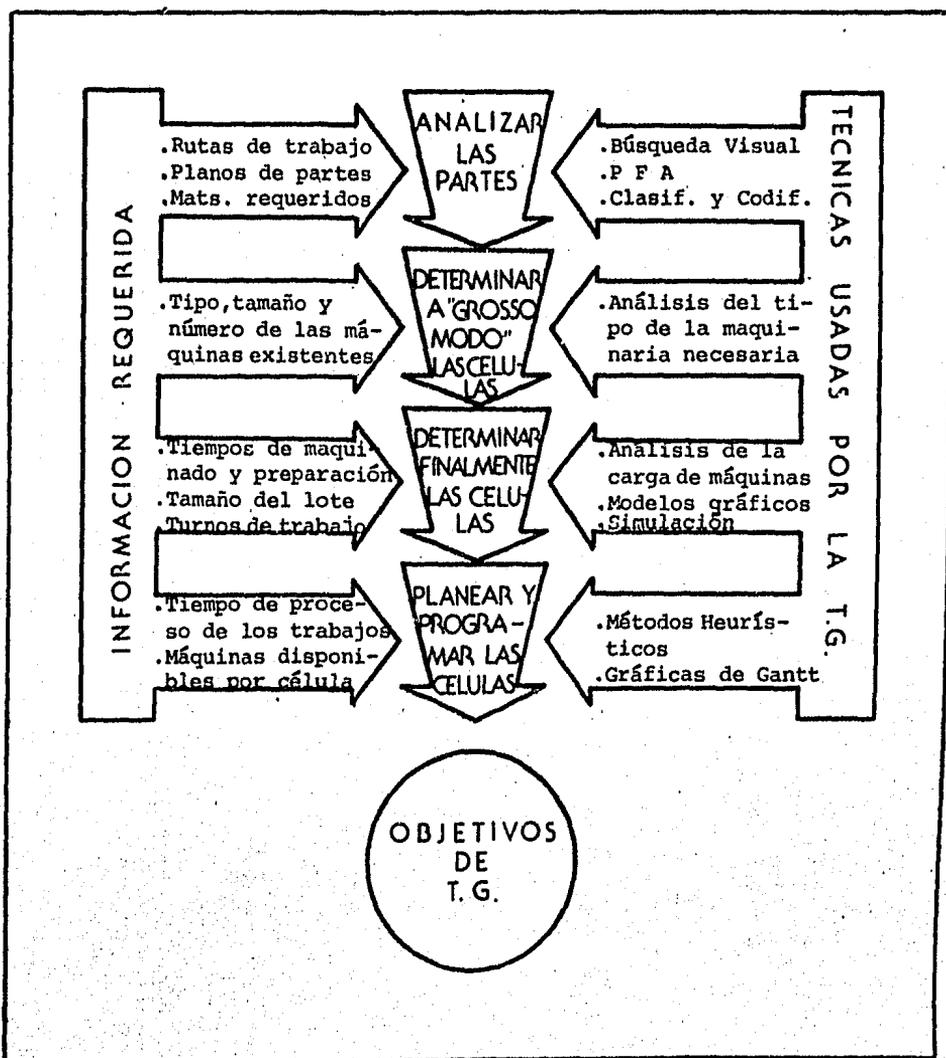


Figura 1 Diagrama esquemático para alcanzar los objetivos de la T.G.

### 3.4.1 Análisis de los componentes para la formación de Familias

La agrupación de partes similares en familias, es la clave de la introducción de la Tecnología de Grupos. La razón es que al combinar pequeños lotes de partes similares en proceso, se obtiene un lote mucho mayor que puede ser fabricado más eficientemente que varios pequeños.

En la figura 2, se ve en forma esquemática la formación de las familias de partes; ésta resulta de la descomposición de los productos a fabricarse en sus partes elementales; las partes similares de un producto dado se agrupan (con un método determinado) con otros también similares de otros productos, y así que da integrada una familia de partes. Como se observa no todas las partes quedan integradas a una determina da familia, esto se debe a que dichas partes tienen un proceso de fabricación especial. Las partes especiales serían fabricadas aparte o compradas.

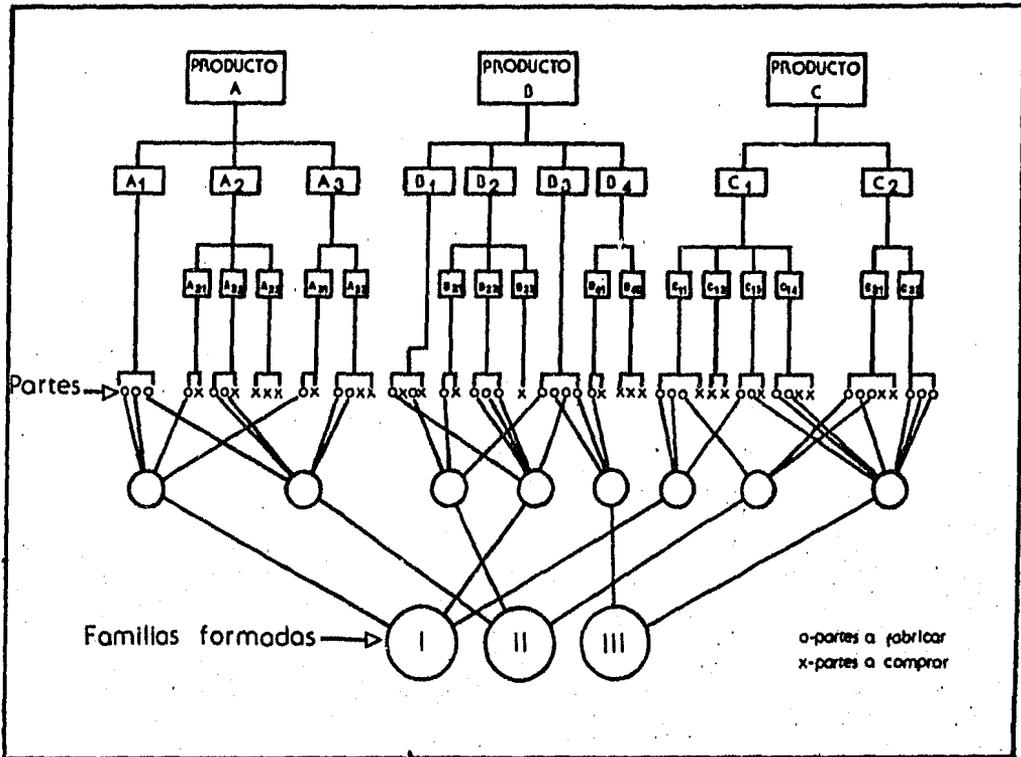


Figura 2 Diagrama esquemático para la formación de familias de partes

Uno de los principales problemas al querer introducir la T.G., es que no existe un método general para la formación de las familias de partes, ya que para ello se conocen tres técnicas alternativas, éstas son:

- . Búsqueda visual
- . Análisis de flujo de producción (P.F.A.)<sup>1</sup>
- . Sistema de clasificación y codificación

<sup>1</sup> (P.F.A., por sus siglas en inglés: Production Flow Analysis )

### 3.4.1.1 Búsqueda visual

Esta técnica se fundamenta en el conocimiento geométrico y consiste en agrupar los componentes o partes después de una observación, en la cual se encuentran similitudes. Esta técnica puede ser ineficiente, sobre todo cuando se tiene un gran número de componentes, pero puede ser un buen punto de partida, cuando la información sobre sus procesos de fabricación es escasa o nula. Esta técnica explota la semejanza física de las partes a fabricar (figura 3).

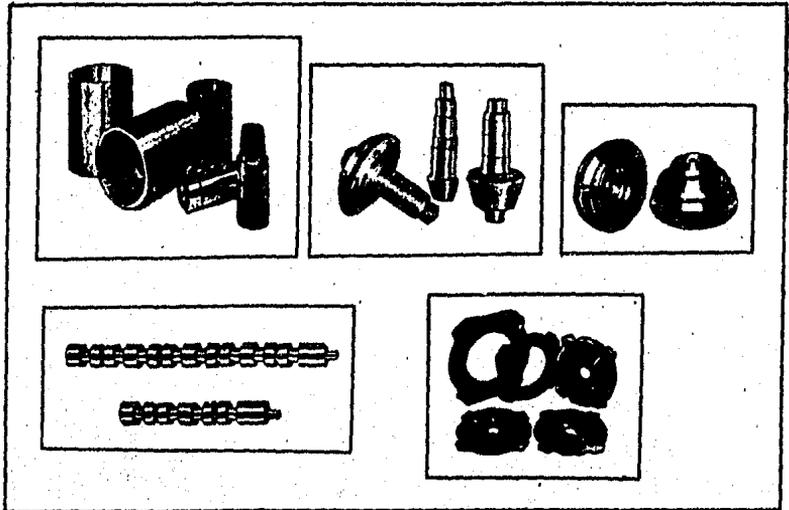


Figura 3 Familias de partes utilizando la técnica de Búsqueda visual

### 3.4.1.2 Análisis de flujo de Producción

El análisis del flujo de producción (P.F.A.), es una técnica desarrollada por J.L. Burbidge, para analizar la secuencia de operaciones y la ruta que sigue una parte a través de las máquinas y estaciones de trabajo en la planta productiva. Por medio de un análisis progresivo de la información contenida en las rutas de trabajo, las partes con operaciones y rutas comunes se agrupan e identifican como a una familia de partes. Similarmente, las máquinas y estaciones de trabajo utilizadas para producir dichas familias de partes, pueden ser agrupadas para formar células.

El P.F.A. es un método rápido cuando existe poca variedad de partes diferentes, pero al aumentar el número de componentes se complica, hasta llegar a la necesidad de utilizar una computadora.

Para este método es importante que la información existente y contenida dentro de las rutas de trabajo sea confiable y la no existente sea fácilmente obtenible.

El P.F.A. depende del método existente de fabricación, según la ruta de trabajo que puede o no ser el método actual y puede estar sujeto a cambios en la compra de nuevas máquinas.

Metodología para el desarrollo del PPA

1. Elaborar o actualizar las rutas de trabajo, para poder contar con una información verificada y confiable del proceso de fabricación de cada una de las partes.
2. Hacer la Matriz de Burbidge; ésta se forma por un lado enumerando la parte a fabricar y por otro en listando el tipo de máquinas que se utilizan. De las rutas de trabajo se obtiene la información de qué máquinas son necesarias para la fabricación de cada parte y finalmente la matriz se elabora relacionando cada una de las partes con las máquinas necesarias para producirlas, quedando formada la matriz de la siguiente manera: (figura 4).

PARTE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MÁQUINA																				
TORNO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CERILLO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRESADORA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TALADRO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RECTIFICADOR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 4 Matriz de Burbidge antes de la reordenación

3. Con la matriz de Burbidge anterior y la información del tipo y número de máquinas con que cuenta el taller, se hace una reordenación de la matriz, de modo que, las partes que requieran para su

fabricación del uso del mismo tipo de máquinas, se pueden agrupar en una misma familia.

Esto es:

PARTE No / MAGUINA	1	2	20	7	11	14	9	5	4	10	12	8	17	15	19	3	13	6	16	10
TORNO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓												
CEPILLO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓												
TALADRO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓													
RECTIFICADORA	✓	✓	✓				✓													
TORNO									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
FRESADORA									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
TALADRO									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
RECTIFICADORA									✓	✓	✓			✓						
CEPILLO																✓	✓	✓	✓	✓
FRESADORA																✓	✓	✓	✓	✓
TALADRO																✓	✓	✓	✓	✓
RECTIFICADORA																✓	✓	✓	✓	✓

Figura 5 Matriz de Burbidge reordenada

Se puede observar, en la figura 5, que la matriz reordenada nos da inmediatamente las familias de partes formadas, así como las máquinas requeridas por la familia, quedando finalmente:

PARTE No / MAGUINA	1	2	20	7	11	14	9	5
TORNO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CEPILLO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TALADRO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
RECTIFICADORA	✓	✓	✓				✓	

FAMILIA 1

PARTE No / MAGUINA	4	10	12	8	17	15	19
TORNO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRESADORA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TALADRO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
RECTIFICADORA	✓	✓	✓			✓	

FAMILIA 2

PARTE No / MAGUINA	3	13	6	16	10
CEPILLO	✓	✓	✓	✓	✓
FRESADORA	✓	✓			✓
TALADRO	✓	✓	✓	✓	✓
RECTIFICADORA	✓	✓	✓		

FAMILIA 3

Figura 6 Familias de partes utilizando el PFA

### 3.4.1.3 Sistemas de clasificación y codificación

Para la aplicación de la Tecnología de Grupos, un sistema de clasificación y codificación bien diseñado debe ser capaz de agrupar las familias de partes cuando sea necesario, basándose en parámetros específicos. En este sistema, cada componente es examinado, y se le da un número de codificación, el cual indica el valor de varios parámetros, tales como; dimensiones, forma, elementos, y otras características especiales. Con esta codificación es posible lograr una clasificación de partes que tengan características comunes.

Existen tres formas básicas de estructuras de sistemas de codificación para las aplicaciones actuales de Tecnología de Grupos, y son:

- a) Estructura jerárquica (Monoclave)
  - b) Estructura del tipo de dígito fijo (Policlave)
  - c) Estructura combinada (Multiclave)
- a) Estructura jerárquica (Monoclave). Esta estructura se construye como un diagrama de árbol, en el cual cada dígito amplía la información que reporta el anterior y depende de éste. Un sistema de codificación jerárquica puede contener una cantidad enorme de información con un número bastante limitado de dígitos.

- b) Estructura del tipo de dígito fijo. Este sistema, también llamado del tipo de cadena, tiene una estructura en la cual la posición de un dígito dado representa información independiente, y no está directamente relacionada con la proporcionada por otros dígitos. Este tipo de codificación proporciona un sistema mucho más adaptable aplicándolo a: producción, operaciones de procesos, clasificación de herramientas para las máquinas, etc. Por ejemplo el sistema OPITZ y KC-1.
- c) La estructura combinada o multiclave, como lo indica su nombre es una combinación de las dos estructuras anteriores para satisfacer las necesidades particulares de cada taller. Por ejemplo el sistema KK-1.

#### 3.4.1.3.1 Requerimientos básicos de los sistemas de clasificación y codificación

Para la aplicación de la Tecnología de Grupos, un sistema de clasificación y codificación debe de cumplir varios requerimientos básicos, los cuales son:

- a) Inclusión total

Un sistema de clasificación y codificación debe

incluir todas las piezas existentes que se estén produciendo y/o comprando, y debe ser capaz de aceptar nuevas piezas.

b) Mutuamente exclusivo

Un sistema de clasificación y codificación debe ser mutuamente exclusivo, o sea debe incluir cosas similares y excluir cosas no similares, utilizando parámetros definidos claramente.

c) Basada en características permanentes

Un sistema debe basarse en atributos visibles o fácilmente confirmables y con características permanentes.

d) Especifico para las necesidades del usuario

El sistema debe ser desarrollado para satisfacer las necesidades específicas del usuario.

e) Adaptarse a necesidades futuras

El sistema debe poder ser adaptado a expansiones futuras y a los cambios tecnológicos.

f) Explícito

El sistema debe ser explícito al definir todos los factores que afectan los métodos de producción y herramental (configuración, dimensiones y parámetros de acabado de las piezas, etc).

g) Adaptable a procesamiento computarizado

El sistema debe poder funcionar sin computadora, pero también con ella.

3.4.1.3.2 Factores para seleccionar un Sistema de clasificación y codificación

Los factores más importantes a considerar al seleccionar un sistema de clasificación y codificación adecuado son:

- a) Objetivo. Cuáles son los objetivos (necesidades) al seleccionar el sistema de clasificación y codificación.
- b) Campo de aplicación. En qué departamento o departamentos se va a aplicar y cuáles son los parámetros y necesidades específicos que van a ser codificados.

c) Costos y tiempo.

Como cada compañía tiene productos, objetivos, facilidades de producción, necesidades y condiciones diferentes, requiere de un sistema adaptado, puesto que no existe un sistema universal. Se recomienda que cualquier persona que planea instalar un sistema de clasificación y codificación lleve a cabo una evaluación comparativa y completa de la variedad existente de sistemas antes de tomar una decisión.

Los departamentos que utilizan más el sistema de clasificación y codificación son: diseño, ingeniería del producto, planeación y control de la producción, producción, etc.

Algunos parámetros y datos representativos requeridos por estos departamentos son:

a) Diseño e Ingeniería del producto:

Forma principal, material, tamaño, dimensiones mayores, dimensiones menores, tolerancias, etc.

b) Planeación y control de la producción y producción:

Operación mayor, operación menor, proporción de tamaño, forma y tamaño, herramientas para las máquinas, dispositivo de sujeción, herramientas de corte, tamaño del lote, tiempo de preparación, secuencia de operación, exactitud,

tratamientos especiales, ensamble, etc.

Un sistema de clasificación y codificación es esencial para obtener los beneficios totales de la Tecnología de Grupos. Facilita la reducción de partes y el programa de estandarización que puede ser valioso tanto para la compañía como para el cliente.

Cuando se han clasificado y codificado todas las partes activas, utilizando un sistema conveniente, es posible analizar la población de partes. Si se desarrolla la planeación de proceso para la parte compuesta, se puede procesar cualquier parte de la familia con las mismas operaciones.

Hay dos enfoques generales para el desarrollo de un sistema de clasificación y codificación. Uno es el sistema de "Clasificación Universal", generalmente aplicable en diferentes tipos de la industria metal-mecánica. Otro es un sistema de clasificación "Hecho a la Medida", ofrece sólo principios generales, y la clasificación final depende de cada caso especial.

Existen diferentes tipos de Sistemas de Clasificación y Codificación, algunos de estos son:

- a) Sistema Opitz\*
- b) Sistema KK-1
- c) Sistema KC-1\*

\* Las tablas correspondientes a estos sistemas se encuentran en el apéndice

- d) Sistema SAGT (Contenido en el Apéndice)
- e) Sistema Brisch (Contenido en el Apéndice)
- f) Sistema CODE (Contenido en el Apéndice)

#### 3.4.1.3.3 Sistema Opitz

Este sistema es probablemente el más conocido por ser el pionero. Opitz diseñó este sistema primeramente en la preparación del trabajo y en las áreas de manufactura. Comprende 9 dígitos, los primeros cinco dígitos caracterizan la dimensión y las características de la forma principal como sigue:

Dígito 1. Clase de componente

Dígito 2. Forma externa, elementos en su forma externa

Dígito 3. Forma interna, elementos en su forma interna

Dígito 4. Maquinado de la superficie plana

Dígito 5. Agujeros auxiliares y dientes de engrane

Los últimos cuatro dígitos de este sistema son los llamados "Código Complementario" y definen otra información relacionada con la fabricación de la pieza:

Dígito 1 Dimensión principal

Dígito 2. Material

Dígito 3. Forma inicial

Dígito 4. Acabado

Para dar a una parte un código apropiado, hay que referirse a las tablas que definen el código para cada posición (un dígito entre 0 y 9) de acuerdo al caso tomado, un ejemplo de una parte codificada se da en la figura 7.

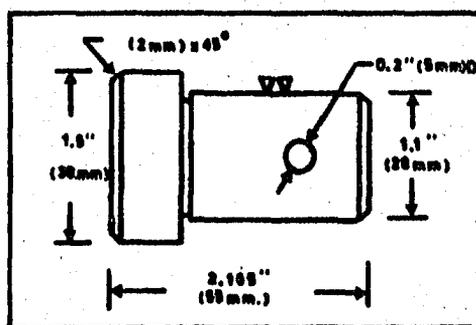


Figura 7 Sistema de clasificación Opitz

Código: 11003 - 1401

#### 3.4.1.3.4 Sistema KC-1

Este sistema es japonés, y consta únicamente de cinco dígitos, que están repartidos en un total de siete tablas. Los tres primeros dígitos caracterizan el rango de sus dimensiones, y su forma principal,

y están en la siguiente forma:

Dígito 1. Forma principal de la parte

Dígito 2. Rango de las dimensiones de la parte

Dígito 3. Lo más notable de la parte

Y los otros 2 dígitos, dan información relacionada con el trabajo de la pieza

Dígito 4. Materia prima

Dígito 5. Porción que va a ser maquinada con gran exactitud

La codificación de una parte por este sistema está dada en la figura 8.

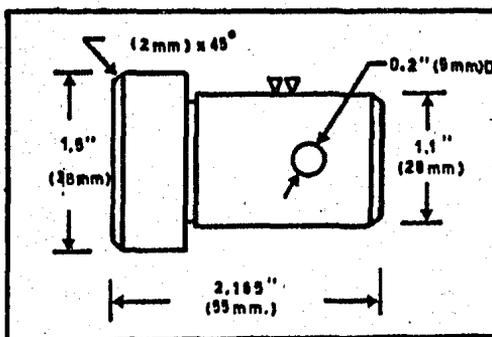


Figura 8 Sistema de clasificación y codificación

Código: 01041

### 3.4.1.3.5 Sistema KK-1

Este también es un sistema de Clasificación y Codificación japonés, pero es un sistema más completo que el KC-1, ya que éste comprende de 13 dígitos, y comprende hasta la principal máquina herramienta que va a ser utilizada. Los dígitos están comprendidos de la siguiente manera:

Dígitos 1 y 2. Clasificación del nombre de la parte

Dígitos 3 y 4. Clasificación del material (Materia prima)

Dígitos 5,6 y 7. Dimensión principal, forma primaria, y relación de Dimensiones principales

Dígitos 8,9,10 y 11. Clasificación de forma geométrica y maquinado

Dígito 12. Precisión

Dígito 13. Principal máquina herramienta que va a ser usada en la primera etapa de maquinado (Principal máquina herramienta entre la línea de T.G.)

Un ejemplo de una pieza codificada por este sistema se da en la figura 9.

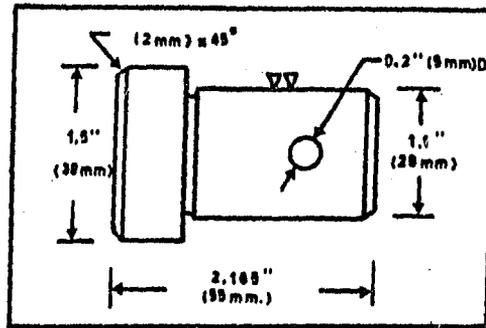


Figura 9 Sistema de clasificación y codificación KK-1

Código: 4253212100310

### 3.4.2 Determinación a "grosso-modo" de las células

Una vez que se tienen todas las piezas (o casi todas) agrupadas en familias, surge la problemática de la introducción total del sistema de producción por T.G.

El Primer paso es la distribución de la maquinaria en grupos (Células de máquinas), cuyo objetivo es que una familia de partes fluya a través de un grupo o célula de máquinas en forma lineal, ya que ésta es la parte esencial de la T.G.

Tradicionalmente en la producción por lotes, la distribución de la maquinaria es funcional, o sea que la disposición de éstos es tal que se agrupan en departamentos, llamados "departamentos bases", en donde las estaciones de trabajo similares están localizadas en áreas designadas como: "Departamento de torneado", "Departamento de fresado", etc.

Los trabajos realizados siguiendo esta distribución, frecuentemente sufren un continuo movimiento de zig-zag, rutas dobles, etc. Como se indica en la figura 10. La supervisión en este tipo de centro de trabajo no puede ser realizada minuciosamente, ya que es virtualmente imposible localizar un trabajo específico en el confuso movimiento de las partes.

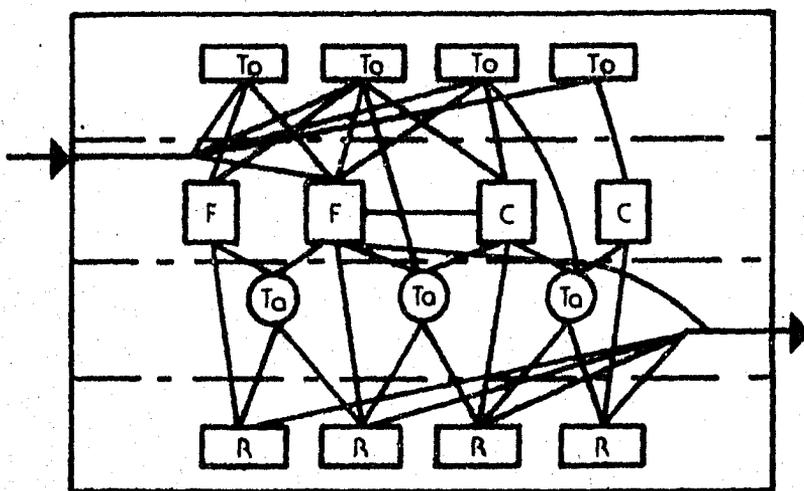


Figura 10 Movimiento de las partes a través de una distribución funcional

Los problemas de la distribución de planta funcional se pueden reducir en forma importante a través de la aplicación de la Tecnología de grupos, donde la distribución por grupos se diseña para satisfacer completamente de los requerimientos de manufactura de varias familias de partes, como la mostrada en la figura 11.

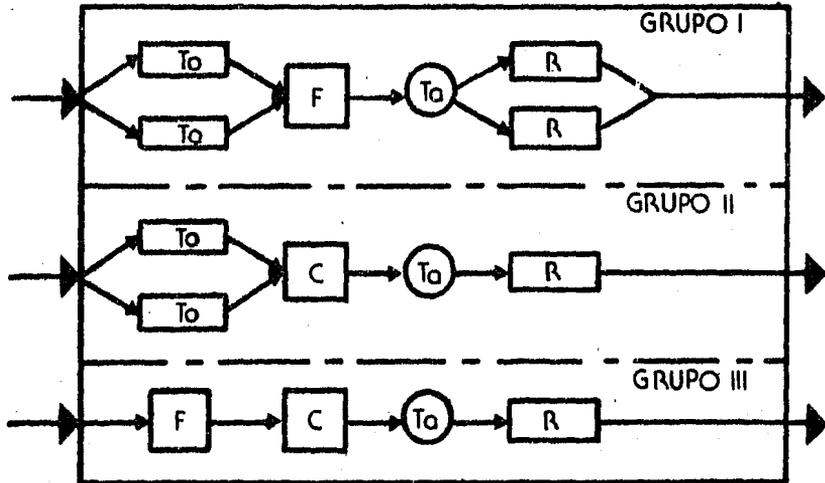


Figura 11 Movimiento de las partes de una distribución por grupos

Una vez obtenidas las familias de partes por cualquiera de los tres métodos vistos anteriormente se procede a hacer la selección del tipo y número de máquinas por célula o grupo de máquinas.

Para hacer la selección de la maquinaria dentro de un grupo se debe tomar en cuenta que se pueda realizar cualquier operación que requieran las piezas que constituyan las familias que van a ser procesadas dentro de esta célula. (Hay excepciones, como la de los tratamientos térmicos que por lo general da servicio a varios grupos de máquinas).

En un grupo o célula de máquinas, se clasifican dos tipos de máquinas:

- a) Maquinaria básica
- b) Maquinaria secundaria

La maquinaria básica, es la que se requiere para el proceso de la mayoría de las piezas de la familia.

La maquinaria secundaria, es la que se requiere para el proceso de una minoría de piezas de las familias.

Para hacer la selección de máquinas y el número que se necesitan para un grupo o célula, se tiene que hacer un análisis de:

- 1) Tipo de máquinas que se necesitan para procesar las familias de partes
- 2) Cantidad de máquinas que se necesitan, en base a su carga

#### 3.4.2.1 Tipo de máquinas

Al formar las familias de partes, se obtiene información acerca de las operaciones requeridas para el procesamiento de esta familia. En base a esta información, se decide el tipo de maquinaria básica y la maquinaria secundaria que son necesarias en el proceso.

Para encontrar el tipo de maquinaria requerida en una célula o grupo se formula una tabla, en la cual se indica en las columnas la familia y sus partes, y en los renglones la maquinaria requerida. Un ejemplo de esto se ve en la figura 12, teniendo en cuenta que:

To = Torno

F = Fresadora

To = Taladro

R = Rectificadora

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE
1	To F <sub>1</sub> To R	1	2	To To R F <sub>2</sub>	12
"	To F <sub>1</sub> To R	2	"	To To F <sub>2</sub>	8
"	To F <sub>1</sub> To R	20	"	To To F <sub>2</sub>	17
"	To F <sub>1</sub> To	7	"	To R F <sub>2</sub>	15
"	To F <sub>1</sub> To	11	"	To F <sub>2</sub>	19
"	To F <sub>1</sub> To	14	3	F <sub>1</sub> To R F <sub>2</sub>	3
"	To F <sub>1</sub> R	9	"	F <sub>1</sub> To R F <sub>2</sub>	13
"	To F <sub>1</sub>	5	"	F <sub>1</sub> To R	6
2	To To R F <sub>2</sub>	4	"	F <sub>1</sub> To	16
"	To To R F <sub>2</sub>	18	"	To F <sub>2</sub>	10

Figura 12 Tabla de máquinas requeridas para las partes

La información que nos reporta la tabla anterior se traslada a una tabla resumen, ahora en las columnas quedan indicadas las familias de partes y en los renglones la maquinaria requerida por cada una de ellas (figura 13).

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	To F <sub>1</sub> T <sub>0</sub> R
2	To T <sub>0</sub> R F <sub>2</sub>
3	F <sub>1</sub> T <sub>0</sub> R F <sub>2</sub>

Figura 13 Tabla de máquinas requeridas por las familias

Para formar finalmente las células, las familias se agrupan de acuerdo al tipo de maquinaria requerida, así las familias que ocupen maquinaria similar forman una célula. Además para formar las células se tiene que considerar las máquinas existentes en el taller y el número de partes de cada familia. En la tabla siguiente se indica la maquinaria requerida por cada célula (figura 14).

CELULA	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	1	To F <sub>1</sub> T <sub>0</sub> R
2	2	To T <sub>0</sub> R F <sub>2</sub>
3	3	F <sub>1</sub> T <sub>0</sub> R F <sub>2</sub>

Figura 14 Tabla de máquinas requeridas por las células

### 3.4.3 Determinación final de las células

#### 3.4.3.1 Cantidad de máquinas

Para esta etapa hay que tener conocimiento de la capacidad de las máquinas, así como del tiempo de preparación y de proceso de cada pieza en cada máquina y de la demanda de cada parte.

Si sabemos cuál es el número de partes que se desean procesar en un grupo o célula de máquinas, se calculan los tiempos de preparación de cada operación, los tiempos-máquina, o sea, el tiempo que emplea cada tipo de máquina en el procesamiento de un lote de piezas. Este tiempo determina la capacidad de maquinaria que se necesita en una célula o grupo de máquinas. Comparando la capacidad por máquina ofrecida, se calculan las unidades que se necesitan de este tipo de máquinas.

Para determinar el número de máquinas se elabora una tabla (figura 15) en la cual se indica el tamaño del lote ( $L$ ), tiempo de preparación ( $T_p$ ) y el tiempo de maquinado ( $T_m$ ) en la columna restante se calcula el tiempo total de utilización de la máquina por lote de cada parte ( $L \times T_m + T_p$ ). Al final de la tabla se hace una suma de todos los tiempos totales de utilización

de la máquina por célula (Ttu).

Para calcular el número de máquinas del mismo tipo que se necesitan en esta célula se determina el tiempo total anual de operación de una máquina, (TTA) luego dividiendo el tiempo total de utilización de la máquina por célula entre el tiempo total anual de operación nos da el número de máquinas requerido, esto es:

H= Horas laborables por día

D= Días trabajados a la semana

S= Semanas laborables al año

N= Número de máquinas del mismo tipo por cierta célula

Entonces:  $TTA = H \times D \times S$  y  $N = \frac{Ttu}{TTA}$

OPERACION: <u>Torneado</u>				CELULA No. 1
Parte No.	Tamaño del lote (L)	Tiempo de preparación (Tp)h	Tiempo de maquinado (Tm)h	(Tm)·(L)+(Tp)
1	115	20	9	1 055
2	30	15	12	375
20	10	15	10	115
7	5	15	9	60
11	10	23	14	163
14	61	15	8	503
9	18	23	12	239
5	25	23	10	273
Tiempo total de utilización (Ttu) →				2 783 h

Figura 15 Tabla para el análisis de la carga de máquinas

Tomando en cuenta la tabla anterior y si:

$H=8$ ,  $D=5$  y  $S=50$ , tenemos que  $TTA = 8 \times 5 \times 50 = 2000 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$

y como  $Ttu = 2783 \frac{\text{horas-máquina}}{\text{año}}$

entonces  $N = \frac{Ttu}{TTA} = \frac{2783}{2000} = 1.3 \approx \underline{2 \text{ máquinas}}$

Por lo tanto, se necesitan dos turnos para poder cumplir con la operación de torneado en dichas células.

Si la demanda de cierta máquina es menor que la capacidad ofrecida, se tiene, con esta unidad la capacidad necesaria para satisfacer la demanda tiempo-máquina.

Si por el contrario, la demanda es superior a la capacidad, se debe aumentar la capacidad del sistema. Se puede seguir alguno de estos caminos.

- 1) Turnos extras
- 2) Trabajar un día extra (Sábado o Domingo)
- 3) Aumento de mano de obra (hasta la capacidad de la máquina)
- 4) Abrir otro turno
- 5) Comprar las piezas, o mandar a maquilar parte de ellas
- 6) Comprar nueva maquinaria

### 3.4.3.2 Redistribución de la maquinaria

Hasta aquí se ha analizado un método para la selección de maquinaria y para determinar el número de máquinas necesarias en una célula. El siguiente paso es definir el arreglo de esta maquinaria, con el fin de hacer eficiente la secuencia de procesamiento de las piezas y su movimiento dentro de las células.

Para diseñar la distribución de planta por grupo se tienen que ver varios aspectos como: el espacio disponible para su desarrollo, el flujo de material a través de cada máquina que se va a usar en esta célula, el espacio necesario para la maquinaria y el manejo de material.

No es fácil lograr un layout óptimo cuando se procesan muchas piezas diferentes, pues siempre habrá factores cambiantes que alteran el arreglo de una distribución haciéndolo más o menos eficiente o económico. De ahí que a veces se prefiere buscar un layout satisfactorio y no uno óptimo.

Un layout satisfactorio se define como aquella distribución que cumple ciertos "requisitos de satisfacción". La ponderación de estos requisitos en un layout se obtienen midiendo:

1. La capacidad del sistema bajo diferentes arreglos
2. El costo de los diferentes arreglos
3. La flexibilidad para cambiar un layout a otra forma

Para que haya eficiencia en un grupo o célula, es necesario un flujo satisfactorio de material, el cual se obtiene balanceando los flujos de salida de las operaciones situadas consecutivamente. En la elaboración del layout se debe tener en cuenta ciertas guías o ayudas como las siguientes:

- 1) El uso de la experiencia, sentido común e intuición
- 2) Modelos gráficos, como diagramas de flujo del proceso
- 3) La simulación de varios layouts para comprobar las facilidades de la interrelación y el uso del equipo de manejo de material.

### 3.4.4 Planeación y programación de las células

Cuando se han determinado el tipo, número y la nueva distribución de la maquinaria con un enfoque de Tecnología de Grupos, resta únicamente encontrar la programación adecuada de los grupos o células. Entonces, encontrando la secuencia óptima de los trabajos en los grupos, se obtendrá el tiempo mínimo de procesamiento de los mismos, lo que redundará en un aumento de la eficiencia de los grupos y al mismo tiempo en un aumento de la productividad de la planta productiva en general.

#### 3.4.4.1 Secuencia óptima

Para explicar los métodos de secuencia óptima para la programación de grupos, se presenta un ejemplo usando un algoritmo heurístico desarrollado por Petrov y modificado por Ham. Asumiremos que los datos básicos, dados en la figura 16, son usados para encontrar la secuencia óptima de trabajo de un grupo de familias de partes, procesadas a través de cuatro máquinas, para minimizar el tiempo de procesamiento total.

Trabajos	Máquinas (horas)			
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
T <sub>1</sub>	17	13	15	10
T <sub>2</sub>	8	6	21	7
T <sub>3</sub>	16	14	15	4

Figura 16 Tabla de datos del tiempo de procesamiento

Los tiempos de procesamiento para todas las combinaciones posibles de secuencias de la tabla anterior son:

$T_1 + T_2 + T_3 \dots 85$  horas

$T_1 + T_3 + T_2 \dots 90$  horas

$T_2 + T_1 + T_3 \dots 74$  horas

$T_2 + T_3 + T_1 \dots 79$  horas

$T_3 + T_1 + T_2 \dots 89$  horas

$T_3 + T_2 + T_1 \dots 91$  horas

Los tiempos totales de procesamiento anteriores fueron encontrados desarrollando las gráficas de Gantt siguientes, tomando en cuenta que:  $T_1 = \blacksquare$ ,  $T_2 = \blacksquare$  y  $T_3 = \square$ .

$T_2 = \blacksquare$  y  $T_3 = \square$

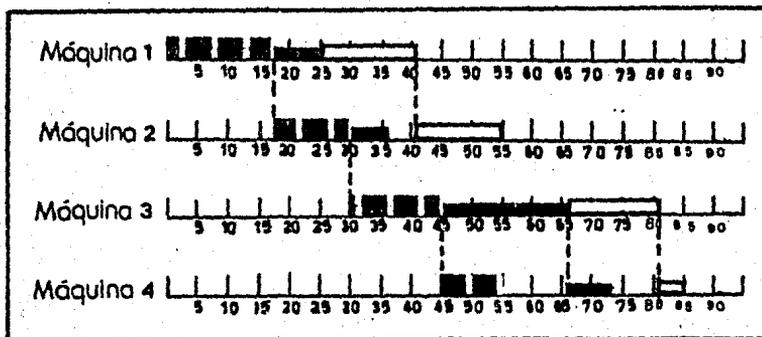


Figura 17 Gráfica de Gantt para la secuencia  $T_1 + T_2 + T_3$  (85 h)

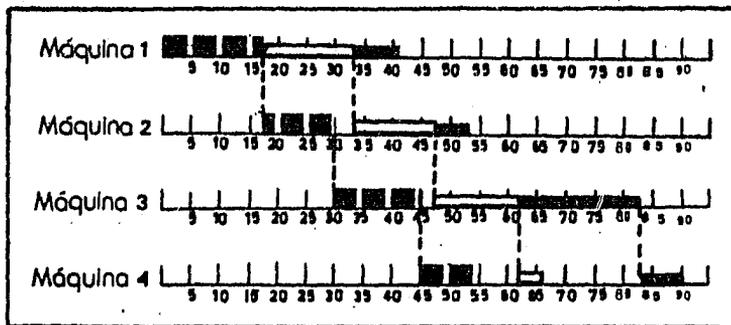


Figura 18 Gráfica de Gantt para la secuencia  $T_1 + T_3 + T_2$  (90 h)

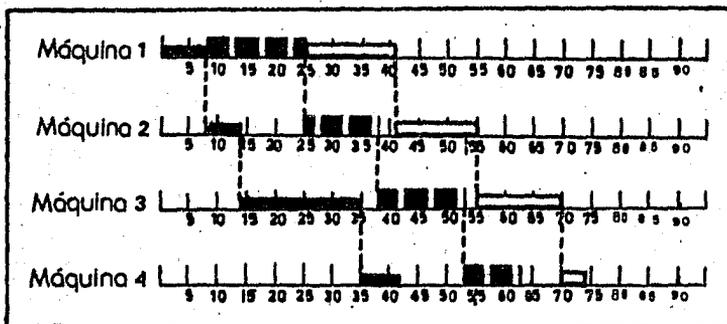


Figura 19 Gráfica de Gantt para la secuencia  $T_2 + T_1 + T_3$  (74 h)

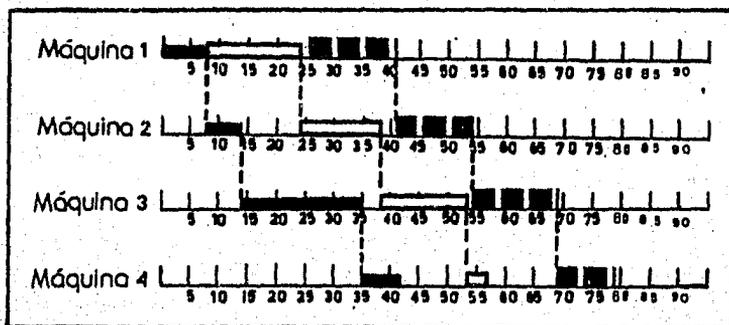


Figura 20 Gráfica de Gantt para la secuencia  $T_2 + T_3 + T_1$  (79 h)

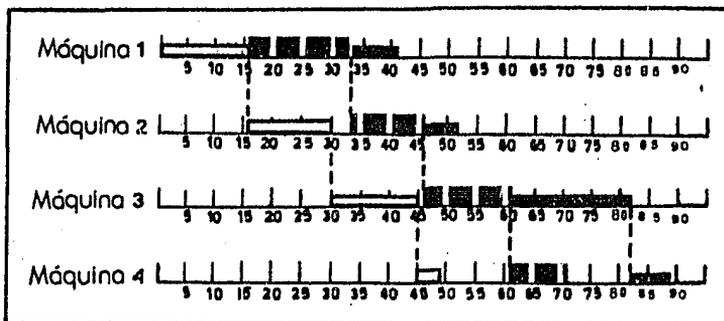


Figura 21 Gráfica de Gantt para la secuencia  $T_3 + T_1 + T_2$  (89 h)

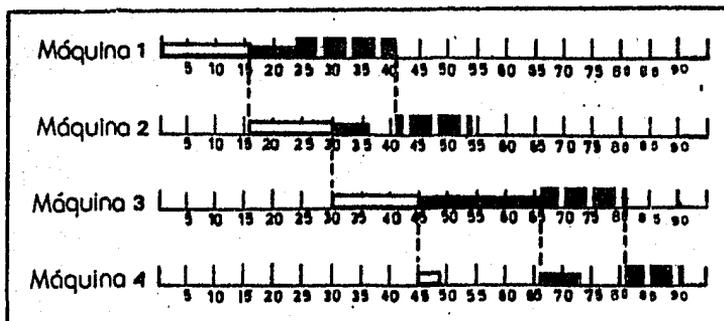


Figura 22 Gráfica de Gantt para la secuencia  $T_3 + T_2 + T_1$  (91 h)

Como se observa, en las gráficas anteriores, la secuencia óptima de trabajo es  $T_2 + T_1 + T_3$  con un tiempo mínimo de 74 horas. Existe una diferencia de 17 horas entre el tiempo de procesamiento más largo ( $T_3 + T_2 + T_1$ ) y el más corto ( $T_2 + T_1 + T_3$ ), por lo que es importante utilizar algún método para determinar la secuencia óptima de trabajo.

### 3.4.4.2 Algoritmo heurístico para una solución de programación de Grupos

Con la tabla de la figura 16 , se forma una matriz compuesta por los tiempos de procesamiento de los trabajos  $T_1$  ,  $T_2$  y  $T_3$  , esto es:

$$A = \begin{bmatrix} 17 & 13 & 15 & 10 \\ 8 & 6 & 21 & 7 \\ 16 & 14 & 15 & 4 \end{bmatrix}$$

y a partir de ésta obtienen dos matrices más:

$$T = \begin{bmatrix} 17 & 13 \\ 8 & 6 \\ 16 & 14 \end{bmatrix} \quad T' = \begin{bmatrix} 15 & 10 \\ 21 & 7 \\ 15 & 4 \end{bmatrix}$$

Aplicando las siguientes reglas a las matrices anteriores se encuentra la secuencia óptima de trabajo:

#### Regla I

- a) Para los trabajos en los que el valor de  $(\Sigma T' - \Sigma T)$  es positivo o cero, la secuencia de los trabajos es en orden ascendente según los valores de  $\Sigma T$

- b) Para los trabajos en los que el valor de  $(\Sigma T' - \Sigma T)$  es negativo, la secuencia de los trabajos es *en orden descendente según los valores de  $\Sigma T'$*

Simbólicamente: la secuencia de trabajos está asignada de la siguiente forma:

cuando:  $(\Sigma T' - \Sigma T) \geq 0, (\Sigma T) \uparrow$

o:  $(\Sigma T' - \Sigma T) < 0, (\Sigma T') \downarrow$

Si seguimos considerando los valores del tiempo de procesamiento de la tabla de la figura 16 y sus correspondientes matrices A, T y T', tenemos que:

$$\begin{array}{l} T_1 \rightarrow \\ T_2 \rightarrow \\ T_3 \rightarrow \end{array} \Sigma T = \begin{bmatrix} 30 \\ 14 \\ 30 \end{bmatrix}, \quad \Sigma T' = \begin{bmatrix} 25 \\ 28 \\ 19 \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad (\Sigma T' - \Sigma T) = \begin{bmatrix} -5 \\ +14 \\ -11 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto, aplicando los incisos (a) y (b) de la regla I:

$(\Sigma T' - \Sigma T) \geq 0, (\Sigma T) \uparrow$ , que corresponde a  $T_2$  (14), y

$(\Sigma T' - \Sigma T) < 0, (\Sigma T') \downarrow$ , que corresponde a  $T_1$  y  $T_3$  (25 y 19)

Por lo tanto la secuencia óptima de trabajo es:

$$\boxed{T_2 \rightarrow T_1 \rightarrow T_3}$$

. Regla II

También la secuencia de trabajos puede asignarse *en orden descendente* basándose en los valores algebraicos de  $(\Sigma T' - \Sigma T)$

Simbólicamente  $(\Sigma T' - \Sigma T) \pm$

Aplicando la regla a los valores de los tiempos de procesamiento considerados en este inciso:

$$\begin{array}{l} T_1 \rightarrow \\ T_2 \rightarrow \\ T_3 \rightarrow \end{array} \quad (\Sigma T' - \Sigma T) = \begin{bmatrix} - 5 \\ + 14 \\ - 11 \end{bmatrix}$$

por lo tanto, la secuencia óptima de trabajo es:

$$\boxed{T_2 \rightarrow T_1 \rightarrow T_3} \quad (+ 14 \rightarrow - 5 \rightarrow - 11)$$

. Casos especiales para las reglas I y II

- a) Si los diferentes valores de  $(\Sigma T' - \Sigma T)$  son exclusivamente positivos o negativos, la regla I proveerá una única solución para la secuencia óptima de trabajo y la regla II no es usada
- b) Si existen varios valores idénticos de  $(\Sigma T)$  o  $(\Sigma T')$ , se aplica la regla II para determinar la secuencia apropiada

Regla III y regla IV

Las reglas I y II son aplicadas a los problemas en donde cada trabajo es procesado a través de un conjunto de máquinas en el mismo orden. Sin embargo, cuando los trabajos son procesados y se omiten ciertas operaciones, las reglas III y IV deben ser aplicadas. Las reglas III y IV son esencialmente las mismas que las reglas I y II respectivamente, excepto que para aplicar las reglas III y IV, cada renglón en la matriz seccionada del tiempo de procesamiento ( $\Sigma T$  y  $\Sigma T'$ ) es promediada. Esos valores del tiempo promediados:  $\bar{T}$  y  $\bar{T}'$ , son encontrados dividiendo  $\Sigma T$  y  $\Sigma T'$  por el número de operaciones realizadas en cada matriz. En el capítulo 5 se utilizarán estas reglas.

Volviendo a considerar los datos del tiempo de procesamiento (figura 16) y ahora el resultado del algoritmo heurístico utilizado ( $T_2 + T_1 + T_3$ ) se puede formar la gráfica de Gantt en donde se muestre la secuencia óptima:

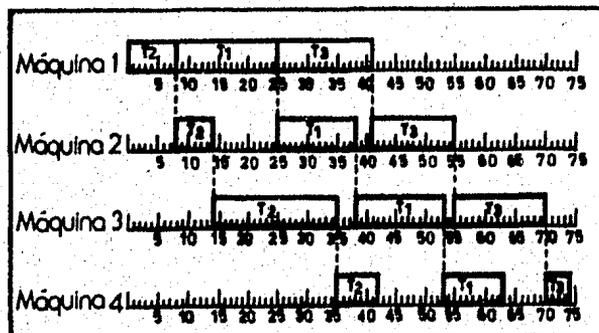


Figura 23 Gráfica de Gantt para la secuencia óptima

#### 4. CARACTERISTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS

##### 4.1 INTRODUCCION

Como se ha visto en los capítulos anteriores, al hacer un cambio de producción funcional a producción en grupo en los talleres intermitentes, se obtienen ciertas ventajas en las diversas etapas del proceso de producción, pero también es muy importante considerar que al hacer un cambio de esta naturaleza pueden aparecer algunos problemas en los diversos departamentos de la empresa.

Considerando que en los capítulos anteriores se han visto ampliamente la filosofía y técnicas de la Tecnología de Grupos, en este capítulo se describen las posibles ventajas y desventajas en la aplicación de la T.G., así como las características fundamentales de esta técnica, además se muestra un cuadro comparativo entre el layout por grupo, funcional y de línea.

#### 4.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS

1. El uso de la Tecnología de Grupos puede estar dirigido hacia la eliminación de la duplicidad de diseño, hacia el uso de una creciente normalización o estandarización de componentes y a la reducción del tiempo de diseño, todo esto porque las características de las partes diseñadas tienden a alcanzar un nivel finito.
2. Es necesario una integración entre todos los departamentos de la compañía que está aplicando la Tecnología de Grupos, porque éstos tienen interrelaciones que deben ser mejoradas para obtener beneficios a nivel global y no individual por ejemplo: Diseño necesita del Departamento de Producción la información de las rutas de trabajo, si producción no las entrega o no las llena como debe de ser, (con toda la información actualizada y exacta) Diseño tiene problemas para realizar su trabajo. Estos problemas no sólo incumben al Departamento de Diseño sino a toda la compañía.
3. En la célula de Tecnología de Grupos el equipo se coloca en un agrupamiento que permite que las operaciones requeridas por una familia de partes se efectúe sin que éstas tengan que ser transportadas de departamento a departamento.
4. En la Tecnología de Grupos se recomienda el control de flujo en vez del control del inventario. Como lo que se busca en la T.G. es formar líneas de producción, obviamente el control de éstas es lineal.

5. Un sistema de producción por lotes con un enfoque de T.G. implica la agrupación de diferentes partes que se producen en lotes de diferentes tamaños pero siguiendo un flujo lineal de producción, minimizando todos los tiempos auxiliares y ociosos; logrando una eficiencia comparable a la de una línea de producción en masa pero manteniendo máxima flexibilidad.
  
6. Un objetivo de la Tecnología de Grupos es reducir sustancialmente el inventario en proceso y mejorar la capacidad de entrega por medio de la reducción de los tiempos totales. Esto es llevado a cabo por medio de la organización que puede parecer complicada por ser un gran número de diferentes componentes pero que en familias requieren procesos similares de manufactura.
  
7. Aunado a unos pocos principios fundamentales, el concepto de Tecnología de Grupos es en sí mismo sumamente simple, flexible y práctico.
  
8. La naturaleza inherente del layout de Tecnología de Grupos da mayor importancia al problema de la secuencia. Los sig temas de clasificación y codificación confinan las partes individuales a partes familiares. El layout se diseña de tal manera que cada parte de una familia es asignada a una célula de trabajo. La situación inevitable es que cada parte que es procesada en la célula fluye a través de

la mayoría de las máquinas, si no es que en todas, de una manera ordenada. Como las máquinas requeridas subsecuentemente son directamente adyacentes a las operaciones precedentes, el tiempo de transportación es mínimo y puede en términos prácticos ser considerado despreciable en el problema secuencial. El tiempo de espera para que una parte sea procesada a través de una estación de trabajo en particular se hace predecible y el control del proceso de manufactura se facilita.

#### 4.3 VENTAJAS POTENCIALES DE LA APLICACION DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS

##### A. En la Ingeniería del Diseño

1. Un sistema bien diseñado de clasificación y codificación proporciona un archivo para Ingeniería del Diseño que tiene información efectiva del diseño del producto y un sistema eficiente de obtención de datos.
2. Al haber una clasificación se enfatiza la estandarización de diseños funcionales y consecuentemente se evita duplicidad innecesaria en el diseño y en la variedad.
3. Un sistema eficiente de obtención de información racionaliza el diseño, lo cual resulta en un ahorro significativo del mismo, especialmente de

partes nuevas.

4. Se desarrolla un archivo de partes compuestas al formar familias de partes como ayuda en el diseño y desarrollo de nuevas partes compuestas.
5. Al utilizar un sistema de clasificación y codificación se proporcionará información para la evaluación de la capacidad productiva, "tips" de productividad, métodos de Ingeniería.
6. Los grupos de familias de partes ayudan a identificar partes que serían compradas, fabricadas o ensambladas ventajosamente.
7. Los cambios de Ingeniería serían incorporados más fácilmente al sistema.
8. Los sistemas avanzados de clasificación y codificación pueden ser fácilmente parte integral de un diseño generativo ayudado por computadora.
9. Al evitar la duplicidad y motivar la estandarización la T.G. ayuda a evitar el costo de nuevas partes. Al no diseñar nuevas partes, se evitan to dos los cargos requeridos por un nuevo número de partes: el tiempo de diseño de la parte, tiempo de

documentación, tiempo de proceso de la parte, tiempo para diseñar el maquinado, tiempo de medición del trabajo, tiempo de contabilidad y el tiempo de control de la producción.

10. El diseñador puede consultar todos los diseños similares previos para comparar, modificar, eliminar o simplemente para ayudarse en su diseño.
11. Al diseñar un maquinado flexible para una familia de partes se pueden producir todas las partes con un mínimo de cambios en el maquinado y un mínimo costo por pieza.

#### B. En la Planeación y Control de la Producción

1. Un sistema bien diseñado de clasificación y codificación proporcionará la rápida y confiable obtención de las rutas de trabajo para todo tipo de partes y ensambles y las rutas estándares de las familias de partes.
2. Las rutas estándares de las familias de partes llevan a un diseño efectivo de grupos de herramientas para grupos de familias.
3. Los archivos de familias de partes proporcionan información básica necesaria para la planeación

computarizada de procesos.

4. El control de la producción puede simplificarse y llevarse a cabo efectivamente bajo un medio ambiente de T.G.
5. La programación de la Producción se simplifica enormemente al programar grupos de células para el procesamiento de familias de partes.
6. Se reduce el inventario en proceso debido a un transporte entre procesos más cortos y menos tiempo de espera obtenido al utilizar los métodos de programación de grupos.
7. La aplicación correcta de los métodos de programación en grupos dan por resultado una reducción del tiempo total de producción.
8. La programación adecuada de los grupos de familias de partes asegura alcanzar a tiempo las fechas de entrega, así logrando una mejora en la posición competitiva de la compañía, asegurando entrega rápida y mejores relaciones con los clientes.
9. El uso de programación integrada de grupos junto con la planeación de los requerimientos de material (PRM) implica un control más efectivo de la planea-

ción de la producción y del inventario y así un me  
jor balance de inventario.

10. Se obtiene una reducción del capital de trabajo al disminuir el inventario de piezas en proceso.
11. La preparación más eficiente de las máquinas por medio de los agrupamientos de familias de partes y grupos/células de máquinas proporciona una base para la justificación económica del herramientaje para las máquinas.
12. Generalmente mejora el uso hombre/máquina con la aplicación de la Tecnología de Grupos.
13. A través del uso de las células de manufactura se reducen el inventario de productos en proceso o no terminados, el tiempo total del proceso y el tiempo de montar y desmontar las piezas. Por lo tanto la productividad se incrementa en general.
14. Se simplifica el flujo de trabajo y disminuye el manejo de materiales.
15. Se reducen las horas-hombre y el papeleo de costos y de Control de la Producción.

16. Se puede planear con mucha más exactitud los tiempos porque se pueden traslapar operaciones en las células/grupos y los movimientos de material pueden hacerse en sublotos.
17. Se mejora el tiempo de entrega puesto que el maquinado y ensamble puede llevarse a cabo justo antes de la fecha requerida. Esto da como resultado menos merma de producción y menos inventario de producto terminado.
18. Se minimiza el tiempo muerto de la maquinaria.
19. Se puede maximizar el tiempo de utilización de la maquinaria.
20. Al desarrollar un sistema computarizado de diseño se acelera el proceso desde el diseño hasta su producción.

### C. Producción

1. Un sistema de clasificación y codificación y/o un análisis del flujo de producción proporcionan información significativa para formar los grupos/células de máquinas para las familias de partes, con el resultado de mejorar las oportunidades de métodos de producción eficiente.

2. Los agrupamientos de familias de partes proporcionan información para mejorar la distribución de planta.
3. La distribución celular de las máquinas puede mejorar el uso del espacio disponible.
4. El agrupamiento de máquinas o la formación de células para el procesamiento de familias de partes proporciona una línea de flujo que reduce el transporte y el tiempo de espera durante el proceso.
5. El concepto de componente-compuesta para familias de partes proporciona la base para el diseño de herramientas de grupo y preparación, para el agrupamiento de células de máquinas y la programación de las familias de partes.
6. Usar la agrupación de herramientas para procesar las familias de partes reduce grandemente la preparación total de una familia.
7. El tiempo de producción actual puede ser reducido con el uso efectivo de métodos de agrupación de herramientas.
8. Algunos reportes de aplicación de T.C. han indicado un 35% de reducción en el tiempo total de

maquinado, un 50% de incremento en las piezas producidas por hora-hombre y un 20% de reducción en el área de la planta productiva.

9. El costo de las herramientas puede reducirse significativamente diseñando grupos de herramientas.
10. Los agrupamientos en familias de partes y la programación adecuada de grupos puede hacer factible económicamente, el uso de equipo automático sofisticado, máquinas de control numérico y centros de maquinado al mejorar la eficiencia de la preparación de las máquinas.
11. Las partes adaptables a centros de máquinas de control numérico y centros de maquinado multiestación pueden ser identificadas con el archivo de familias de partes.
12. La aplicación de T.G. permite operaciones más eficientes de sistemas de producción multiestación con centros de maquinado de control numérico y robots industriales.
13. Se obtiene un ahorro en el tiempo de colocación de las partes del orden del 20 al 60%

14. Mayor exactitud en los registros o estadísticas de los inventarios teniendo mejor control de las piezas.

#### D. Administración y aspecto humano

1. Los sistemas integrados que se obtienen mediante la aplicación de T.G. estimulan una cooperación más efectiva entre los departamentos de la compañía.
2. La supervisión del grupo puede ser más efectiva puesto que el supervisor tiene conocimiento inmediato del estado de los trabajos del grupo.
3. Los trabajadores de una célula tienden a ser más conscientes y a tener mejor conocimiento de las operaciones requeridas, del flujo de trabajo y del estado del proceso. Esto conduce a mejorar la calidad y la eficiencia, comparando con las operaciones convencionales.
4. Se mejoran las relaciones industriales con un sistema de producción en grupo lo que puede ofrecer mayor satisfacción en el trabajo.
5. Los costos se reducirán como resultado de un mejor aprovechamiento del trabajo de los empleados, mejor utilización de la maquinaria y el espacio.

6. Una aplicación apropiada del concepto de T.G. proporciona justificación económica de la nueva inversión.
7. Al formar grupos de familias se pueden reducir las variedades de partes compradas y de materiales.
8. En el primer periodo del desarrollo de la T.G. la computadora puede utilizarse extensivamente, sin embargo después de este periodo su uso será mínimo, excepto cuando se necesite un cambio extensivo en el agrupamiento de familias. Esto significa que la T.G. es practicable en pequeños talleres sin computadora.

#### 4.4 POSIBLES DESVENTAJAS DE LA APLICACION DE TECNOLOGIA DE GRUPOS

1. Se requiere una gran cantidad de tiempo y trabajo para implementar y mantener un sistema de clasificación y codificación.
2. Se puede necesitar personal adicional para operar y mantener un sistema de clasificación y codificación.
3. El costo de reorganizar los diseños y expedientes para ajustarlos al nuevo sistema de clasificación y codificación puede ser muy alto y requerir de mucho tiempo.

4. Los sistemas actuales de clasificación y codificación pueden no satisfacer las necesidades y todos los aspectos de las operaciones de la compañía, por lo tanto puede ser necesario complementar el sistema actual con otros sistemas de claves o desarrollar un sistema nuevo.
5. Al cambiar los diseños puede ser necesario cambiar las claves existentes lo que podría afectar inadvertidamente otras actividades relacionadas con las claves.
6. El balance de carga de todas las máquinas dentro del grupo es difícil.
7. Puede existir una reducción en la eficiencia global debido a un mal balance de la carga de máquinas.
8. Si se descompone una máquina todo el grupo se detiene. Esto quiere decir que el grupo tiene menor flexibilidad para responder a cambios inesperados.
9. Cuando existen cambios en los métodos de producción y en las cantidades de producción pueden ser necesarios cambios o reajustes del grupo o célula lo que puede ser muy costoso.
10. Se puede incurrir en costos muy grandes al reorganizar la distribución de planta para introducir los grupos.

11. La utilización óptima de hombre-máquina en los grupos no siempre es posible.
12. Existen limitaciones en el confiar en la información existente de producción y de las rutas de trabajo para formar las familias de partes;

#### 4.5 CUADRO COMPARATIVO DE LA DISTRIBUCION FUNCIONAL, POR GRUPOS Y DE LINEA

A continuación se presenta un cuadro resumen de las características de los diferentes tipos de distribución de la planta,

CARACTERISTICAS	TIPO DE DISTRIBUCION DE PLANTA		
	FUNCIONAL	GRUPOS	LINEA
1. Especialización	Por proceso	Por tipo de partes	Por tipo de partes
2. Flujo de materiales entre máquinas	En lotes	Casi continuo	Continuo
3. Tiempo total de principios a fin de los materiales	Largo	Corto	Más corto
4. Inventario de producto en proceso o no terminado	Alto	Bajo	Más bajo
5. Responsabilidad de la calidad	Muchos encargados/pieza	Un encargado/pieza	Un encargado/pieza
6. Responsabilidad de la entrega en la fecha	Muchos encargados/pieza	Un encargado/pieza	Un encargado/pieza
7. Inversión en herramienta especial	Alta: un equipo por parte/operación	Baja: Un equipo por familia de partes	Alta: Un equipo por línea una pza/línea
8. Inversión en edificios	Alta	Más baja	Más baja
9. Control del flujo de materiales	Complejo	Simple	Más simple

## 5. EJEMPLO DE APLICACION

### 5.1 INTRODUCCION

Dentro de este capítulo se desarrollará un ejemplo de aplicación de las técnicas de T.G. y se verán todos aquellos conceptos que de forma teórica se han estado manejando en capítulos anteriores.

Se persigue con esto que al lector le queden claros cuáles son y de qué forma se pueden llevar a cabo cada uno de los pasos para lograr llegar con éxito a la aplicación de esta nueva filosofía, hasta ahora poco conocida en un país como el nuestro

Aún cuando la extensión del enfoque de la T.G. abarca muchas áreas (Diseño, Planeación, Control de la Producción, Inventarios, Distribución de Planta, Producción, etc.), en este ejemplo sólo se aplicará la T.G. en el área de Producción, por resultar ésta la manera más clara de demostrar las técnicas de que hace uso la T.G.

En el ejemplo de aplicación, que a continuación se describe, se toman en cuenta los pasos más importantes para la aplicación de la T.G. en los talleres de producción intermitente. Primero se verá el análisis de los componentes, después la formación de los grupos de máquinas y finalmente la nueva distribución de la planta productiva como resultado del enfoque de la Tecnología de Grupos, así como la planeación y programación de los trabajos en las células o grupos de máquinas.

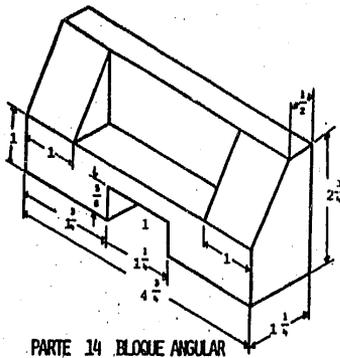
## 5.2 DESARROLLO DEL EJEMPLO

En el presente ejemplo se ha supuesto que la aplicación de la Tecnología de Grupos se lleva a cabo en un taller de producción intermitente, que se dedica a la fabricación de ciertas piezas para máquinas-herramienta.

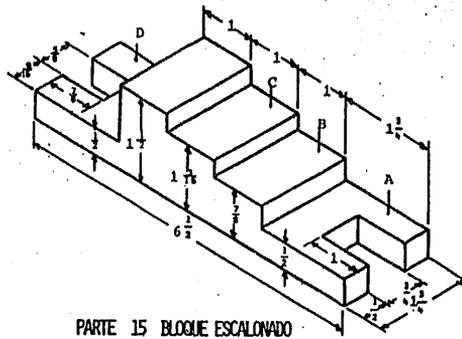
La descomposición de las piezas en sus partes elementales es el punto de partida para el desarrollo del ejemplo de aplicación de la Tecnología de Grupos en el taller (Figura 1).

Los tiempos de procesamiento de las partes, necesarios para determinar la cantidad de máquinas de las células (inciso 5.2.3.1), se encuentran en la tabla de la Figura 31 en este capítulo.

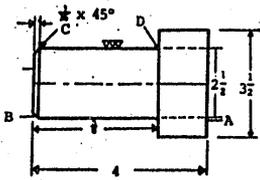




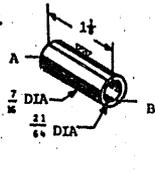
PARTE 14 BLOQUE ANGULAR



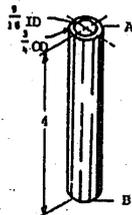
PARTE 15 BLOQUE ESCALONADO



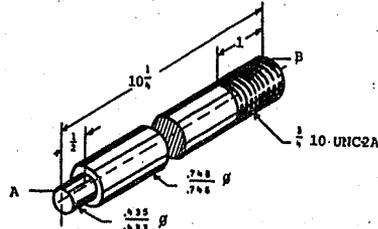
PARTE 16 PERNO



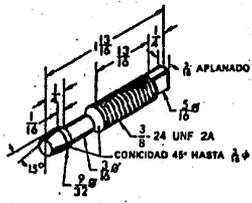
PARTE 17 BUJE



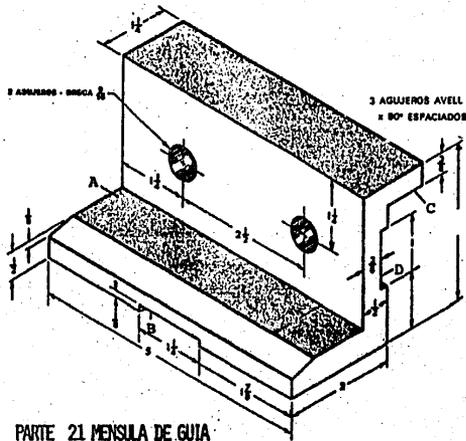
PARTE 18 EJE



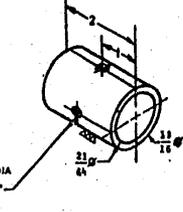
PARTE 19 VARILLA DE GUIA



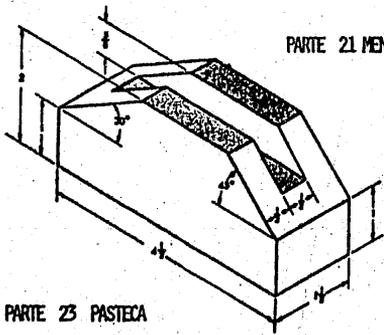
PARTE 22 VALVULA



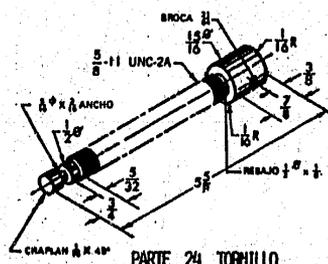
PARTE 21 MENSULA DE GUIA



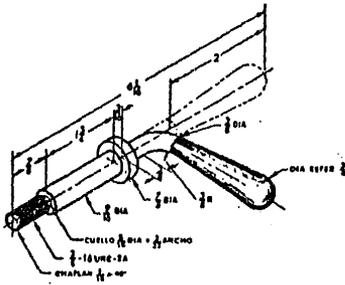
PARTE 20 PRISIONERO



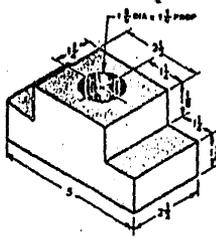
PARTE 23 PASTERCA



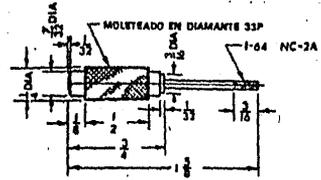
PARTE 24 TORNILLO



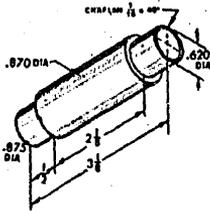
PARTE 25 MANIJA



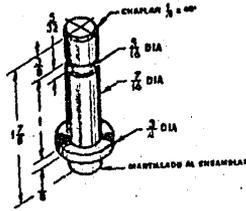
PARTE 26 PORTATINTERO



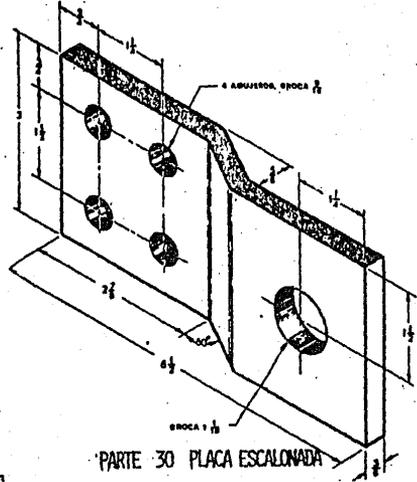
PARTE 27 MANGO



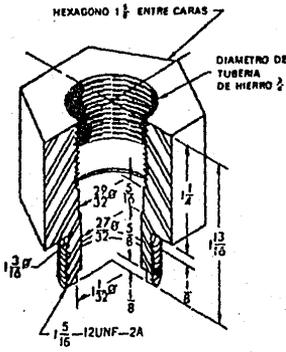
PARTE 28 EJE



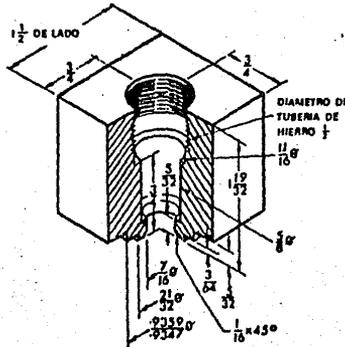
PARTE 29 EJE



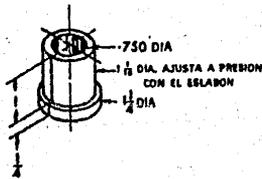
PARTE 30 PLACA ESCALONADA



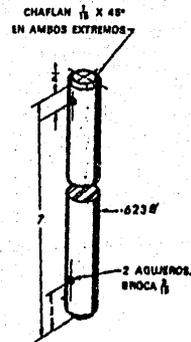
PARTE 31 TAPA



PARTE 32 TAPA



PARTE 34 BUE



PARTE 33 EJE

Una vez que se vió cuáles componentes se van a producir, procedemos al primer paso para la aplicación de la T.G. que es:

### 5.2.1 Análisis de los componentes para la formación de Familias

Como se vió en el capítulo 3 existen tres métodos para llevar a cabo este primer paso; se tratará por medio del ejemplo que éstos queden bien ilustrados. Tales métodos son:

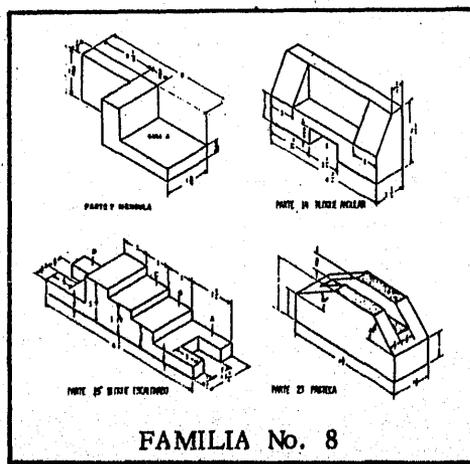
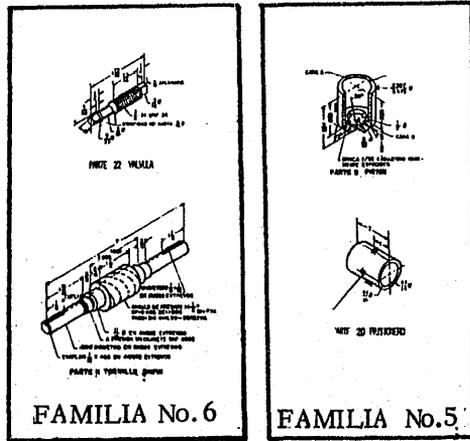
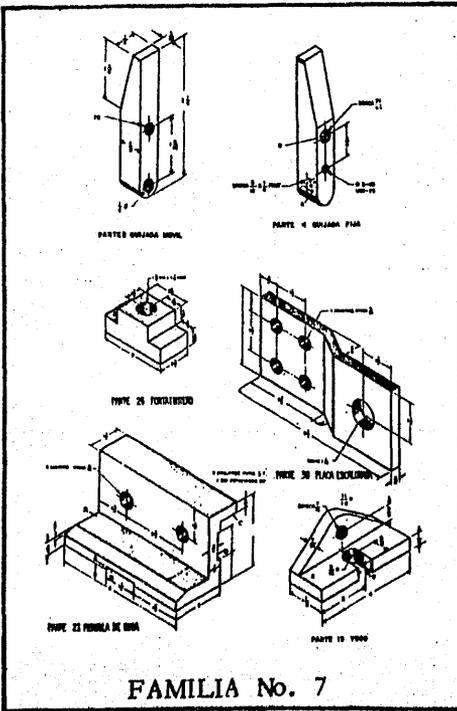
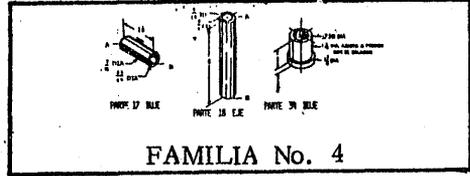
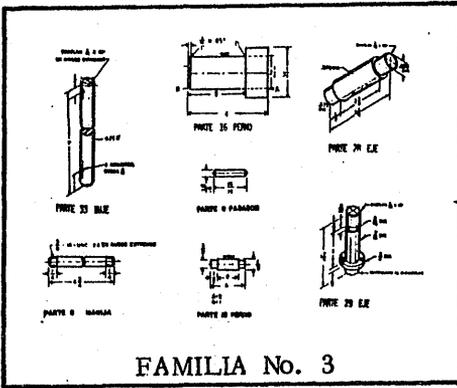
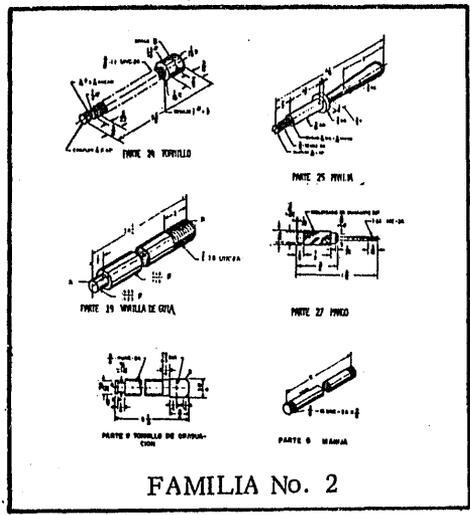
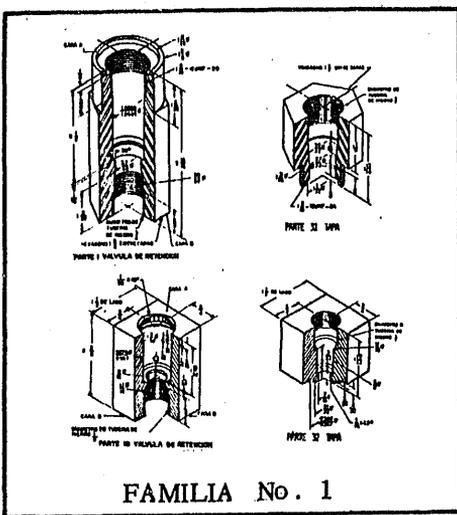
1. Búsqueda visual
2. Clasificación y codificación
3. Análisis del flujo de producción (PFA)

#### 5.2.1.1 Búsqueda Visual

Ya reunidas las partes a producir en el taller se analizaron las piezas, tomando en cuenta sus similitudes en cuanto a forma. De esta búsqueda visual se obtuvieron las siguientes familias de partes (Figura 2):

Familia	Partes
1	1, 10, 31, 32
2	19, 24, 6, 27, 9, 25
3	33, 28, 29, 16, 8, 12, 5
4	17, 18, 34
5	20, 3
6	11, 22
7	2, 4, 30, 13, 21, 26
8	23, 15, 14, 7

Figura 2 Familias obtenidas a través de Búsqueda Visual



### 5.2.1.2 Sistema de clasificación y codificación

Se procede a codificar cada una de las partes a fabricar. Para esto se remite al apéndice en donde aparecen las tablas de dos sistemas de codificación ya existentes, éstos son: Opitz, KC-I. Se basó el ejemplo en el sistema KC-I aunque esto no quiere decir que sea el mejor.

Existen otros en el mercado y aún el mismo lector puede llegar a establecer un sistema de codificación que se ajuste a sus necesidades.

De acuerdo a las tablas del sistema KC-I que se encuentran en el apéndice se analizarán cada una de las partes<sup>1</sup> de la siguiente manera (Figura 3):

<sup>1</sup> Las dimensiones de las partes de la figura 1, se convirtieron del sistema inglés a decimal

### CODIFICACION DE PARTES

NOMBRE DE LA PARTE : Eje (parte 28)

MATERIAL : Acero laminado en frío

OPERACIONES : Torneado

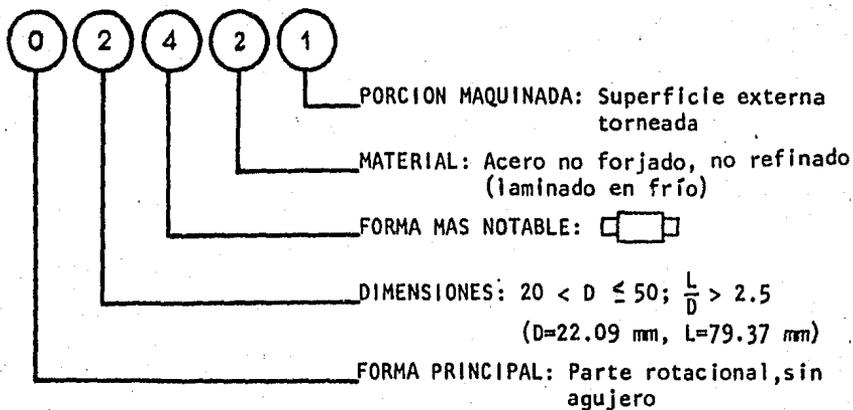
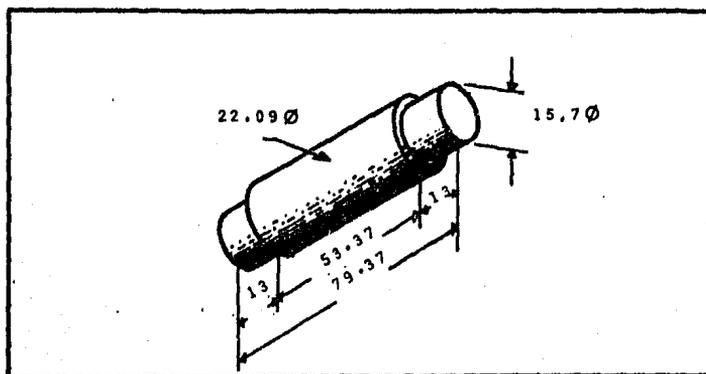


Figura 3 Análisis de la codificación de una parte por el sistema de clasificación y codificación KC-1

La codificación de acuerdo al sistema KC-I es:

Parte No.	Clave	Parte No.	Clave
1	31030	18	20020
2	74320	19	00031
3	21088	20	21038
4	74320	21	40330
5	00420	22	00830
6	00038	23	70020
7	70030	24	02438
8	00030	25	00820
9	00820	26	70320
10	31030	27	00438
11	50431	28	02421
12	00438	29	00430
13	70330	30	74320
14	74030	31	31030
15	74030	32	31030
16	05030	33	00020
17	20068	34	21038

Ahora viene el agrupar a estas partes dentro de familias. Para poder realizar esto se tienen que establecer criterios de acuerdo a nuestras necesidades.

Basándose en las tablas se establecen los siguientes diagramas que muestran de una manera más clara los criterios que se usaron.

El primer paso es observar qué información nos reporta el primer dígito; éste nos muestra información en

cuanto a la forma principal de la parte, esto es:

Forma principal	Números
Partes rotacionales	0 al 4
Partes rotacionales con engrane	5 y 6
Barra cuadrada, placa, barra redonda y forma combinada	7
Partes con forma hueca	8
Otras formas	9

Se ve que el primer dígito nos dice que el primer grupo pertenece a un elemento de forma principal rotacional.

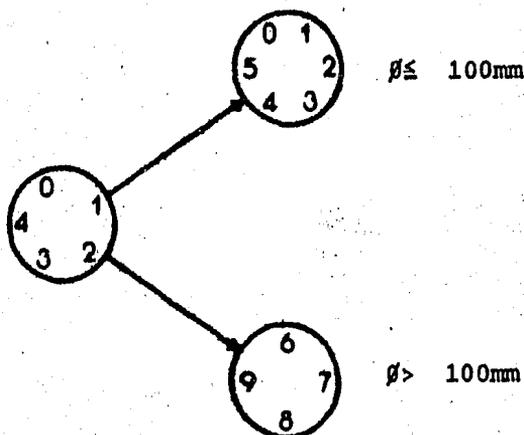


#### ELEMENTOS DE FORMA PRINCIPAL ROTACIONAL

El segundo dígito informa de 2 dimensiones de la parte que son; el diámetro y la relación L/D que a grandes rasgos dirá si el elemento es robusto, delgado, largo, corto, etc. De estas dos medidas se utiliza el diámetro para poder establecer 2 caminos:

Díámetro	Números
$\varnothing \leq 100$ mm	0 al 5
$\varnothing > 100$ mm	6 al 9

si el  $\varnothing \leq 100$  mm seguirá un cierto camino la parte y si el  $\varnothing > 100$ mm seguirá otro camino. El porqué de este criterio es debido a que dependiendo del diámetro se requerirá para la manufactura de las piezas un torno de menor o mayor volteo. Esquemáticamente los dos caminos quedan.



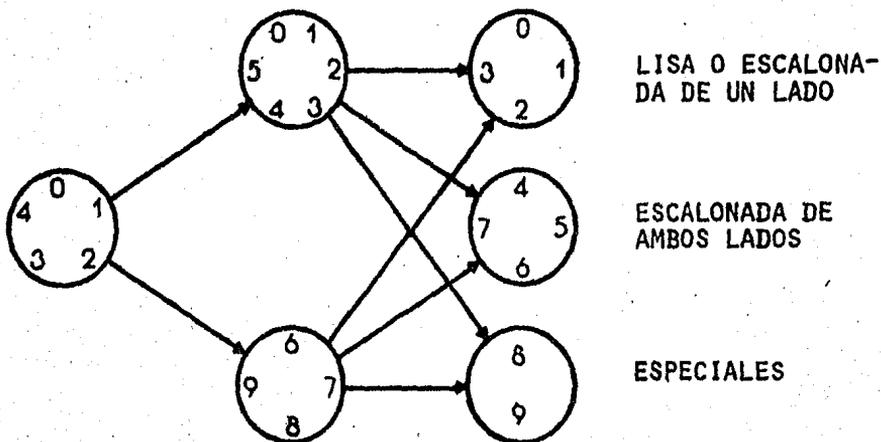
Ahora el tercer dígito indica la forma más notable que tiene la parte.

Para nuestros fines es recomendable tomar en cuenta las siguientes divisiones:

Forma más notable	Números
Lisa o escalonada de un lado	0 al 3
Escalonada de ambos lados	4 al 7
Especiales	8 y 9

El criterio utilizado es debido al proceso de maquinado de las partes.

Por consiguiente nuestro diagrama queda:

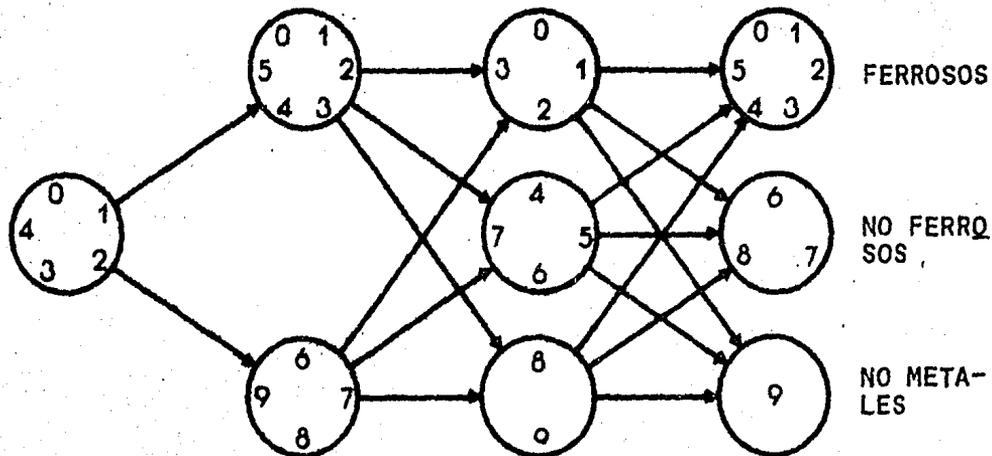


El cuarto dígito nos indica el material de que está constituida cada parte, aquí adoptamos el criterio de dividir las partes por el tipo de material que las forman quedando la división en:

Materiales	Números
Ferrosos	0 al 5
No ferrosos	6 al 8
No metales	9

Esta división se debió a que las características de la herramienta de corte, así como las condiciones de maquinado (velocidad, profundidad de corte, etc.) dependerán del tipo de material.

Por lo tanto nuestro diagrama queda:

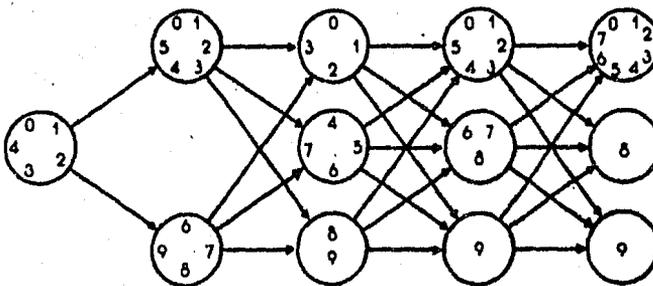


Por último el quinto dígito nos muestra si la parte lleva porción maquinada con alta precisión. El criterio empleado para esta última división, se basa en la

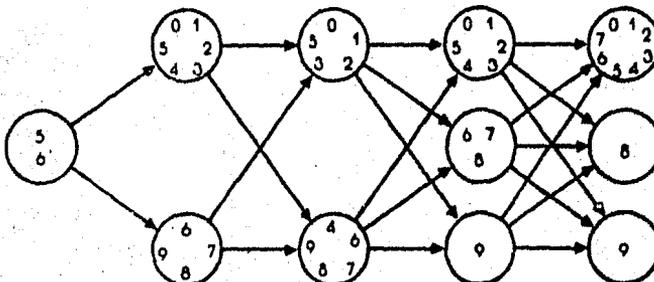
selección de la máquina utilizada para dar el acabado final.

Acabado final	Números
Con la misma máquina	0 al 7
Rectificadora	8
Procesos especiales	9

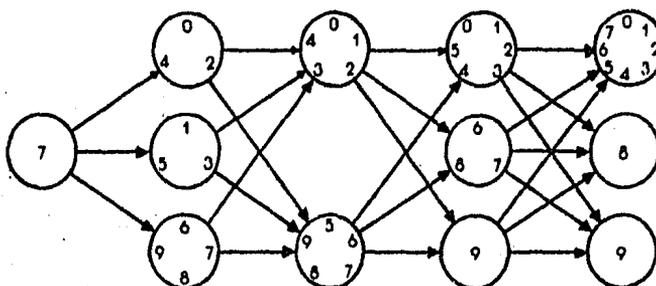
Finalmente nuestro diagrama queda:



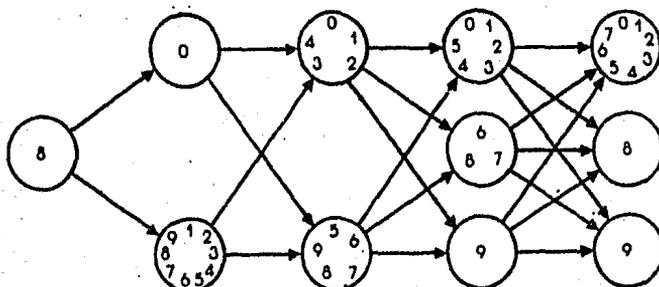
De la misma manera se puede formar un segundo diagrama, pero ahora tomando en cuenta los posibles "caminos" que puedan tomar las partes rotacionales con engranes, éste es:



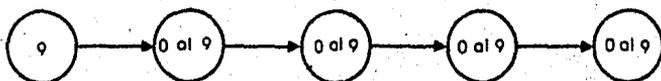
También se forma un diagrama de los posibles "caminos" que puedan seguir las partes que tienen forma de barra cuadrada, placa, barra redonda y forma combinada, obteniendo:



Igualmente, otro diagrama está formado por los diferentes "caminos" que puedan tomar las partes con forma hueca, el cual es:



Finalmente, si alguna de las partes a fabricar no entró en ninguna de las clasificaciones anteriores, se forma entonces, el último diagrama:



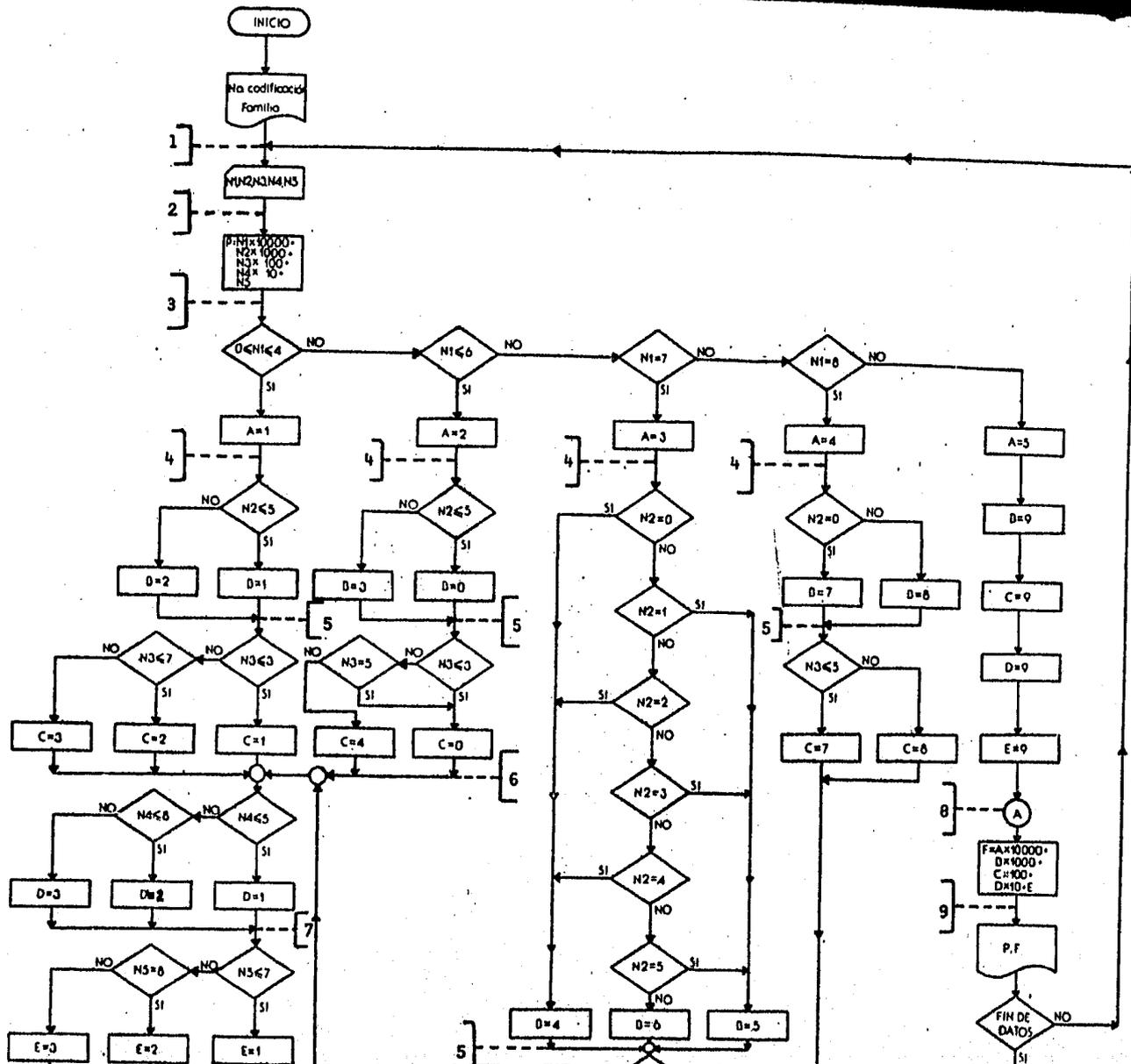
Las partes que sigan este último camino, no se podrán manufacturar dentro del taller.

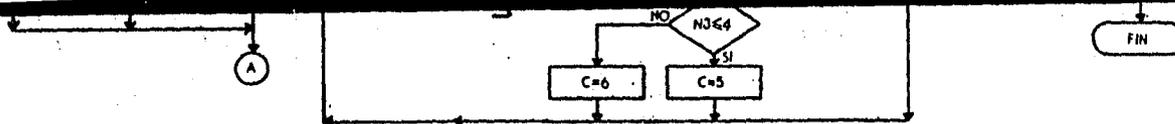
Cada uno de los caminos encontrados en los diagramas corresponden a una familia, de esta manera las partes que sigan el mismo recorrido pertenecerán a una familia.

El total de "caminos" o familias que se pueden obtener con estos diagramas son:

54	en el primero
36	en el segundo
54	en el tercero
36	en el cuarto
1	en el quinto

Haciendo un total de 181 familias que pueden ser formadas. Como el seguir a cada una de las partes en los diagramas puede resultar muy tardado y más aún como se manejan gran cantidad de partes se puede caer en errores, se hizo un programa de computadora al cual se le da como información la codificación de cada una de las partes y éste se encarga de etiquetar a cada dígito de acuerdo al camino que siga; de ésta manera al final, el programa nos dice el número de parte que es y la clave de la familia a la cual pertenece. A continuación presentamos el Diagrama de Flujo, codificación y resultado de la corrida del programa (Figuras 4, 5 y 6):





### COMENTARIOS

- 1 Lectura de los cinco dígitos que componen la codificación de cierta parte
- 2 Por facilidad de lectura se forma "P" que es la codificación de cierta parte
- 3 Análisis del primer dígito y etiquetado del camino seguido (letra A)
- 4 Análisis del segundo dígito y etiquetado del camino seguido (letra B)
- 5 Análisis del tercer dígito y etiquetado del camino seguido (letra C)
- 6 Análisis del cuarto dígito y etiquetado del camino seguido (letra D)
- 7 Análisis del quinto dígito y etiquetado del camino seguido (letra E)
- 8 Por facilidad de lectura se forma "F" con los valores que las etiquetas tomaron o "caminos" que tomó la codificación durante el proceso
- 9 Al finalizar el programa tenemos por un lado a los números "P" que son las codificaciones de las partes y por otro a los números "F" que son los "caminos" de las codificaciones a través del proceso; las partes cuyos correspondientes caminos (números "F") sean iguales pertenecerán a una misma familia de producción.

Figura 4 Diagrama de Flujo

```

10 PRINT "NUMERO DE LA","CODIFICACION","CLAVE DE LA"
15 PRINT "PARTE"," ", "FAMILIA"
17 PRINT " "
18 FOR I=1 TO 35
19 READ N1,N2,N3,N4,N5
20 F=N1*10000+N2*1000+N3*100+N4*10+N5
25 IF N1 BE 0 THEN GO TO 65
30 GO TO 900
35 IF N1 LE 4 THEN GO TO 70
40 GO TO 360
45 B=1
50 IF N2<=5 THEN GO TO 110
55 U=2
60 GO TO 120
65 B=1
70 IF N3<=3 THEN GO TO 160
75 IF N3<=7 THEN GO TO 180
80 U=3
85 GO TO 190
90 C=1
95 GO TO 190
100 C=2
105 IF N4<=5 THEN GO TO 230
110 IF N4<=8 THEN GO TO 250
115 U=3
120 GO TO 260
125 B=1
130 GO TO 260
135 B=2
140 IF N5<=7 THEN GO TO 300
145 IF N5<=8 THEN GO TO 320
150 U=3
155 GO TO 330
160 B=1
165 GO TO 330
170 F=2
175 F=A*10000+B*1000+C*100+D*10+E
180 PRINT I,F,F
185 NEXT I
190 IF N1<=5 THEN GO TO 470
195 B=2
200 IF N2<=5 THEN GO TO 400
205 B=3
210 GO TO 410
215 B=0
220 IF N3<=3 THEN GO TO 450
225 IF N3<=5 THEN GO TO 450
230 C=4

```

```

440 GO TO 460
450 C=0
460 GO TO 190
470 IF N1>7 THEN GO TO 650
480 A=3
490 IF N2=0 THEN GO TO 570
500 IF N2=1 THEN GO TO 590
510 IF N2=2 THEN GO TO 570
520 IF N2=3 THEN GO TO 590
530 IF N2=4 THEN GO TO 570
540 IF N2=5 THEN GO TO 590
550 B=6
560 GO TO 600
570 B=4
580 GO TO 600
590 B=5
600 IF N3<=4 THEN GO TO 630
610 C=6
620 GO TO 640
630 C=5
640 GO TO 190
650 IF N1>8 THEN GO TO 760
660 A=4
670 IF N2=0 THEN GO TO 700
680 B=8
690 GO TO 710
700 B=7
710 IF N3<=5 THEN GO TO 740
720 C=8
730 GO TO 750
740 C=7
750 GO TO 190
760 A=5
770 B=9
780 C=9
790 D=9
800 C=9
810 IF I<=35 THEN GO TO 330
815 GO TO 900
820 DATA 3,1,0,3,0,7,4,3,2,0,2,1,0,8,8,7,4,3,2,0,0,0,4,2,0,0,0,0,3,8
830 DATA 7,0,0,3,0,0,0,0,3,0,0,0,8,2,0,3,1,0,3,0,5,0,4,3,1,0,0,4,3,8
840 DATA 7,0,3,3,0,7,4,0,3,0,7,4,0,3,0,0,5,0,3,0,2,0,0,6,8,2,0,0,2,0
850 DATA 0,0,0,3,1,2,1,0,3,8,7,0,3,3,0,0,0,8,3,0,7,0,0,2,0,0,2,4,3,8
860 DATA 0,0,8,2,0,7,0,3,2,0,0,0,4,3,8,0,2,4,2,1,0,0,4,3,0,7,4,3,2,0
870 DATA 3,1,0,3,0,3,1,0,3,0,0,0,0,2,0,2,1,0,3,8,-5,0,0,0,0,0
900 END

```

Figura 5 Codificación del programa computacional

#RUNNING 5323		CODIFICACION	CLAVE DE FAMILIA	Familia									
NUMERO DE LA PARTE				1	2	3	4	5	6	7	8		
1		31030	11111	→ 1									
2		74320	34511										→ 2
3		21030	11122		→ 3								
4		74320	34511										→ 4
5		420	11211				→ 5						
6		38	11112			→ 6							
7		70030	34511										→ 7
8		30	11111	→ 8									
9		820	11311						→ 9				
10		31030	11111	→ 10									
11		50431	20411							→ 11			
12		438	11212					→ 12					
13		70330	34511										→ 13
14		74030	34511										→ 14
15		74030	34511										→ 15
16		5030	11111	→ 16									
17		20048	11122		→ 17								
18		20020	11111	→ 18									
19		31	11111	→ 19									
20		21030	11112			→ 20							
21		70330	34511										→ 21
22		830	11311						→ 22				
23		70020	34511										→ 23
24		2438	11212					→ 24					
25		820	11311						→ 25				
26		70520	34511										→ 26
27		438	11212					→ 27					
28		2421	11211				→ 28						
29		430	11211				→ 29						
30		74320	34511										→ 30
31		31030	11111	→ 31									
32		31030	11111	→ 32									
33		20	11111	→ 33									
34		21030	11112			→ 34							
401-1:01-3 PT-0.2 IO=0.1 "camino" seguido:				11111	11122	11112	11211	11212	11311	20411	34511		

Figura 6 Corrida del programa y agrupamiento de las partes en familias

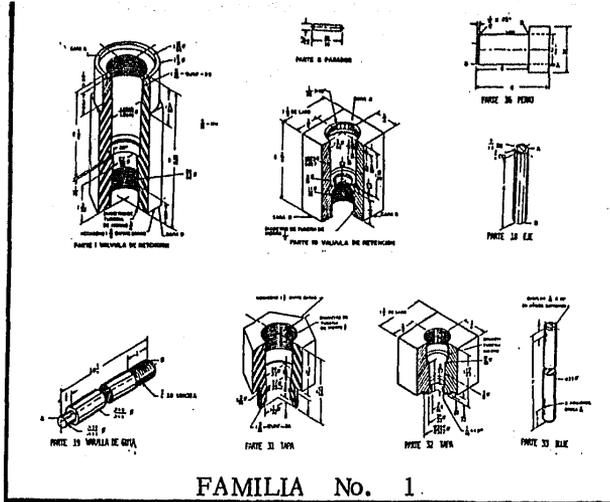
En la figura anterior se muestra la "corrida del programa computacional". Las tres primeras columnas son los resultados de dicho programa e indican el número, codificación y clave de la familia (camino seguido) de cada parte o componente; las columnas restantes son las diferentes familias que se forman. Existen tantas familias como claves o "caminos" distintos.

Para comprender el agrupamiento de las partes, basta con seguir cada flecha punteada en la misma figura seis. Estas flechas indican a qué familia corresponde cada parte. Así las que tienen igual clave de familia o camino seguido, pertenecen a la misma.

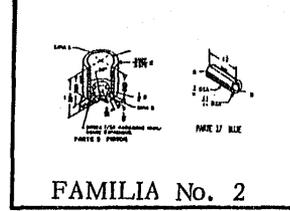
Finalmente, mediante el Sistema de Clasificación y Codificación KC-1 y utilizando el programa computacional elaborado, se obtuvieron las siguientes familias de partes (figura 7).

Familia	Partes
1	1, 8, 10, 16, 18, 19, 31, 32, 33
2	3, 17
3	6, 20, 34
4	5, 28, 29
5	12, 24, 27
6	9, 22, 25
7	11
8	2, 4, 7, 13, 14, 15, 21, 23, 26, 30

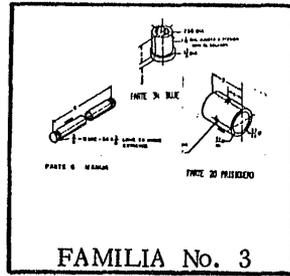
Figura 7 Familias obtenidas a través del Sistema de clasificación y codificación



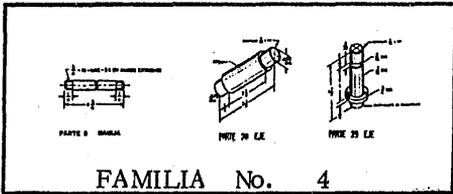
FAMILIA No. 1.



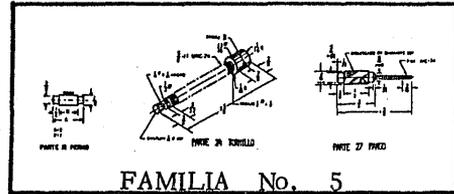
FAMILIA No. 2



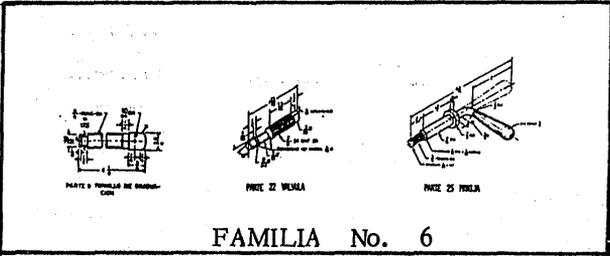
FAMILIA No. 3



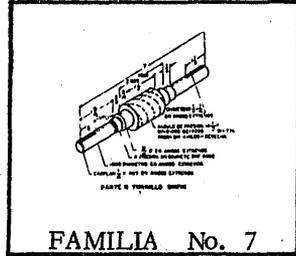
FAMILIA No. 4



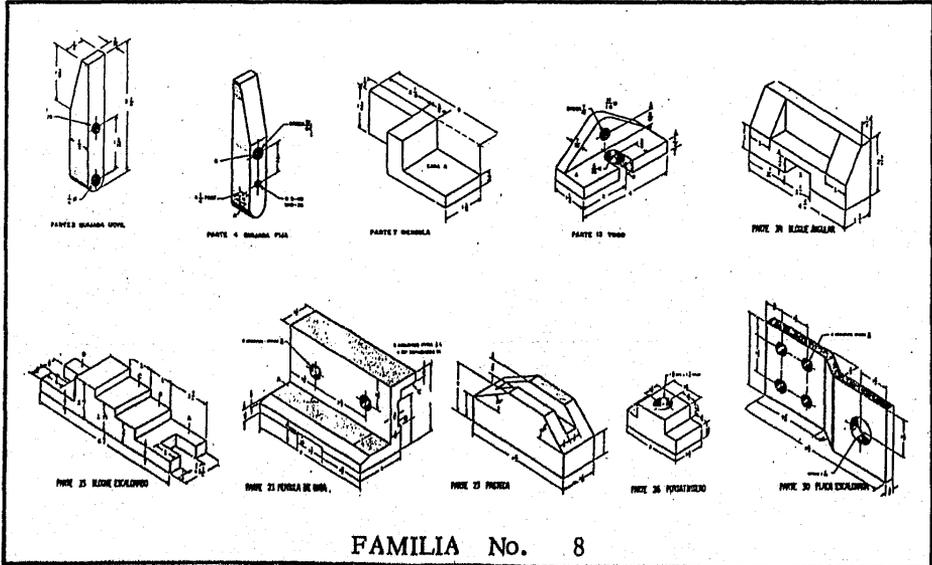
FAMILIA No. 5



FAMILIA No. 6



FAMILIA No. 7



FAMILIA No. 8

### 5.2.1.3 Análisis del Flujo de Producción (PFA)

Como primer paso de esta técnica, desarrollada por J.L. Burbidge, es necesario contar con la información confiable contenida en las rutas de trabajo de cada una de las partes que se manufacturan dentro del taller. Para el ejemplo, se elaboraron las rutas de trabajo de las treinta y cuatro partes involucradas.

La información que contienen las rutas de trabajo es: nombre y figura de la parte, operaciones a efectuar para su fabricación, máquinas y herramientas requeridas; todas las rutas de trabajo tienen el formato que se muestra en la figura 8. Las rutas de las treinta y cuatro partes citadas, se encuentran en el apéndice.

De todas las rutas de trabajo, se obtuvo la información necesaria para formar la Matriz de Burbidge, que es el segundo paso en el desarrollo de esta técnica.

RUTA DE TRABAJO			
PARTE 1 Válvula de retención			
No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel-cromo-molibdeno SAE 8620 en barra cuadrada $1\frac{1}{4} \times 4$ " de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Montar en el torno y refrentar a $3\frac{11}{16}$ "	Torno de 9" volteo	Buril de $\frac{1}{4}$ "
3	Hacer agujero a $2\frac{7}{16}$ " $\phi$ a todo lo largo de la pieza	2	Caberal móvil
4	Hacer desbaste al $1\frac{1}{8}$ " $\phi$ x $1\frac{1}{2}$ " de largo en cara A	2	2
5	Hacer agujero al $1\frac{1}{4}$ " $\phi$ x $2\frac{1}{2}$ " de largo en cara A	2	3
6	Rebajar a $1\frac{11}{16}$ " $\phi$ en diámetro interior a $\frac{1}{8}$ " de profundidad, en cara A	2	2
7	Roscado de la rosca interior a $1\frac{1}{4}$ -12 UNF-2B en cara A a $\frac{1}{8}$ " de profundidad a partir del rebaje anterior	2	Macho de roscar (varilla giramachos)
8	Voltear pieza	2	-
9	Hacer agujero de $2\frac{11}{16}$ " $\phi$ x $1\frac{1}{16}$ " de largo en cara B	2	3
10	Roscado de la rosca interior a $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " de largo	2	7
11	Desbastar caras hexagonales a $1\frac{1}{8}$ " entre caras	Fresadora vertical	Fresa de vástago
12	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier calibre de profundidad y calibre macho de roscas

Figura 8 Ruta de Trabajo

Matriz de Burbidge :

Para la formación de esta matriz, se analiza el tipo de máquinas existentes y rutas de trabajo de los componentes de la siguiente forma:

- 1 Se enlistan los tipos de máquinas existentes en el taller.

- 2 De la ruta de trabajo, se obtiene la información de qué máquinas son necesarias para la fabricación del componente.
- 3 Se elabora la matriz con la información anterior relacionando cada una de las partes con las máquinas necesarias para producirlas, esto es :

PARTE NO MÁQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
TALADRO		✓	✓	✓					✓				✓								✓	✓			✓	✓				✓			✓		
FRESADORA	✓	✓		✓			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
TORNO	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RECTIFICADORA		✓			✓							✓				✓					✓					✓	✓							✓	
SIERRA HORIZ.	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Figura 9 Matriz de Burbidge antes de la reordenación

Considerando, la matriz de Burbidge anterior, así como las máquinas con que cuenta el taller (4 tornos, 3 taladros, 3 rectificadoras, 3 sierras y 3 fresadoras), se puede hacer una reordenación de la matriz, de modo que las partes que requieran para su fabricación el uso del mismo tipo de máquinas, se pueden agrupar en una misma familia. Esto quiere decir que las familias estarán formadas por partes que tienen un proceso de fabricación muy parecido.

Enseguida se muestra la matriz de Burbidge reordenada (figura 10).

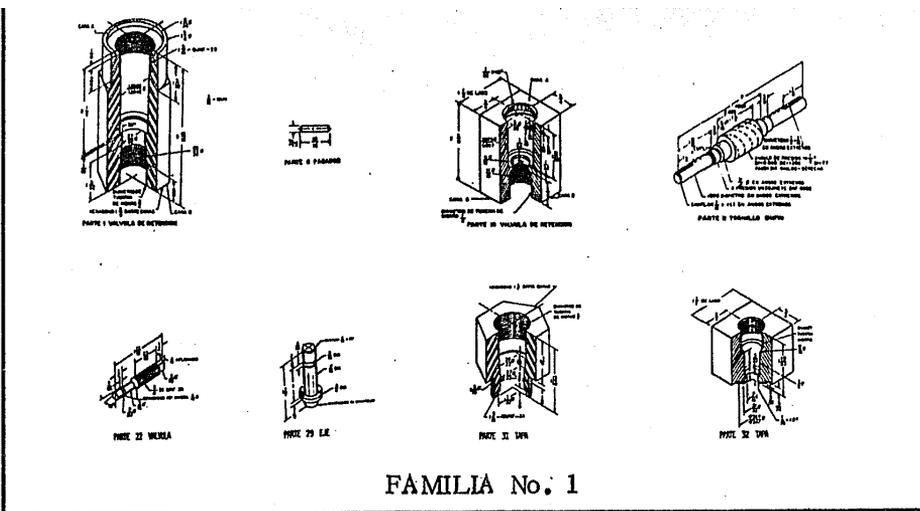
PARTE No	1	10	11	22	31	32	6	29	6	16	27	5	18	19	25	28	3	20	24	12	17	34	9	33	2	4	13	21	26	30	7	14	15	23	
MAQUINA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																												
TORNO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																												
FRESADORA	✓	✓	✓	✓	✓	✓																													
SIERRA HORIZ.	✓	✓	✓	✓	✓	✓																													
TORNO									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																			
SIERRA HORIZ.									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																			
RECTIFICADORA									✓	✓	✓																								
TORNO																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓										
RECTIFICADORA																	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓										
TALADRO																	✓	✓	✓					✓	✓										
SIERRA HORIZ.																									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRESADORA																									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TALADRO																									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 10 Matriz de Burbidge reordenada

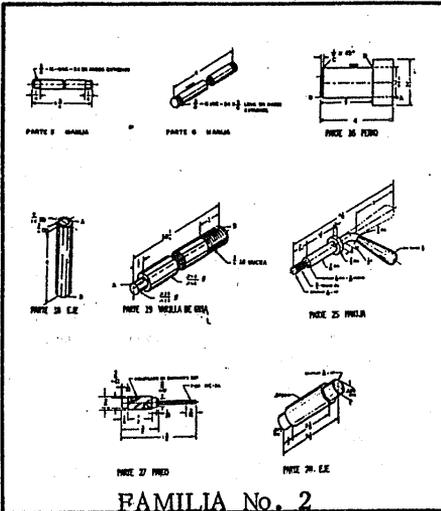
Finalmente, mediante el Análisis del flujo de producción se obtuvieron las siguientes familias de partes (figuras 11 y 12).

Familia	Partes
1	1, 8, 10, 11, 22, 29, 31, 32
2	5, 6, 16, 18, 19, 25, 27, 28
3	3, 9, 12, 17, 20, 24, 33, 34
4	2, 4, 7, 13, 14, 15, 21, 23, 26, 30

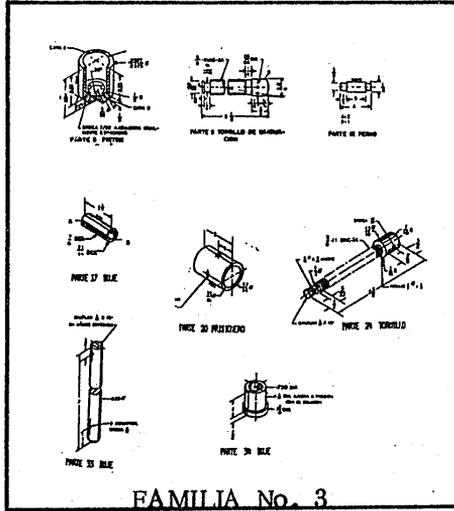
Figura 11 Familias obtenidas por el PFA



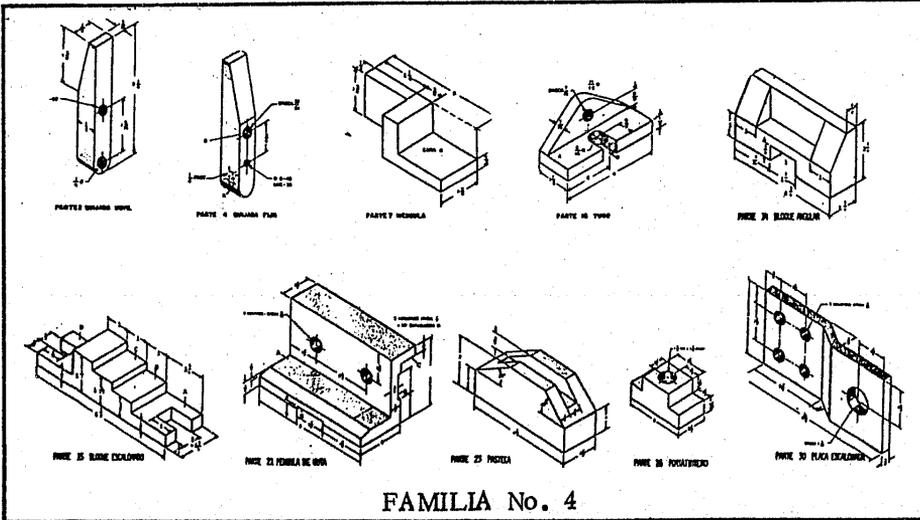
FAMILIA No. 1



FAMILIA No. 2



FAMILIA No. 3



FAMILIA No. 4

Figura 12 Familias obtenidas a través del Análisis del flujo de producción

## 5.2.2 Determinación a "grosso-modo" de las células

Una vez obtenidas todas las familias de partes por cualquiera de los tres métodos anteriormente vistos, se procede a la reorganización de éstas. La finalidad es formar las células de máquinas para poder establecer la nueva distribución de planta en el taller.

Al hacer el cambio de distribución funcional a una distribución por grupos, se logra una de las etapas más importantes de la aplicación de la Tecnología de Grupos.

### 5.2.2.1 Tipo de máquinas

Para formar los grupos de máquinas, se hace un análisis de las máquinas requeridas por las familias para la fabricación de sus partes, y tomando en cuenta las máquinas existentes dentro del taller. Este análisis se realizará con cada uno de los tres métodos de formación de familias :

#### 5.2.2.1.1 Búsqueda Visual

Para determinar las células de máquinas, en base a las familias obtenidas por el método de búsqueda visual, se procede de la siguiente forma:

Las familias que se obtuvieron por este método son :

Familia	Partes
1	1, 10, 31, 32
2	19, 24, 6, 27, 9, 25
3	33, 28, 29, 16, 8, 12, 5
4	17, 18, 34
5	20, 3
6	11, 22
7	2, 4, 30, 13, 21, 26
8	23, 15, 14, 7

Apartir de este cuadro, se elabora una tabla relacionando las familias obtenidas con las máquinas necesarias para la fabricación de sus partes (figura 13).

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE #	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE #
1	S To F	1	4	To R	17
"	S To F	10	"	S To	18
"	S To F	31	"	To R	34
"	S To F	32	5	To To R	3
2	S To R	6	"	To To R	20
"	To To	9	6	S To F	11
"	S To	19	"	S To F	22
"	To To R	24	7	S F To	2
"	S To	25	"	S F To	4
"	S To R	27	"	S F To	13
3	S To	5	"	S F To	21
"	To	8	"	S F To	26
"	To R	12	"	S F To	30
"	S To R	16	8	S F	7
"	S To	28	"	S F	14
"	To	29	"	S F	15
"	To To	33	"	S F	23

Figura 13 Máquinas requeridas para la fabricación de partes

La información que nos reporta la tabla anterior se puede resumir de la siguiente manera :

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	S To F
2	S To To R
3	S To To R
4	S To R
5	To To R
6	S To F
7	S F To
8	S F

Figura 14 Máquinas requeridas por las familias

Finalmente, las familias que requieran el mismo tipo de máquinas, se pueden agrupar para formar las células, considerando para esto las máquinas existentes en el taller y el número de partes de cada familia.

CELULA	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	1y6	S To F
2	2y3	S To To R
3	4y5	S To To R
4	7y8	S F To

Figura 15 Células obtenidas y sus máquinas requeridas

#### 5.2.2.1.2 Sistema de Clasificación y Codificación

Para determinar las células de máquinas, en base a las familias obtenidas por el método de clasificación y

codificación, se procede en la misma forma que en el inciso anterior :

Familia	Partes
1	1, 8, 10, 16, 18, 19, 31, 32, 33
2	3, 17
3	6, 20, 34
4	5, 28, 29
5	12, 24, 27
6	9, 22, 25
7	11
8	2, 4, 7, 13, 14, 15, 21, 23, 26, 30

Figura 16 Familias obtenidas por el método de clasificación y codificación

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE #	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE #
1	S To F	1	5	To R	12
"	To	8	"	To To R	24
"	S To F	10	"	S To R	27
"	S To R	16	6	To To	9
"	S To	18	"	S To F	22
"	S To	19	"	S To	25
"	S To F	31	7	S To F	11
"	S To F	32	8	S F To	2
"	To To	33	"	S F To	4
2	To To R	3	"	S F	7
"	To R	17	"	S F To	13
3	S To R	6	"	S F	14
"	To To R	20	"	S F	15
"	To R	34	"	S F To	21
4	S To	5	"	S F	23
"	S To	28	"	S F To	26
"	To	29	"	S F To	30

Figura 17 Máquinas requeridas para la fabricación de partes

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	S To F To R
2	To To R
3	S To To R
4	S To
5	S To To R
6	S To F To
7	S To F
8	S F To

Figura 18 Máquinas requeridas por las familias

CELULA	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	1	S To F To R
2	2,3 y 5	S To To R
3	4 y 7	S To F
4	6 y 8	S To F To

Figura 19 Células obtenidas y sus máquinas requeridas

### 5.2.2.1.3 Análisis del Flujo de Producción

Para determinar las células de máquinas, en base a las familias obtenidas por el Análisis del flujo de producción, se procede en la misma forma que en el inciso anterior :

Familia	Partos
1	1, 8, 10, 11, 22, 29, 31, 32
2	5, 6, 16, 18, 19, 25, 27, 28
3	3, 9, 12, 17, 20, 24, 33, 34
4	2, 4, 7, 13, 14, 15, 21, 23, 26, 30

Figura 20 Familias obtenidas por el Análisis del Flujo de Producción

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE #	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS	PARTE #
1	S To F	1	3	To To R	20
"	S To F	10	"	To To R	24
"	S To F	11	"	To R	12
"	S To F	22	"	To R	17
"	S To F	31	"	To R	34
"	S To F	32	"	To To	9
"	To	8	"	To To	33
"	To	29	4	S F To	2
2	S To R	6	"	S F To	4
"	S To R	16	"	S F To	13
"	S To R	27	"	S F To	21
"	S To	5	"	S F To	26
"	S To	18	"	S F To	30
"	S To	19	"	S F	7
"	S To	25	"	S F	14
"	S To	28	"	S F	15
3	To To R	3	"	S F	23

Figura 21 Máquinas requeridas para la fabricación de partes

FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	S To F
2	S To R
3	To To R
4	S F To

Figura 22 Máquinas requeridas por las familias

CELULA	FAMILIA	MAQUINAS REQUERIDAS
1	1	S To F
2	2	S To R
3	3	To To R
4	4	S F To

Figura 23 Células obtenidas y sus máquinas requeridas

### 5.2.3 Determinación final de las células

#### 5.2.3.1 Cantidad de máquinas

Una vez determinado el tipo de maquinaria, enseguida se encontrará el número de máquinas que formarán los grupos. Para esto se utilizará la información del tipo de máquinas que se requieren para fabricar las familias de partes obtenidas a través de los tres métodos vistos anteriormente.

Para determinar el número de máquinas se elaboran las tablas correspondientes a cada operación en donde:

$L$  = Tamaño de lote (piezas)

$T_p$  = Tiempo de preparación (h)

$T_m$  = Tiempo de maquinado (h)

$T_{tu} = \sum_{i=1}^n (T_m \times L + T_p) =$  Tiempo total de utilización,

en donde  $n =$  número total de lotes de partes por operación

$TTA = H \times D \times S =$  Tiempo total anual de operación,

en donde  $H =$  Horas laborables por día

$D =$  Días trabajados a la semana

$S =$  Semanas laborables al año

$N = \frac{T_{tu}}{TTA} =$  Número de máquinas requeridas del mismo tipo por célula

## 5.2.3.1.1 Sistema de Clasificación y Codificación

El siguiente desarrollo nos servirá de modelo para encontrar el número de máquinas necesarias de las células (determinadas por los métodos vistos para la formación de familias). En los dos siguientes incisos se muestran sólo los resultados.

OPERACION: Corte CELULA: 1				
Parte	L	Tp	Tm	Tm×L+Tp
1	400	1.5	.1	41.5
10	400	1.5	.1	41.5
16	1000	1.5	.2	201.5
18	1200	1	.07	85
19	800	1	.05	41
31	500	1.5	.1	51.5
32	400	1.5	.1	41.5
			Ttu →	503.5
			N →	0.251

OPERACION: Torneado CELULA: 1				
Parte	L	Tp	Tm	Tm×L+Tp
1	400	2	.3	122
8	1500	1	.1	151
10	400	2	.3	122
16	1000	1	.15	151
18	1200	1	.15	181
19	800	1	.2	161
31	500	2	.3	152
32	400	2	.3	122
33	1300	1	.1	131
			Ttu →	1293
			N →	0.646

OPERACION: Fresado CELULA: 1				
Parte	L	Tp	Tm	Tm×L+Tp
1	400	1.5	.5	201.5
10	400	1.3	.4	161.3
31	500	1.5	.5	251.5
32	400	1.3	.4	161.3
			Ttu →	775.6
			N →	0.387

OPERACION: Taladrado CELULA: 1				
Parte	L	Tp	Tm	Tm×L+Tp
33	1300	1	.2	261
			Ttu →	261
			N →	0.13

OPERACION: Rectificado CELULA: 1				
Parte	L	Tp	Tm	Tm*L+Tp
16	1000	2	.25	252
Ttu →				252
N →				0.126

Por lo tanto: la célula 1  
requiere:

Sierras : 1

Tornos : 1

Fresadoras : 1

Taladros : 1

Rectificadoras: 1

OPERACION: corte CELULA: 2				
Parte	L	Tp	Tm	Tm*L+Tp
6	400	1.5	.1	41.5
27	500	1	.05	26
Ttu →				67.5
N →				0.033

OPERACION: Torneado CELULA: 2				
Parte	L	Tp	Tm	Tm*L+Tp
3	400	1.5	.3	121.5
6	400	1.5	.25	101.5
12	1000	1	.15	151
17	1200	1	.15	131
20	800	1	.15	121
24	600	1.3	.3	181.3
27	500	1.2	.35	176.2
34	850	1	.2	171
Ttu →				1204.5
N →				0.602



OPERACION: Fresado CELULA: 3				
Parte	L	Tp	Tm	Tm×L+Tp
11	250	2	.4	102
Ttu →				102
N →				0.05

Por lo tanto, la célula 3 requiere:

Sierras : 1

Tornos : 1

Fresadoras : 1

OPERACION: Corte CELULA: 4				
Parte	L	Tp	Tm	Tm×L+Tp
2	400	1.5	.15	61.5
4	400	1.5	.15	61.5
7	300	2	.25	77
13	500	2	.25	127
14	400	2	.25	102
15	200	2	.25	52
21	200	2.5	.3	62.5
22	500	1.5	.15	76.5
23	400	2	.2	82
25	400	1.5	.15	61.5
26	500	2	.25	127
30	400	2	.2	82
Ttu →				972.5
N →				0.486

OPERACION: Torneado CELULA: 4				
Parte	L	Tp	Tm	Tm×L+Tp
9	400	1.5	.3	121.5
22	500	1.5	.35	176.5
25	400	1.5	.4	161.5
Ttu →				459.5
N →				0.229



CELULA 3	
Máquinas	Cant.
Sierras	1
Tornos	1
Taladros	1
Rectificadoras	1

CELULA 4	
Máquinas	Cant.
Sierras	1
Fresadoras	1
Taladros	1

### 5.2.3.1.3 Análisis del Flujo de Producción

CELULA 1	
Máquinas	Cant.
Sierras	1
Tornos	1
Fresadoras	1

CELULA 2	
Máquinas	Cant.
Sierras	1
Tornos	1
Rectificadoras	1

CELULA 3	
Máquinas	Cant.
Tornos	1
Taladros	1
Rectificadoras	1

CELULA 4	
Máquinas	Cant.
Sierras	1
Fresadoras	1
Taladros	1

### 5.2.3.2 Redistribución de la maquinaria

El siguiente paso en el desarrollo del ejemplo, es definir la distribución física de la maquinaria en el taller. Para esto, se utilizará la información obtenida del tipo y número de máquinas que se requieren para fabricar las familias obtenidas a través de los tres métodos anteriormente vistos y tomando en consideración el número de máquinas existentes así como el espacio disponible.

La distribución de planta original del taller se muestra en la figura siguiente:

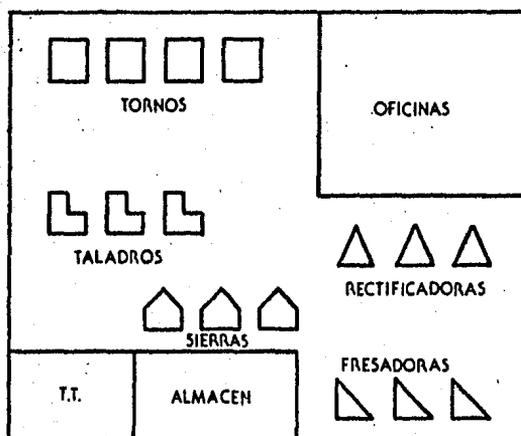


Figura 24 Distribución de planta funcional original

### 5.2.3.2.1 Sistema de Clasificación y Codificación

En seguida se muestra la distribución por grupos, determinada en base a las familias de partes encontradas por el Sistema de Clasificación y Codificación KC-1.

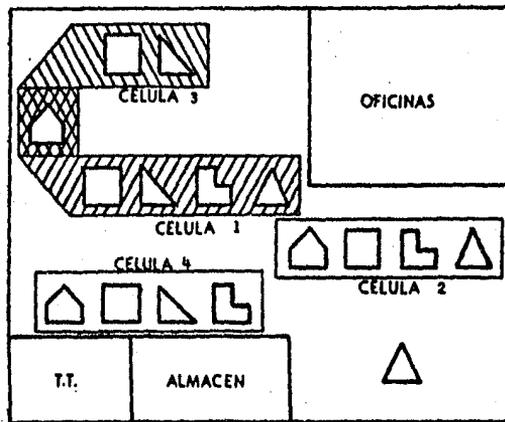


Figura 25 Distribución por grupos

Como las máquinas existentes son una limitante, en la distribución anterior las células 1 y 3 tienen que compartir una misma máquina, siempre y cuando  $(N_1 + N_3) \leq 1$ , siendo  $N_1$  el número de sierras que requiere la célula 1 y  $N_3$  el número de sierras que requiere la célula 3.

Lo anterior muestra claramente el concepto de *máquina compartida*, lo cual es posible sólo si la carga de las máquinas lo permite y si existe una buena programación de los trabajos en las células afectadas.

Ahora, para comprender claramente la importancia del cambio de la distribución por grupos, se muestra en seguida el recorrido de zig zag que recorren cuatro partes en la tradicional distribución funcional y el recorrido lineal que recorren esas mismas partes en la nueva distribución por grupos.

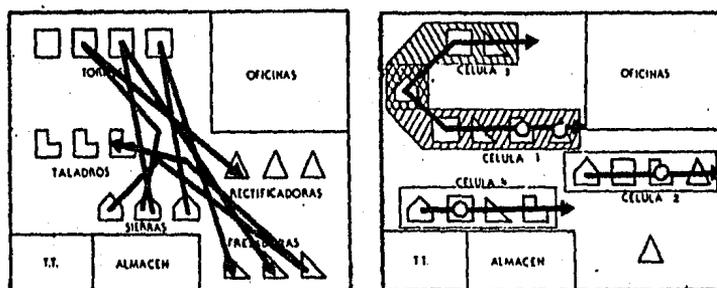


Figura 26 Recorrido de las partes en las distribuciones funcional y por grupos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Determinada en base a las familias encontradas por el Sistema de Clasificación y Codificación KC-1

### 5.2.3.2.2 Búsqueda Visual

Enseguida se muestra la distribución por grupos, de terminada en base a las familias de partes encontra das por el método de la Búsqueda Visual.

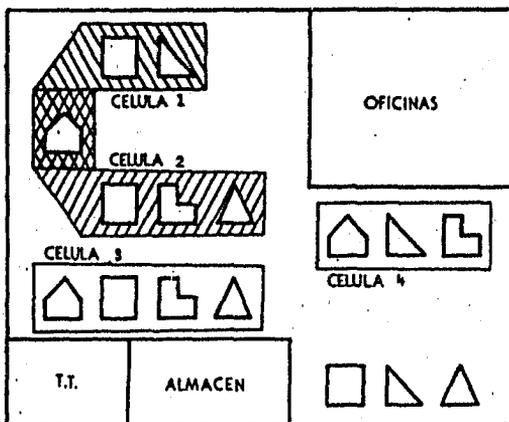


Figura 27 Distribución por grupos

Lo mismo que en el inciso anterior, en esta nueva distribución existe el caso de una máquina compar tida, pero ahora por las células 1 y 2,

A continuación se presenta el recorrido de las partes: 10, 27, 20 y 30 tanto en la distribución funcional como en la nueva distribución por grupos:

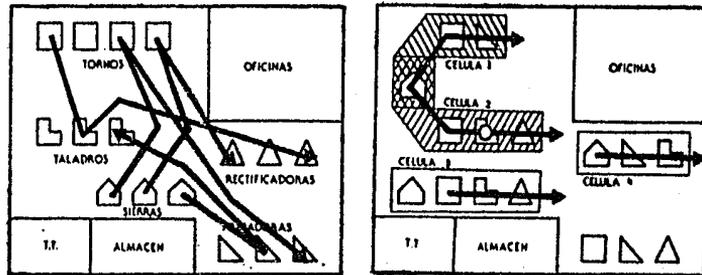


Figura 28 Recorrido de las partes en las distribuciones funcional y por grupo

### 5.2.3.2.3 Análisis del flujo de producción

Ahora veremos la distribución por grupos, determinada en base a las familias de partes encontradas por el análisis del flujo de producción.

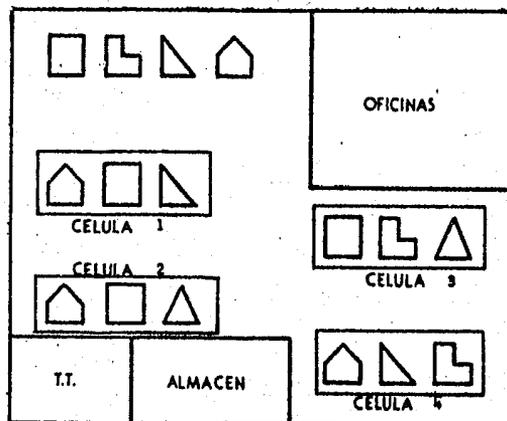


Figura 29 Distribución por grupos

El recorrido que siguen las partes 10, 27, 24 y 30 en la distribución funcional y distribución por grupos es:

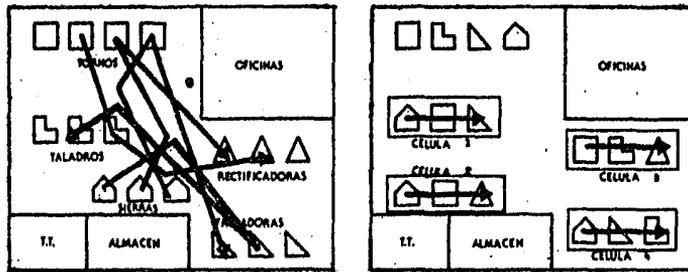


Figura 30 Recorrido de las partes en las distribuciones funcional y por grupos

#### 5.2.4 Planeación y programación de las células

Como ya se ha determinado el tipo, número y la nueva distribución de la maquinaria, resta encontrar la programación adecuada de los grupos o células.

En este ejemplo sólo se programarán las células encontradas por el método del análisis del flujo de producción (5.2.3.2), para lograr esto se buscará la secuencia óptima de sus trabajos.

## 5.2.4.1 Secuencia Óptima

Para determinar la secuencia óptima para la programación de grupos se usará el algoritmo heurístico visto en el inciso 3.4.4.2 En seguida se muestra la Tabla de datos básicos necesarios para la programación de las células:

Parte No.	Tamaño del lote	Corte		Torneado		Fresado		Taladrado		Rectificado	
		Tp	Tm	Tp	Tm	Tp	Tm	Tp	Tm	Tp	Tm
1	400	1.5	0.1	2	0.3	1.5	1.5				
2	400	1.5	0.15			1.5	0.4				
3	400			1.5	0.3			1	0.2	2	0.25
4	400	1.5	0.15			1.5	0.4	1	0.2		
5	800	1	0.1	1	0.15						
6	400	1.5	0.1	1.5	0.25					1.5	0.3
7	300	2	0.25			2	0.5				
8	1500			1	0.1						
9	400			1.5	0.3			1.5	0.25		
10	400	1.5	0.1	2	0.3	1.3	0.4				
11	250	1.5	0.25	2.5	0.5	2	0.4				
12	1000			1	0.15					1.5	0.2
13	500	2	0.25			2	0.5	1.5	0.2		
14	400	2	0.25			2	0.5				
15	200	2	0.25			3	0.7				
16	1000	1.5	0.2	1	0.15					2	0.25
17	1200			1	0.15					1.5	0.2
18	1200	1	0.07	1	0.15						
19	800	1	0.05	1	0.2						
20	800			1	0.15			1	0.2	1.5	0.25
21	200	2.5	0.3			3	0.6	2	0.25		
22	500	1.5	0.15	1.5	0.35	2.5	0.3				
23	400	2	0.2			2	0.5				
24	600			1.3				1	0.15	1.7	0.3
25	400	1.5	0.15	1.5	0.4						
26	500	2	0.25			2	0.4	1.5	0.3		
27	500	1	0.05	1.2	0.35					2	0.2
28	1000	1.5	0.2	1.5	0.2						
29	600			1.5	0.25						
30	400	2	0.2			2.5	0.6	2.5	0.35		
31	500	1.5	0.1	2	0.3	1.5	0.5				
32	400	1.5	0.1	2	0.3	1.3	0.4				
33	1300			1	0.1			1	0.2		
34	850			1	0.2					1.5	0.15

Figura 31. Tabla de datos básicos

En este ejemplo de aplicación se determinará la secuencia óptima de los trabajos necesarios para la fabricación de las partes. Únicamente se encontrará dicha secuencia tomando en cuenta los trabajos de las células cuyas familias fueron obtenidas por el método del Análisis de flujo de producción, ya que sería muy repetitivo hacer lo mismo tomando en cuenta los métodos de Búsqueda visual y Sistema de clasificación y codificación.

De la tabla de datos básicos se forma una tabla por célula, compuesta por los tiempos de procesamiento de los trabajos a realizar en cada una, esto es:

en la célula 1

CELULA 1			
TRABAJOS	MAQUINAS (horas)		
	S	To	F
T <sub>1</sub>	41.5	122	201.5
T <sub>8</sub>	-	151	-
T <sub>10</sub>	41.5	122	161.3
T <sub>11</sub>	64	127.5	102
T <sub>22</sub>	76.5	176.5	152.5
T <sub>29</sub>	-	151.5	-
T <sub>31</sub>	51.5	152	251.5
T <sub>32</sub>	41.5	122	161.3

Partiendo de la tabla anterior se forma la matriz A:

$$A = \begin{matrix} T_1 \rightarrow & 41.5 & 122 & 201.5 \\ T_8 \rightarrow & - & 151 & - \\ T_{10} \rightarrow & 41.5 & 122 & 161.3 \\ T_{11} \rightarrow & 64 & 127.5 & 102 \\ T_{22} \rightarrow & 76.5 & 176.5 & 152.5 \\ T_{29} \rightarrow & - & 151.5 & - \\ T_{31} \rightarrow & 51.5 & 152 & 251.5 \\ T_{32} \rightarrow & 41.5 & 122 & 161.3 \end{matrix}$$

después obtenemos:

$$\begin{array}{l}
 T_1 \rightarrow \\
 T_8 \rightarrow \\
 T_{10} \rightarrow \\
 T_{11} \rightarrow \\
 T_{22} \rightarrow \\
 T_{29} \rightarrow \\
 T_{31} \rightarrow \\
 T_{32} \rightarrow
 \end{array}
 T = \begin{bmatrix} 41.5 & 122 \\ - & 151 \\ 41.5 & 122 \\ 64 & 127.5 \\ 76.5 & 176.5 \\ - & 151.5 \\ 51.5 & 152 \\ 41.5 & 122 \end{bmatrix}
 \quad
 T' = \begin{bmatrix} 122 & 201.5 \\ 151 & - \\ 122 & 161.3 \\ 127.5 & 102 \\ 176.5 & 152.5 \\ 151.5 & - \\ 152 & 251.5 \\ 122 & 161.3 \end{bmatrix}$$

asimismo:

$$\begin{array}{l}
 T_1 \rightarrow \\
 T_8 \rightarrow \\
 T_{10} \rightarrow \\
 T_{11} \rightarrow \\
 T_{22} \rightarrow \\
 T_{29} \rightarrow \\
 T_{31} \rightarrow \\
 T_{32} \rightarrow
 \end{array}
 \Sigma T = \begin{bmatrix} 163.5 \\ 151 \\ 163.5 \\ 191.5 \\ 253 \\ 151.5 \\ 203.5 \\ 163.5 \end{bmatrix}
 \quad
 \Sigma T' = \begin{bmatrix} 323.5 \\ 151 \\ 283.5 \\ 229.5 \\ 329 \\ 151.5 \\ 403.5 \\ 283.3 \end{bmatrix}
 \quad
 (\Sigma T' - \Sigma T) = \begin{bmatrix} 160 \\ 0 \\ 119.8 \\ 38 \\ 76 \\ 0 \\ 200 \\ 119.8 \end{bmatrix}$$

como se omiten ciertas operaciones en la matriz A, se aplican las reglas III y IV:

$$\begin{array}{l}
 T_1 \rightarrow \\
 T_8 \rightarrow \\
 T_{10} \rightarrow \\
 T_{11} \rightarrow \\
 T_{22} \rightarrow \\
 T_{29} \rightarrow \\
 T_{31} \rightarrow \\
 T_{32} \rightarrow
 \end{array}
 \bar{T} = \begin{bmatrix} 81.75 \\ 151 \\ 81.75 \\ 95.75 \\ 126.5 \\ 151.5 \\ 101.75 \\ 81.75 \end{bmatrix}
 \quad
 \bar{T}' = \begin{bmatrix} 161.75 \\ 151 \\ 141.65 \\ 114.75 \\ 164.5 \\ 151.5 \\ 201.75 \\ 141.65 \end{bmatrix}
 \quad
 (\Sigma \bar{T}' - \Sigma \bar{T}) = \begin{bmatrix} 80 \\ 0 \\ 59.9 \\ 19 \\ 38 \\ 0 \\ 100 \\ 59.9 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto obtenemos las siguientes secuencias:

REGLA III:  $T_1 \rightarrow T_{10} \rightarrow T_{32} \rightarrow T_{11} \rightarrow T_{31} \rightarrow T_{22} \rightarrow T_8 \rightarrow T_{29}$  :

con un tiempo de 1193.6 h

REGLA IV:  $T_{31} \rightarrow T_1 \rightarrow T_{10} \rightarrow T_{32} \rightarrow T_{22} \rightarrow T_{11} \rightarrow T_8 \rightarrow T_{29}$  :

con un tiempo de 1233.6 h

Para comprobar que los tiempos de estas secuencias son óptimas, se comparó con otras dos secuencias tomadas al azar que fueron:

$T_{10} \rightarrow T_{31} \rightarrow T_8 \rightarrow T_{32} \rightarrow T_{29} \rightarrow T_1 \rightarrow T_{11} \rightarrow T_{22}$  :

da un tiempo de 1318 h

$T_{22} \rightarrow T_{10} \rightarrow T_{32} \rightarrow T_{11} \rightarrow T_{29} \rightarrow T_{31} \rightarrow T_8 \rightarrow T_1$  :

da un tiempo de 1402.5 h

Se seleccionará la secuencia en la que se obtiene el menor tiempo para cada una de las células. Respecto a la célula 1 se escoge la secuencia proporcionada por la regla III.

en la célula 2

CELULA 2			
TRABAJOS	MAQUINAS (horas)		
	S	To	R
T <sub>5</sub>	81	121	-
T <sub>6</sub>	41.5	101.5	121.5
T <sub>16</sub>	201.5	151	252
T <sub>18</sub>	85	181	-
T <sub>19</sub>	41	161	-
T <sub>25</sub>	61.5	161.5	-
T <sub>27</sub>	26	176.2	102
T <sub>28</sub>	201.5	201.5	-

partiendo de la tabla anterior se forma la matriz A:

$$A = \begin{matrix} T_5 \rightarrow \\ T_6 \rightarrow \\ T_{16} \rightarrow \\ T_{18} \rightarrow \\ T_{19} \rightarrow \\ T_{25} \rightarrow \\ T_{27} \rightarrow \\ T_{28} \rightarrow \end{matrix} \begin{bmatrix} 81 & 121 & - \\ 41.5 & 101.5 & 121.5 \\ 201.5 & 151 & 252 \\ 85 & 181 & - \\ 41 & 161 & - \\ 61.5 & 161.5 & - \\ 26 & 176.2 & 102 \\ 201.5 & 201.5 & - \end{bmatrix}$$

después obtenemos:

$$T = \begin{matrix} T_1 \rightarrow \\ T_6 \rightarrow \\ T_{16} \rightarrow \\ T_{18} \rightarrow \\ T_{19} \rightarrow \\ T_{25} \rightarrow \\ T_{27} \rightarrow \\ T_{28} \rightarrow \end{matrix} \begin{bmatrix} 81 & 121 \\ 41.5 & 101.5 \\ 201.5 & 151 \\ 85 & 181 \\ 41 & 161 \\ 61.5 & 161.5 \\ 26 & 176.2 \\ 201.5 & 201.5 \end{bmatrix} \quad T' = \begin{bmatrix} 121 & - \\ 101.5 & 121.5 \\ 151 & 252 \\ 181 & - \\ 161 & - \\ 161.5 & - \\ 176.2 & 102 \\ 201.5 & - \end{bmatrix}$$

asimismo:

$$\begin{array}{l}
 T_5 \rightarrow \\
 T_6 \rightarrow \\
 T_{16} \rightarrow \\
 T_{18} \rightarrow \\
 T_{19} \rightarrow \\
 T_{25} \rightarrow \\
 T_{27} \rightarrow \\
 T_{28} \rightarrow
 \end{array}
 \Sigma T = \begin{bmatrix} 202 \\ 143 \\ 352.5 \\ 236 \\ 202 \\ 223 \\ 202.2 \\ 403 \end{bmatrix}
 \quad
 \Sigma T' = \begin{bmatrix} 121 \\ 223 \\ 403 \\ 181 \\ 161 \\ 161.5 \\ 278.2 \\ 201.5 \end{bmatrix}
 \quad
 (\Sigma T' - \Sigma T) = \begin{bmatrix} -81 \\ 80 \\ 50.5 \\ -55 \\ -41 \\ -61.5 \\ 76 \\ -201.5 \end{bmatrix}$$

como se omiten ciertas operaciones en la matriz A, se aplican las reglas III y IV:

$$\begin{array}{l}
 T_5 \rightarrow \\
 T_6 \rightarrow \\
 T_{16} \rightarrow \\
 T_{18} \rightarrow \\
 T_{19} \rightarrow \\
 T_{25} \rightarrow \\
 T_{27} \rightarrow \\
 T_{28} \rightarrow
 \end{array}
 \bar{T} = \begin{bmatrix} 101 \\ 143 \\ 352.5 \\ 206 \\ 202 \\ 223 \\ 202.2 \\ 403 \end{bmatrix}
 \quad
 \bar{T}' = \begin{bmatrix} 121 \\ 111.5 \\ 201.5 \\ 181 \\ 161 \\ 161.5 \\ 139.5 \\ 201.75 \end{bmatrix}
 \quad
 (\bar{T}' - \bar{T}) = \begin{bmatrix} 20 \\ -31.5 \\ -151 \\ -25 \\ -41 \\ -61.5 \\ -62.7 \\ -201.25 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto obtenemos las siguientes secuencias:

REGLA III:  $T_5 \rightarrow T_{28} \rightarrow T_{16} \rightarrow T_{18} \rightarrow T_{25} \rightarrow T_{19} \rightarrow T_{27} \rightarrow T_6$  :

con un tiempo de 1538.2 h

REGLA IV:  $T_5 \rightarrow T_{18} \rightarrow T_6 \rightarrow T_{19} \rightarrow T_{25} \rightarrow T_{27} \rightarrow T_{16} \rightarrow T_{28}$  :

con un tiempo de 1386.2 h

en la célula 3

CELULA 3			
TRABAJOS-	MAQUINAS (horas)		
	To	Ta	R
T <sub>3</sub>	121.5	101.5	102
T <sub>9</sub>	121.5	101.5	-
T <sub>12</sub>	151	-	201.5
T <sub>17</sub>	181	-	241.5
T <sub>20</sub>	121	161	201.5
T <sub>24</sub>	181.3	91	181.7
T <sub>33</sub>	131	261	-
T <sub>34</sub>	171	-	129

partiendo de la tabla anterior se forma la matriz A:

$$\begin{array}{l}
 T_3 \rightarrow \\
 T_9 \rightarrow \\
 T_{12} \rightarrow \\
 T_{17} \rightarrow \\
 T_{20} \rightarrow \\
 T_{24} \rightarrow \\
 T_{33} \rightarrow \\
 T_{34} \rightarrow
 \end{array}
 A = \begin{bmatrix}
 121.5 & 101.5 & 102 \\
 121.5 & 101.5 & - \\
 151 & - & 201.5 \\
 181 & - & 241.5 \\
 121 & 161 & 201.5 \\
 181.3 & 91 & 181.7 \\
 131 & 261 & - \\
 171 & - & 128
 \end{bmatrix}$$

después obtenemos:

$$\begin{array}{l}
 T_3 \rightarrow \\
 T_9 \rightarrow \\
 T_{12} \rightarrow \\
 T_{17} \rightarrow \\
 T_{20} \rightarrow \\
 T_{24} \rightarrow \\
 T_{33} \rightarrow \\
 T_{34} \rightarrow
 \end{array}
 T = \begin{bmatrix}
 121.5 & 101.5 \\
 121.5 & 101.5 \\
 151 & - \\
 181 & - \\
 121 & 161 \\
 181.3 & 91 \\
 131 & 261 \\
 171 & -
 \end{bmatrix}
 \quad
 T' = \begin{bmatrix}
 101.5 & 102 \\
 101.5 & - \\
 - & 201.5 \\
 - & 241.5 \\
 161 & 201.5 \\
 91 & 181.7 \\
 261 & - \\
 - & 128
 \end{bmatrix}$$

asimismo:

$$\begin{array}{l}
 T_3 \rightarrow \\
 T_9 \rightarrow \\
 T_{12} \rightarrow \\
 T_{17} \rightarrow \\
 T_{20} \rightarrow \\
 T_{24} \rightarrow \\
 T_{33} \rightarrow \\
 T_{34} \rightarrow
 \end{array}
 \Sigma T =
 \begin{bmatrix}
 223 \\
 223 \\
 151 \\
 181 \\
 282 \\
 272.3 \\
 392 \\
 171
 \end{bmatrix}
 \quad
 \Sigma T' =
 \begin{bmatrix}
 203.5 \\
 101.5 \\
 201.5 \\
 241.5 \\
 362.5 \\
 272.7 \\
 261 \\
 128
 \end{bmatrix}
 \quad
 (\Sigma T' - \Sigma T) =
 \begin{bmatrix}
 -19.5 \\
 -121.5 \\
 50.5 \\
 60.5 \\
 80.5 \\
 0.4 \\
 -131 \\
 -43
 \end{bmatrix}$$

como se omiten ciertas operaciones en la matriz A, se aplican las reglas III y IV:

$$\begin{array}{l}
 T_3 \rightarrow \\
 T_9 \rightarrow \\
 T_{12} \rightarrow \\
 T_{17} \rightarrow \\
 T_{20} \rightarrow \\
 T_{24} \rightarrow \\
 T_{33} \rightarrow \\
 T_{34} \rightarrow
 \end{array}
 \bar{T} =
 \begin{bmatrix}
 111.5 \\
 111.5 \\
 151 \\
 181 \\
 141 \\
 136.15 \\
 196 \\
 171
 \end{bmatrix}
 \quad
 \bar{T}' =
 \begin{bmatrix}
 101.75 \\
 101.5 \\
 201.5 \\
 241.5 \\
 181.25 \\
 136.25 \\
 261 \\
 128
 \end{bmatrix}
 \quad
 (\bar{T}' - \bar{T}) =
 \begin{bmatrix}
 -9.75 \\
 -10 \\
 50.5 \\
 60.5 \\
 40.25 \\
 0.1 \\
 65 \\
 -43
 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto obtenemos las siguientes secuencias:

REGLA III:  $T_{24} \rightarrow T_{20} \rightarrow T_{12} \rightarrow T_{17} \rightarrow T_{33} \rightarrow T_{34} \rightarrow T_3 \rightarrow T_9$  :

con un tiempo de 1338.8 h

REGLA IV:  $T_{33} \rightarrow T_{17} \rightarrow T_{12} \rightarrow T_{20} \rightarrow T_{24} \rightarrow T_3 \rightarrow T_9 \rightarrow T_{34}$  :

con un tiempo de 1449.2 h

en la célula 4

CELULA 4			
TRABAJOS	MAQUINAS (horas)		
	S	F	Ta
T <sub>2</sub>	61.5	161.5	81
T <sub>4</sub>	61.5	161.5	81
T <sub>7</sub>	77	152	-
T <sub>13</sub>	127	252	101.5
T <sub>14</sub>	102	202	-
T <sub>15</sub>	52	143	-
T <sub>21</sub>	62.5	123	52
T <sub>23</sub>	82	202	-
T <sub>26</sub>	127	202	151.5
T <sub>30</sub>	82	242.5	142.5

partiendo de la tabla anterior se forma la matriz A:

$$\begin{array}{l}
 T_2 \rightarrow \\
 T_4 \rightarrow \\
 T_7 \rightarrow \\
 T_{13} \rightarrow \\
 T_{14} \rightarrow \\
 T_{15} \rightarrow \\
 T_{21} \rightarrow \\
 T_{23} \rightarrow \\
 T_{26} \rightarrow \\
 T_{30} \rightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 A = \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 61.5 & 161.5 & 81 \\
 61.5 & 161.5 & 81 \\
 77 & 152 & - \\
 127 & 252 & 101.5 \\
 102 & 202 & - \\
 52 & 143 & - \\
 62.5 & 123 & 52 \\
 82 & 202 & - \\
 127 & 202 & 151.5 \\
 82 & 242.5 & 142.5
 \end{bmatrix}$$

después obtenemos:

$$\begin{array}{l}
 T_2 \rightarrow \\
 T_4 \rightarrow \\
 T_7 \rightarrow \\
 T_{13} \rightarrow \\
 T_{14} \rightarrow \\
 T_{15} \rightarrow \\
 T_{21} \rightarrow \\
 T_{23} \rightarrow \\
 T_{26} \rightarrow \\
 T_{30} \rightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 T = \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 61.5 & 161.5 \\
 61.5 & 161.5 \\
 77 & 152 \\
 127 & 252 \\
 102 & 202 \\
 52 & 143 \\
 62.5 & 123 \\
 82 & 202 \\
 127 & 202 \\
 82 & 242.5
 \end{bmatrix}
 \begin{array}{l}
 T' = \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 161.5 & 81 \\
 161.5 & 81 \\
 152 & - \\
 252 & 101.5 \\
 202 & - \\
 143 & - \\
 123 & 52 \\
 202 & - \\
 202 & 151.5 \\
 242.5 & 142.5
 \end{bmatrix}$$

asimismo:

140

$$\begin{array}{l}
 T_2 \rightarrow \\
 T_4 \rightarrow \\
 T_7 \rightarrow \\
 T_{13} \rightarrow \\
 T_{14} \rightarrow \\
 T_{15} \rightarrow \\
 T_{21} \rightarrow \\
 T_{23} \rightarrow \\
 T_{26} \rightarrow \\
 T_{30} \rightarrow
 \end{array}
 \Sigma T = \begin{bmatrix} 223 \\ 223 \\ 229 \\ 379 \\ 304 \\ 195 \\ 185.5 \\ 284 \\ 329 \\ 324.5 \end{bmatrix}
 \quad
 \Sigma T' = \begin{bmatrix} 242.5 \\ 242.5 \\ 152 \\ 353.5 \\ 202 \\ 143 \\ 175 \\ 202 \\ 353.5 \\ 385 \end{bmatrix}
 \quad
 (\Sigma T' - \Sigma T) = \begin{bmatrix} 19.5 \\ 19.5 \\ -77 \\ -25.5 \\ -102 \\ -52 \\ -10.5 \\ -82 \\ 24.5 \\ 60.5 \end{bmatrix}$$

como se omiten ciertas operaciones en la matriz A, se aplican las reglas III y IV:

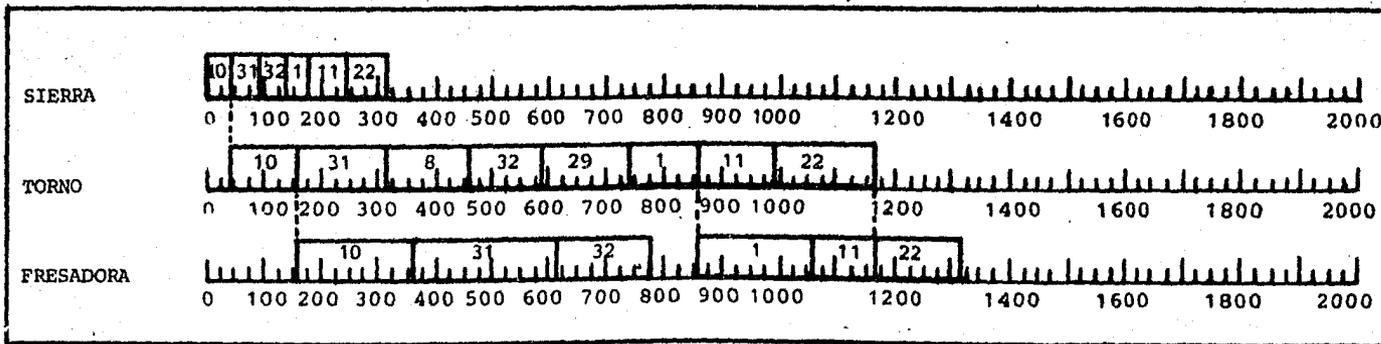
$$\begin{array}{l}
 T_2 \rightarrow \\
 T_4 \rightarrow \\
 T_7 \rightarrow \\
 T_{13} \rightarrow \\
 T_{14} \rightarrow \\
 T_{15} \rightarrow \\
 T_{21} \rightarrow \\
 T_{23} \rightarrow \\
 T_{26} \rightarrow \\
 T_{30} \rightarrow
 \end{array}
 \bar{T} = \begin{bmatrix} 111.5 \\ 111.5 \\ 114.5 \\ 189.5 \\ 152 \\ 97.5 \\ 92.75 \\ 142 \\ 164.5 \\ 162.25 \end{bmatrix}
 \quad
 \bar{T}' = \begin{bmatrix} 121.25 \\ 121.25 \\ 152 \\ 176.75 \\ 202 \\ 143 \\ 87.5 \\ 202 \\ 176.75 \\ 192.5 \end{bmatrix}
 \quad
 (\bar{T}' - \bar{T}) = \begin{bmatrix} 9.75 \\ 9.75 \\ 37.5 \\ -12.75 \\ 50 \\ 45.5 \\ -5.25 \\ 60 \\ 12.25 \\ 30.25 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto obtenemos las siguientes secuencias:

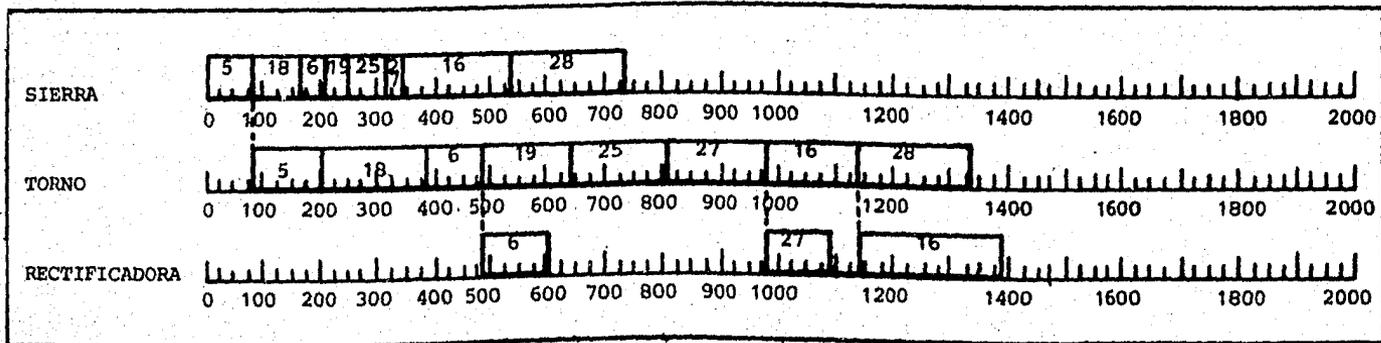
REGLA III:  $T_{15} \rightarrow T_2 \rightarrow T_4 \rightarrow T_7 \rightarrow T_{23} \rightarrow T_{14} \rightarrow T_{26} \rightarrow T_{30} \rightarrow T_{13} \rightarrow T_{21}$  :  
con tiempo de 1945.5 h

REGLA IV:  $T_{23} \rightarrow T_{14} \rightarrow T_{15} \rightarrow T_7 \rightarrow T_{30} \rightarrow T_{26} \rightarrow T_2 \rightarrow T_4 \rightarrow T_{21} \rightarrow T_{13}$  :  
con tiempo de 2025 h

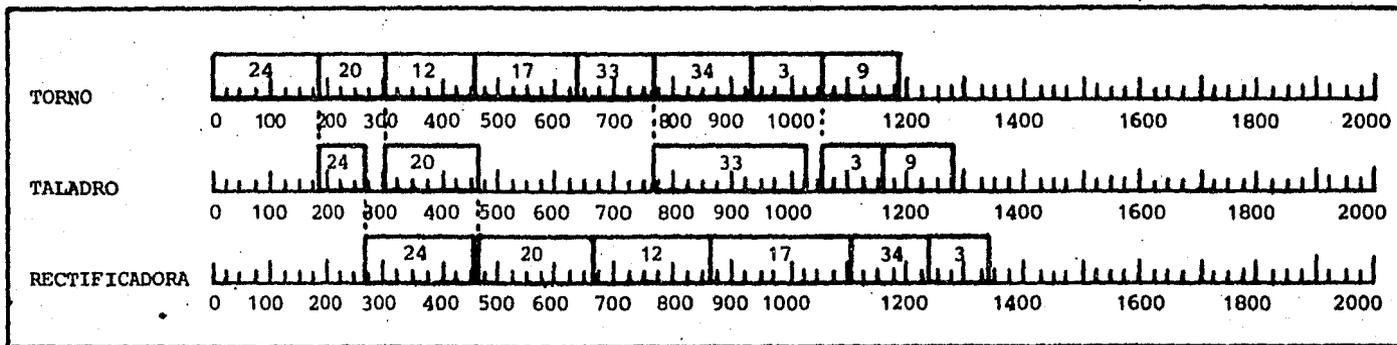
A continuación se presenta a manera de resumen las gráficas de Gantt de los tiempos de las secuencias óptimas determinadas anteriormente:



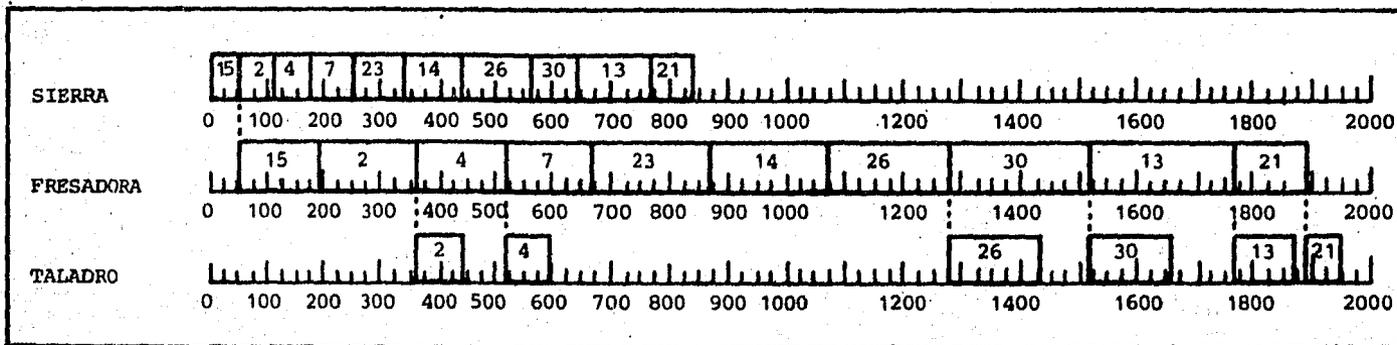
Célula 1



Célula 2



Célula 3



Célula 4

## CONCLUSIONES

Hemos visto que la producción industrial referida a la cantidad de productos sigue básicamente tres caminos: a gran escala, en lote y unitaria. Comparativamente resulta obvio que la producción a gran escala es la forma más económica de producción; por el contrario producir en lotes resulta bastante más costoso. Una de las principales razones del elevado costo de producir en lotes es la gran diversificación de los productos que se fabrican.

Observamos que la Tecnología de Grupos ataca de raíz el problema de la diversificación de la producción en lote, pues ésta explota la semejanza de las partes elementales de los diferentes productos de los lotes.

Como se vió, tradicionalmente la manera de producir en lote se realiza en una distribución funcional de la planta. Con el nuevo enfoque de Tecnología de Grupos lo que se trata es cambiar la distribución funcional a distribución por grupos; donde en dichos grupos se encuentran todos los requerimientos necesarios para la fabricación completa de una familia de partes, la cual está formada en base a las semejanzas físicas, de producción o de proceso que tienen las partes elementales de los productos mismos.

La Tecnología de Grupos con su principal característica de

explotación de semejanzas ha sido aceptada en un sentido amplio. Tal afirmación resulta de que investigadores de diversas áreas de la ingeniería en varios países ven en la Tecnología de Grupos la solución a muy diferentes problemas en áreas tan distintas como: diseño, planeación, compras, producción, etc.

Uno de los principales obstáculos que se presentan en la introducción de la Tecnología de Grupos a la producción por lote, es la falta de información sobre la fabricación de las partes o su poca confiabilidad; pero una vez contando con ella en forma suficiente, confiable y además con el conocimiento de diversas técnicas usadas por la Tecnología de Grupos, se puede desarrollar plenamente una metodología, y si se sigue de manera adecuada se logran con éxito los objetivos deseados.

El primer paso para la introducción es el análisis de partes. En este punto con la información de planos, rutas de trabajo o de proceso y con la aplicación de técnicas como la Búsqueda Visual, Análisis del Flujo de la Producción o Sistemas de Clasificación y Codificación se logra encontrar las familias de partes semejantes ya sea en cuanto a su forma geométrica o en base a su forma de proceso o producción. La elección de cualquiera de las 3 técnicas anteriores depende del tipo y cantidad de información de que se disponga y del tipo de partes a fabricar por el taller.

La búsqueda visual es un buen inicio cuando no se cuenta con la información sobre la forma de proceso o producción de las

partes; el Análisis del Flujo de la Producción (PFA) es un buen método para encontrar las familias de partes cuando se dispone de las rutas de trabajo y el Sistema de Clasificación y Codificación resulta eficiente cuando se desea que el enfoque de Tecnología de Grupos abarque aparte del departamento de producción a otros como diseño, compras, etc.

Las familias de partes formadas por alguno de los tres métodos mencionados tienen que ser procesados por algún grupo de máquinas. Este grupo podrá procesar una o varias familias dependiendo esto del tamaño del lote de las partes. Cuando se determina el tipo y número de máquinas de que se compone el grupo se tiene la célula formada, es decir, una célula de trabajo es el conjunto de máquinas y demás requerimientos necesarios para la completa fabricación de una o varias familias de partes.

Teniendo las células formadas y tomando en cuenta varios factores como: espacio disponible, manejo de materiales, tamaño y número de máquinas, etc. se podrá encontrar la nueva distribución de la maquinaria, logrando con esto uno de los principales objetivos buscados al introducir el concepto de Tecnología de Grupos, que es el cambio de una distribución funcional a una distribución por grupos.

Para planear y programar los trabajos en las células se emplean métodos heurísticos para lograr una secuencia óptima de procesamiento. Estos métodos están exentos de demostración matemática; no obstante son adecuados para la mayoría de los

casos que se pueden presentar durante la programación; sin embargo no dudamos que se pueden desarrollar métodos analíticos demostrables para lograr una secuencia óptima.

Al introducir la Tecnología de Grupos en los talleres de producción intermitente, se obtienen numerosas ventajas que hacen atractivo este nuevo enfoque de producción. Definitivamente no solo el departamento de producción es el que obtiene grandes beneficios, sino que con una introducción de la Tecnología de Grupos de una manera integral, son la mayoría de los departamentos de la empresa los que logran ventajas interesantes.

La Ingeniería de Diseño con la Tecnología de Grupos y un buen Sistema de Clasificación y Codificación genera la información necesaria para comparar, racionalizar, modificar, eliminar o simplemente ayudarse para el diseño de partes nuevas.

En Planeación y Control de la Producción se obtienen ventajas en cuanto a la reducción del inventario en proceso, logrando con esto un mayor control sobre las partes; en el cumplimiento de las fechas de entrega planeadas; en la programación de los grupos de trabajo; en un mayor aprovechamiento racional de la maquinaria; etc.

En la misma planta productiva con el uso de la Tecnología de Grupos, se reducen casi todos los tiempos de procesamiento de las partes, como: tiempos de preparación, tiempos muertos,

tiempos de maquinado, logrando con esto un incremento en el número de partes producidas por hora-hombre.

Una célula de trabajo se considera como una unidad de organización independiente de otras células, así las descripciones orgánicas de la célula o grupo de trabajo especifican las tareas abarcadas por todo el grupo y los principios según los cuales deben coordinarse las tareas.

El trabajo en grupo de las células favorece a que sus objetivos alcanzados sean fácilmente determinados y medidos; además cada operario del grupo experimenta una mayor sensación de participar en un proceso más amplio que cuando debe concretarse a una tarea individual limitada. Las personas que trabajan en grupo tienen mayores posibilidades de colaborar de manera continua para mejorar los métodos y eliminar los trabajos innecesarios; se fomenta un espíritu de equipo en la empresa.

Claro está que la introducción de la Tecnología de Grupos en los talleres intermitentes nos reporta muchas ventajas, pero también es justo reconocer que existen inconvenientes que se presentan tanto en la introducción como durante la operación. El principal obstáculo para aplicar la Tecnología de Grupos es la gran cantidad de tiempo y trabajo que cuesta introducir y mantener un sistema de información adecuado a las necesidades de la empresa; asimismo el rechazo al cambio por parte del personal puede acarrear muchos problemas.

Finalmente, diremos que la Tecnología de Grupos, no es simplemente una nueva técnica de manufactura, ni siquiera una estrategia para elevar la productividad. La Tecnología de Grupos es una filosofía administrativa, porque su influencia abarca a todas las áreas de la empresa.

## APENDICE

- . Otros sistemas de clasificación y codificación: SAGT, Brisch y CODE.
- . Tablas de los sistemas de clasificación y codificación Opitz y KC-1.
- . Rutas de trabajo de las partes estudiadas en el ejemplo.

### Sistema SAGT

Este sistema de clasificación y codificación es para piezas rotacionales (cilíndricas). El sistema SAGT (Systematic Approach to Group Technology) se compone de 18 posiciones alfanuméricas, cada una de ellas con diferente información. Los dígitos están ordenados de la siguiente manera:

Dígito 1.	Diámetro más grande
Dígito 2.	Longitud/Diámetro
Dígitos 3,4,5 y 6.	Características de su forma externa
Dígitos 7 y 8.	Características de su forma interna
Dígito 9.	Agujero central y otros
Dígito 10.	Engranés y ranuras

Dígito 11. Maquinado de la superficie plana  
 Dígitos 12 y 13. Forma tipo del material  
 Dígitos 14,15 y 16. Acabado y tolerancias requeridas  
 Dígitos 17 y 18. Información del control de producción

El uso de los datos alfanuméricos en el código de 18 posiciones del SAGT provee una adecuada codificación de las diferentes formas de los elementos y sus combinaciones sin la necesidad de incrementar el número de dígitos adicionales. La información contenida en el SAGT puede servir como un sistema eficiente de la recuperación del diseño, como una base para establecer los procedimientos de planeación y control, determinando los métodos, los planes de manufactura y calculando los parámetros de corte de metal. Un ejemplo del código se da en la figura 1.

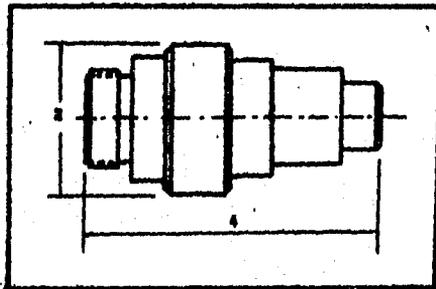


Figura 1 Sistema de clasificación SAGT

Código: CD L02H 00 000 D5 404 91

## Sistema Brisch

Este sistema fué desarrollado por E.G. Brisch en Inglaterra, surgió de la idea de clasificar a las piezas de acuerdo a su forma y a su diseño.

El sistema Brisch está constituido de tres etapas

- a) Identificación de las piezas
- b) Clasificación de las piezas
- c) Codificación de las piezas

a) **Identificación.** En esta etapa, cada pieza es identificada tomando en cuenta sus características intrínsecas de forma y diseño, y no en cuanto a su uso o a sus aplicaciones.

b) **Clasificación.** En esta segunda etapa, una vez ya identificadas las piezas, éstas se clasifican de acuerdo a diferentes parámetros (forma, tamaño, etc.). Un ejemplo de una estructura de clasificación se da a continuación, la cual está compuesta por nueve clases:

- 0. Organización y operación
- 1. Materia prima
- 2. Artículos comerciales

3. Componentes de diseño propio
4. Sub-ensambles de diseño propio
5. Herramientas
6. Productos
7. Equipo productivo
8. Planta auxiliar
9. Reservado

c) Codificación. Una vez identificada y clasificada, a cada una de las piezas se le asigna un código (números). El número de dígitos es variable, pero generalmente consta de cinco dígitos (dependiendo de las necesidades que se tengan) Un ejemplo de codificación es dado a continuación:

Clase	--2-----	Artículo comercial
Sub-Clase	---1-----	Sujetador con o sin rosca
Grupo	----6-----	Sujetador con rosca metálica
Serie	-----4----	Cabeza redonda "Scotted"
Sub-Serie	-----3----	Bronce
Sector	-----	Diam 1/4" + 3/8" largo

---

Número      21643

La clase 20000 (artículos comerciales), tiene una sub-clasificación identificada por el segundo dígito. Esta lógica se repite para formar grupo, serie,

etc. Existen tablas en las que se especifica la forma, agujeros y terminación de las piezas. A continuación se da un ejemplo de la clase 30000, y en la figura 2 se muestra la secuencia que se sigue para dar una clasificación de la pieza 32522. Esta secuencia se indica mediante una flecha.

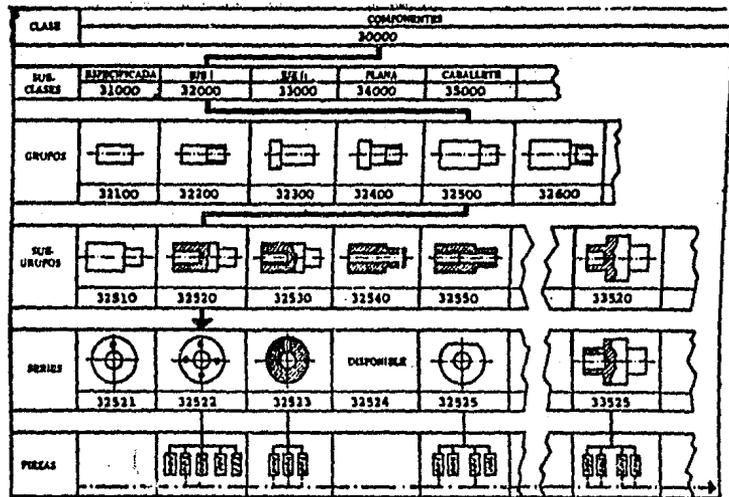


Figura 2 Clasificación y codificación de una parte con codificación 32522

#### Sistema CODE

El sistema Code fué desarrollado por Jay Bergen y Asociados. Este es un sistema diseñado y estructurado para reducir las variedades del diseño, este sistema se compone de 8 dígitos en los cuales el

primero determina la forma básica de la pieza a trabajar. Existe una tabla por cada una de las mayores divisiones del primer dígito. Dos de ocho dígitos dependen de la forma básica, y se pueden completar por medio de una tabla específica. Este sistema utiliza símbolos numéricos.

La información codificada en cada dígito para el exterior de las partes rotatorias, es como sigue:

- Dígito 1. Forma General
- Dígito 2. Forma General, Diámetros
- Dígito 3. Descripción Interna
- Dígito 4. Agujeros
- Dígito 5. Corte
- Dígito 6. Profundidad de corte
- Dígito 7. Diámetro exterior más grande
- Dígito 8. Longitud

A este sistema le hace falta información importante, por ejemplo; material de la pieza trabajada, el acabado requerido y la información del control de producción.

Un ejemplo del código de una pieza trabajada usando este sistema se muestra en la figura 3

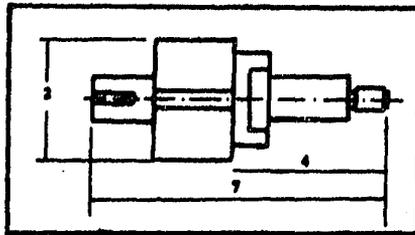
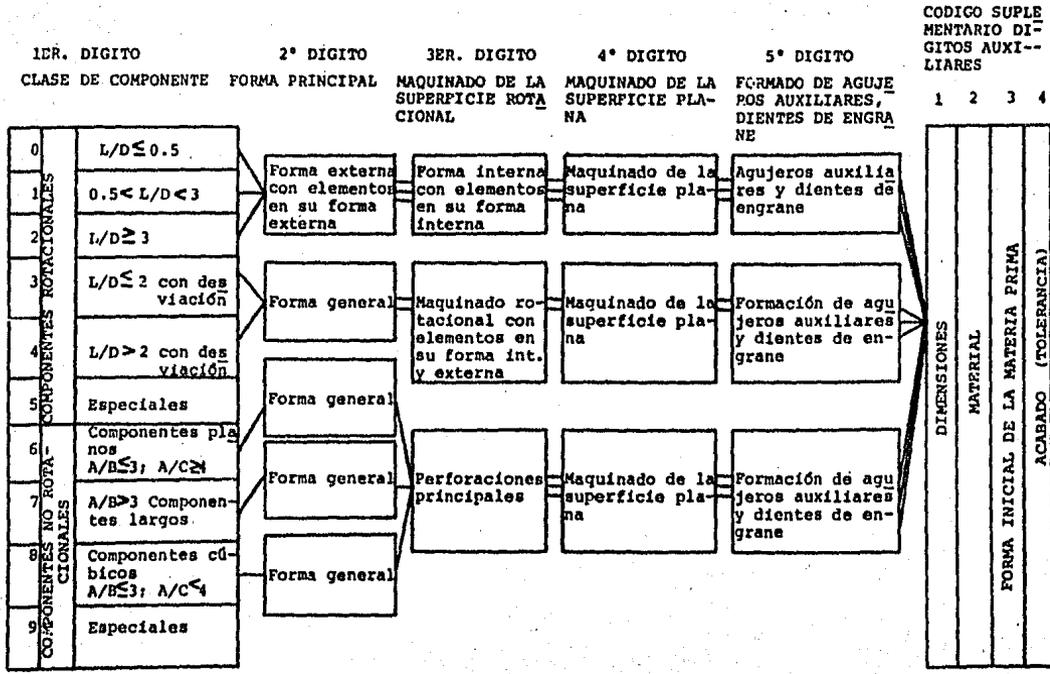


Figura 3 Sistema de clasificación y codificación CODE

Código: 13188175

**SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION OPITZ**

(Por la forma geométrica)



SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION OPITZ

1ER. DIGITO

2° DIGITO

3ER. DIGITO

4° DIGITO

5° DIGITO

CLASE DE COMPONENTE		FORMA EXTERNA CON ELEMENTOS EN SU FORMA EXTERNA		FORMA INTERNA CON ELEMENTOS EN SU FORMA INTERNA		MAQUINADO DE LA SU PERFFICIE PLANA		AGUJEROS AUXILIARES Y DIENTES DE ENGRANE	
0 1 2	COMPONENTES ROTACIONALES	0 $L/D \leq 0.5$		0 SIN PERFORACION CONTINUA, AGUJERO CIEGO		0 SUPERFICIE NO MAQUINADA		0 SIN AGUJEROS AUXILIARES	
		1 $0.5 < L < 3$ D		1 SIN ELEMENTOS		1 SUPERFICIE PLANA EXTERNA Y/O SUP. CURVA EN UNA SOLA DIRECCION		1 AGUJERO AXIAL NO CONECTADO AL TALADRADO PRAL.	
		2 $L/D \geq 3$		2 CON ROSCA DE TORNILLO		2 SUPERFICIES EXTS. PLANAS RELACIONADAS POR MEDIO DE UNA GRADUACION AL REDEDOR DE UN CIRCULO		2 AGUJERO AXIAL CONECTADO AL TALADRADO PRAL.	
		3 ACANALADO		3 ACANALADO		3 ACANALADURA EXTERNA		3 AGUJERO RADIAL NO RELACIONADO AL TALADRADO PRINCIPAL	
		4 SIN ELEMENTO		4 SIN ELEMENTO		4 RANURA PARA UNA CURVA		4 AGUJERO AXIAL Y/O RADIAL NO CONECTADO EN UNA DIRECCION	
		5 CON ROSCA DE TORNILLO		5 CON ROSCA DE TORNILLO		5 SUPERFICIE EXTERNA PLANA Y/O RANURA Y/O CUÑERO		5 AGUJERO AXIAL Y/O RADIAL EN OTRAS DIRECCIONES CONECTADO AL TALADRO PRINCIPAL	
		6 CON ACANALADURA		6 ACANALADO		6 SUPERFICIE INTERNA PLANA Y/O ACANALADA		6 DIENTES DE RUEDA DENTADA	
		7 FORMA CONICA		7 FORMA CONICA		7 RANURA INTERNA PARA UNA CURVA, CUÑERO INT. Y/O POLIGONO		7 DIENTES DE ENGRANAJES CONICOS	
		8 FORMA ROSCADA		8 FORMA ROSCADA		8 CUÑAS EXTERNAS E INTERNAS Y/O RANURA		8 OTROS DIENTES DE ENGRANAJE	
		9 OTROS		9 OTROS		9 OTROS		9 OTROS	

**SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION OPITZ**

**CODIGO SUPLEMENTARIO**

1ER. DIGITO	2° DIGITO	3ER. DIGITO	4° DIGITO
DIAMETRO "D" O LARGO "A" mm. pulgs.	MATERIAL	FORMA INICIAL	PRECISION
0 ≤ 20 ≤ 0.8	0 HIERRO COLADO (FUNDICION)	0 BARRA REDONDA FUNDICION NEGRA	0 PRECISION NO ESPECIFICADA
1 > 20 ≤ 50 > 0.8 ≤ 2	1 HIERRO COLADO, HIERRO COLADO MALLEABLE, GRAFITICO	1 BARRA REDONDA PULIDA FUNDICION BLANCA	1 2
2 > 60 ≤ 100 > 2 ≤ 4	2 ACERO 25.5 TON/M <sup>2</sup> SIN TRATAMIENTO TERMICO	2 BARRA TRIANGULAR, CUADRADA, HEXAGONAL, OTRAS	2 3
3 > 100 ≤ 180 > 4.0 ≤ 3.5	3 ACERO ENDURECIDO DE ALTO CARBON	3 TUBO	3 4
4 > 100 ≤ 250 > 6.5 ≤ 10	4 ACEROS 2 Y 3 CON TRATAMIENTO TERMICO	4 ANGULO, V, T Y SECCIONES SIMILARES	4 5
5 > 250 ≤ 400 > 10 ≤ 16	5 ACERO ALEADO SIN TRATAMIENTO TERMICO	5 LAMINA	5 2 Y 3
6 > 400 ≤ 600 > 16 ≤ 25	6 ACERO ALEADO CON TRATAMIENTO TERMICO	6 PLACA O PLANCHA	6 2 Y 4
7 > 600 ≤ 1000 > 25 ≤ 40	7 METALES NO FERROSOS	7 COMPONENTES FUNDIDOS O FORJADOS	7 2 Y 5
8 > 1000 ≤ 2000 > 40 ≤ 80	8 ALEACIONES LIGERAS	8 PIEZAS SOLDADAS	8 3 Y 4
9 > 2000 > 80	9 OTROS MATERIALES	9 COMPONENTES PRE-MAQUINADOS	9 (2 + 3 + 4 + 5)

SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION KC-1

1ER. DIGITO		2° DIGITO		3ER. DIGITO	
FORMA PRINCIPAL DE LA PARTE		DIMENSIONES DE LA PARTE (mm.)		FORMA MAS NOTABLE	
PARTES ROTACIONALES	AGUJERO CONCENTRICO	0	$D \leq 20$	0	ELEMENTO PRINCIPAL FORMA BASICA
		1		1	AGUJERO NO CONCENTRICO (a)
		2	$20 < D \leq 50$	2	ACANALADURA RECTA (1) (b)
		3		3	(a)+(b)
		4	$50 < D \leq 100$	4	ELEMENTO PRINCIPAL
		5		5	AGUJERO NO CONCENTRICO (a)
		6		6	ACANALADURA RECTA (1) (b)
		7	$100 < D \leq 200$	7	(a)+(b)
		8	$200 < D \leq 500$	8	CON UN ELEMENTO DE SUPERFICIE CONICA O ESFERICA
		9	$D > 500$	9	FORMA ESPECIAL
PARTES ROTACIONALES	AGUJERO CONCENTRICO CON ROSCA DE TORILLO AGUJERO CONCENTRICO CON EJE AGUJERO CIEGO	0	$D \leq 20$	0	ELEMENTO PRINCIPAL FORMA BASICA
		1		1	AGUJERO NO CONCENTRICO (a)
		2	$20 < D \leq 50$	2	ACANALADURA RECTA (1) (b)
		3		3	(a)+(b)
		4	$50 < D \leq 100$	4	ELEMENTO PRINCIPAL
		5		5	AGUJERO NO CONCENTRICO (a)
		6		6	ACANALADURA RECTA (1) (b)
		7	$100 < D \leq 200$	7	(a)+(b)
		8	$200 < D \leq 500$	8	CON UN ELEMENTO DE SUPERFICIE CONICA O ESFERICA
		9	$D > 500$	9	FORMA ESFERICA

## SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION KC-1

1ER. DIGITO		2° DIGITO		3ER. DIGITO		
FORMA PRINCIPAL DE LA PARTE		DIMENSIONES DE LA PARTE (mm.)		FORMA MAS NOTABLE		
5	PARTES ROTACIONALES ENGRANE AGUJERO CONCENTRICO CON EJE	SIN AGUJERO CIEGO	0	$D \leq 20$	0	SIN RANURA
			1	$L/D \leq 2.5$	1	CON RANURA
			2	$L/D > 2.5$	2	SIN RANURA
			3	$L/D \leq 0.5$	3	CON RANURA
			4	$0.5 < L/D \leq 2$	4	TORNILLO SINFIN
			5	$L/D > 2$	5	RUEDA PARA ENGRANAJE DE TORNILLO SINFIN
			6	$100 < D \leq 200$	6	SIN RANURA
			7	$L/D > 1.5$	7	CON RANURA
			8	$200 < D \leq 500$	8	SIN RANURA
			9	$D > 500$	9	CON RANURA
6	CON AGUJERO	SIN AGUJERO CIEGO	0	$A/B \leq 3$	0	PLANO PARALELO O NO PARALELO
			1	$A/C \leq 4$	1	AGUJERO PARALELO
			2	$A/B \leq 3$	2	AGUJERO NO PARALELO
			3	$A/C > 4$	3	PLANO AGUJERO PARALELO
			4	$A \leq 200$	4	PLANO, AGUJERO NO PARALELO
			5	$A > 200$	5	CON SUPERFICIE DOBLADA (ANGULO)
			6	$A \leq 200$	6	ROSCA CONCENTRICA CON EJE
			7	$A > 200$	7	CON DIENTE
			8	$A \leq 200$	8	CON SUPERFICIE CURVA ESPECIAL
			9	$A > 200$	9	OTROS

## SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION KC-1

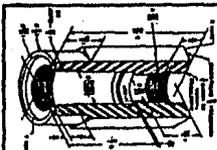
1ER. DIGITO	2° DIGITO	3ER. DIGITO			
FORMA PRICIPAL DE LA PARTE	0	$w \leq 20$	0		
	1	$20 < w \leq 70$	1 CUERPO PRINCIPAL		
	2	$70 < w \leq 200$	$A/B \leq 3$	2 ALOJAMIENTO DE EJES (CHUMACERA)	
	3		$A/B > 3$	3 BASE	
	4	$200 < w \leq 500$	$A/B \leq 3$	4 SOPORTE, BRAZO DE PALANCA, RIEL	
	5		$A/B > 3$	5 CORREDERA	
	6	$500 < w \leq 1000$	$A/B \leq 3$	6 CUBIERTA	
	7		$A/B > 3$	7 TONEL PEQUEÑO, TANQUE, CUENCA	
8 FORMAS HUECAS	8	$1000 < w \leq 2000$	8		
	9	$w > 2000$	9 OTROS		
FORMAS HUECAS	0	MATERIAL ROLADO	0	SIN MAQUINADO	
	1	MATERIAL DE BARRA REDONDA	1	MAQUINADO PARCIAL	
	2	MATERIAL DE BARRA CUADRADA	2	SIN MAQUINADO	
	3	TUBO	3	MAQUINADO PARCIAL	
	4	LAMINA DELGADA	4	SIN MAQUINADO	
	5	ALAMBRE	5	MAQUINADO PARCIAL	
	6	FORMADOS ESPECIALES	PIEZA FUNDIDA	6	SIN MAQUINADO
	7		PIEZA FORJADA	7	MAQUINADO PARCIAL
	8		PIEZA SINTERIZADA	8	SIN MAQUINADO
9 OTRAS PARTES. MATERIAS PRIMAS SIN MAQUINADO	9	FORMA DE ALA (ORDENES ESPECIALES) OTROS	9	MAQUINADO PARCIAL	

SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION KC-1

4° DIGITO		5° DIGITO	
MATERIA PRIMA		PORCION MAQUINADA CON ALTA PRECISION	
0	HIERRO FUNDIDO (ORDINARIO)	0	SIN ALTA PRECISION
1	HIERRO FUNDIDO ESPECIAL, ACERO COLADO, ACERO ALEADO SINTERIZA-	1	SUPERFICIE TORMEADA (SUP.INTERNA, EXTERNA Y FINAL) (a)
2	NO FORJADO	2	PLANO (b)
3		3	AGUJERO NO CONCENTRICO (c)
4	FORJADO	4	(a) + (b)
5		5	(a) + (c)
6	COBRE Y SUS ALEACIONES	6	(b) + (c)
7	ALEACIONES LIGERAS	7	(a) + (b) + (c)
8	OTROS	8	ESMERILADO
9	NO METALES	9	PROCESOS ESPECIALES (DESCARGA ELECTRICA, ETC.)

RUTA DE TRABAJO

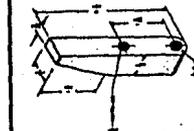
PARTE 1 Válvula de retención



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel-cromo-molibdeno SAE 8620 en barra cuadrada $1\frac{3}{4} \times 4$ " de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Montar en el torno y refrentar a $3\frac{15}{16}$ "	Torno de 9" volteo	Buril de $\frac{3}{4}$ "
3	Hacer agujero a $2\frac{7}{16}$ " $\phi$ a todo lo largo de la pieza	2	Cabezal móvil
4	Hacer desbaste al $1\frac{1}{8}$ " $\phi$ x $1\frac{1}{16}$ " de largo en cara A	2	2
5	Hacer agujero al $1\frac{1}{4}$ " $\phi$ x $2\frac{1}{2}$ " de largo en cara A	2	3
6	Rebajar a $1\frac{11}{16}$ " $\phi$ en diámetro interior a $\frac{1}{8}$ " de profundidad, en cara A	2	2
7	Roscado de la rosca interior a $1\frac{3}{16}$ -12 UNF-2B en cara A a $\frac{1}{8}$ " de profundidad a partir del rebaje anterior	2	Macho de roscar (varilla giramachos)
8	Voltear pieza	2	-
9	Hacer agujero de $2\frac{1}{16}$ " $\phi$ x $1\frac{1}{16}$ " de largo en cara B	2	2
10	Roscado de la rosca interior a $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " de largo	2	7
11	Desbastar caras hexagonales a $1\frac{1}{8}$ " entre caras	Fresadora vertical	Fresa de vástago
12	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier calibre de profundidad y calibre macho de roscas

RUTA DE TRABAJO

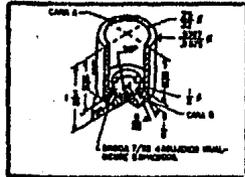
PARTE 2 Quijada móvil



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero SAE 1020 barra cuadrada de $\frac{3}{4}$ " x $3\frac{1}{2}$ " de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Desbastar pieza para dejar a cuadrado de $\frac{1}{2}$ " x $3\frac{1}{4}$ " de largo	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Fresar con un $12.80^\circ$ a $\frac{1}{16}$ " del extremo	2	2
4	Redondear a $\frac{1}{4}$ " del radio del extremo	2	2
5	Trazar centros: uno a $\frac{1}{4}$ " del extremo y otro a $2\frac{1}{16}$ " del anterior	-	Aguja de trazador, escuadra, compas con granete y martillo
6	Hacer agujeros y roscas de $\frac{1}{16}$ " 18UNC-2B	Taladro	Broca y machuelo
7	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier Calibre macho de roscas

RUTA DE TRABAJO

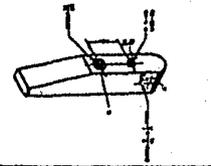
PARTE 3 Pistón



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección del material. Aluminio, barra redonda de 1"	-	-
2	Refrentar cara A	Torno de 9" voltao	Buril de 1/8"
3	Desbastar a 1 1/16" Ø en 1 1/4" de largo	2	2
4	Biselar a 1/4" x 45° en cara B "	2	2
5	Hacer agujero de 1/2" Ø x 1 1/16" de largo	2	Cabeza móvil broquero y broca
6	Hacer agujero de 25/32" Ø x 1 1/16" de largo	2	5
7	Cortar a 1 1/4" de largo y desmontar	2	Segueta y arco
8	Voltear pieza y refrentar cara B a 1 1/16" y desmontar	2	2
9	Marcar centros de cuatro agujeros igualmente espaciados en el bisel de la cara B	Mesa de trabajo	Aguja de trazado, escuadra, compas y martillo
10	Sujetar pieza a 45° y agujerar los 4 centros	Taladro	Frensa y broca
11	Montar en rectificadora y rectificar a .9381"	Rectificadora Cilíndrica	Muela
12	Desmontar, limpiar y verificar		Vernier y calibre

RUTA DE TRABAJO

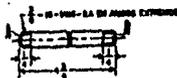
PARTE 4 Quijada fija.



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material SAE 1020 barra cuadrada de 3/4" x 3 1/2" de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sin fin
2	Desbastar pieza para dejar un cuadrado de 1/2" x 3 1/4" de largo	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Fresar con un 12.00° a 1/16" del extremo	2	2
4	Redondear a 1/4" del radio del extremo	2	2
5	Trazar centro A: 1/4" del extremo; centro B: a 1 1/16" del anterior; centro C: a 1/4" del último	-	Aguja de trazador, compas, escuadra, grañete y martillo
6	Hacer agujeros en centros: A: 1/16" Ø x 1/4" Prof.; B: 1 1/16" a todo lo ancho; C: hacer rosca del #5-40UNC-2B	Taladro	Brocas y Machuelo
7	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier y calibre (macho de roscas)

RUTA DE TRABAJO

PARTE 5 Manija



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material, acero SAE 1020, barra redonda de $\frac{3}{8}$ " $\varnothing$ x $4\frac{1}{8}$ " de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Refrentar cara A y hacer cuerda de $\frac{1}{8}$ "-16-UNC-2A x $\frac{1}{4}$ " de largo	Torno de 9" de volteo	Cojinete con soporte y terraja
3	Voltear la pieza y refrentar la cara B hasta dejar a $4\frac{3}{8}$ " de largo y hacer la cuerda de $\frac{1}{8}$ "-16-UNC-2A x $\frac{1}{4}$ " de largo	2	2
4	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier calibre de roscas

RUTA DE TRABAJO

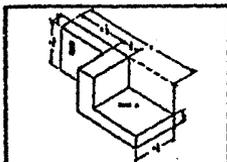
PARTE 6 Manija



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material, acero al níquel 2340 barra redonda de $\frac{3}{8}$ " $\varnothing$ x $6\frac{1}{8}$ " de largo	Sierra Horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Desbastar y dejar a $\frac{1}{8}$ " $\varnothing$ x 6" de largo	Torno de 9" de volteo	Buril de $\frac{1}{4}$ "
3	Centrar y roscar a $\frac{1}{8}$ "-16 UNC-2A x $\frac{1}{4}$ " de largo	2	Cojinete con soporte y terraja
4	Voltear la pieza y repetir la operación en la otra cara	2	3
5	Montar en rectificadora y rectificar	Rectificadora cilíndrica	Muela
6	Desmontar, limpiar y verificar		Vernier calibre de roscas

RUTA DE TRABAJO

PARTE 7 Ménsula



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material, acero SAE 2340 $\phi$ 2" x 5 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> " de largo	Sierra Horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Fregado de la pieza para dejar a $\phi$ de 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " x 5"	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Hacer escalón "A" a 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " de profundidad x 2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " de largo	2	2
4	Voltear pieza y fresar escalón "B" idem operación 3	2	2
5	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

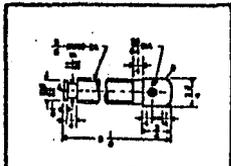
PARTE 8 Pasador



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material, acero, SAE 2340 barra redonda de 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " $\phi$ x 1" de largo	---	Segueta y arco
2	Curvar cara A.	Torno de 9" volteo	Buril de 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> "
3	Voltear pieza y ajustar a 1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub> " y curvar cara B	2	2
4	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

RUTA DE TRABAJO

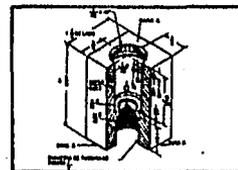
PARTE 9 Tornillo de graduación



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material, acero SAE 1020 barra redonda de $\frac{1}{4}$ " $\varnothing$ x $5 \frac{1}{4}$ " de largo	Torno de 9" volteo	Segueta y arco
2	Refrentar cara A	1	Buril de $\frac{1}{4}$ "
3	Desbastar a $\frac{1}{8}$ " $\varnothing$ x $4 \frac{1}{8}$ " de largo	1	2
4	Rebajar a $\frac{11}{16}$ " $\varnothing$ x $\frac{1}{8}$ " de largo	1	2
5	Desbastar a $\frac{11}{16}$ " $\varnothing$ a partir de $\frac{1}{8}$ " del extremo de la cara A x $\frac{1}{4}$ " de largo	1	2
6	Roscar a $\frac{5}{8}$ "-11-UNC-2A a partir del escalón x $3 \frac{1}{4}$ " de largo	1	2
7	Voltear la pieza y refrentar y curvar la cara B dejando la pieza a $5 \frac{1}{8}$ " de largo	1	2
8	Desmontar y marcar el centro del agujero a $\frac{1}{2}$ " del extremo B	---	Punto
9	Sujetar en la prensa y taladrar a $\frac{11}{16}$ " $\varnothing$ en la marca	Taladro	Prensa, broca
10	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

RUTA DE TRABAJO

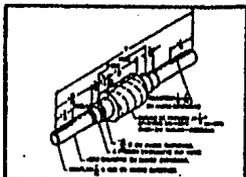
PARTE 10 Válvula de retención



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero SAE 8620 Ni-Cr-Mo barra cuadrada de $\frac{3}{8}$ " x $2 \frac{1}{2}$ " de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Agujear a $\frac{1}{16}$ " $\varnothing$ a todo lo largo	Torno	Cabezal móvil con broquero y broca
3	Agujear a $\frac{11}{16}$ " $\varnothing$ x $1 \frac{13}{16}$ " largo	2	2
4	Ranurar a $1 \frac{3}{16}$ " $\varnothing$ x $\frac{1}{16}$ a $\frac{1}{16}$ " de cara A	2	Buril
5	Biselar a $\frac{1}{32}$ " x $45^\circ$ cara A	2	Buril $\frac{1}{4}$ "
6	Voltear pieza	2	-
7	Agujear a $\frac{11}{16}$ " $\varnothing$ x $\frac{7}{8}$ " de largo cara B	2	2
8	Tarrajar a $\frac{1}{2}$ " $\varnothing$ (tubería)(diámetro interior tubo)	2	Macho de roscar
9	Desbastar caras a $1 \frac{1}{2}$ " de lado x $2 \frac{3}{8}$ " de largo	Fresadora vertical	Fresa de vástago
10	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier macho de roscas

RUTA DE TRABAJO

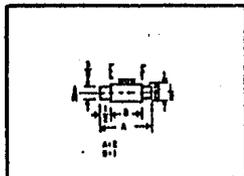
PARTE 11 Tornillo sinfin



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al cromo níquel barra redonda de $1\frac{1}{8}$ " $\emptyset$ x $7\frac{1}{8}$ " de largo, SAE 3240	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Rebajar a $1\frac{1}{16}$ " $\emptyset$ x $2\frac{3}{8}$ " de largo	Torno de 9" volteo	Buril $\frac{1}{8}$ "
3	Rebajar a 0.5906" x $2\frac{1}{16}$ " de largo	2	2
4	Rebajar a $\frac{1}{2}$ " $\emptyset$ x $1\frac{11}{16}$ " largo a partir del extremo	2	2
5	Hacer cuellos en los primeros rebajes	2	2
6	Biselar extremo a $\frac{1}{16}$ " x $45^\circ$	2	2
7	Voltear pieza y repetir operaciones (2 a 6)	2	2
8	Roscar a partir del punto B con ángulos de presión $14\frac{1}{2}^\circ$ D.P.=1.006 DE=1.206 DI=0.774 PASO $\frac{1}{8}$ , 4 hilos derecha x $1\frac{1}{2}$ " de largo	2	2
9	Desmontar y verificar	-	Vernier
10	Montar en la fresadora y fresar chaveteros en los extremos a $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{16}$ " x $1\frac{1}{8}$ " de largo	Fresadora vertical	Fresa de vástago
11	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

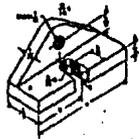
PARTE 12 Pasador



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel barra redonda de $\frac{3}{8}$ " x $2\frac{1}{8}$ " de largo, SAE 7340	-	Segueta y arco
2	Rebajar a $\frac{1}{2}$ " $\emptyset$ a todo lo largo	Torno de 9" volteo	Buril de $\frac{1}{8}$ "
3	Refrentar cara A y rebajar a $\frac{1}{8}$ " $\emptyset$ x $\frac{1}{8}$ " de largo	2	2
4	Voltear la pieza y dejar a 2" de largo y repetir paso 2 y 3 en cara B	2	2
5	Montar en rectificadora y rectificar de "E" a "F"	Rectificadora cilíndrica	Muela
6	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

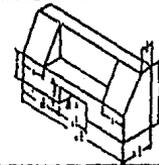
PARTE 13 Yugo



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel SAE 2340 de 4 1/8" y 1 1/8" x 2"	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Fresar para dejar la pieza a 4" x 1 1/2" x 1 11/16"	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Fresar escalón "A" a 1 3/16" profundidad x 1 1/16" largo	2	2
4	Fresar entrada "B" al centro de 3/16" de ancho x 1 11/16"	2	2
5	Fresar a ambos lados con un α de 25.11° a partir de 1/2" de la base	2	2
6	Trazar centro a 1/8" de la base del escalón y a 2" del extremo	---	Aguja de trazador, compás
7	Fresar curvatura a 1 1/16" del radio del centro marcado	2	2
8	Hacer agujero de 7/16" en el centro	Taladro	Broca
9	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

RUTA DE TRABAJO

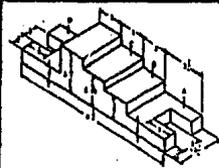
PARTE 14 Bloque angular



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel SAE 2340 de 5" x 1 1/2" x 2 1/2"	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Fresar para dejar pieza a 4 3/4" x 1 1/8" x 2 1/4"	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Hacer ranura central de 1 1/8" a todo lo ancho	2	2
4	Rebajar pieza con un α 23.19° a 1/2" del extremo	2	2
5	Hacer escalón "A" de 1 1/8" x 1/8" x 1 1/8" profundidad	2	2
6	Desmontar limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

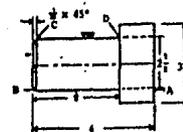
PARTE 15 Bloque escalonado



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel SAE 2340 de $6 \frac{3}{4}$ " x 2" x $1 \frac{1}{4}$ "	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Fresar pieza A dejar a $6 \frac{1}{2}$ " x $1 \frac{1}{4}$ " x $1 \frac{1}{2}$ "	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Hacer escalón "A" a 1" profundidad x $1 \frac{1}{4}$ " largo	2	2
4	Hacer escalón "B" a partir de "A" a $\frac{1}{8}$ " profundidad x 1" largo	2	2
5	Hacer escalón "C" a partir de "B" con $\frac{1}{16}$ " profundidad x 1" largo	2	2
6	Hacer escalón "D" en el otro extremo con 1" profundidad x $1 \frac{1}{4}$ " largo	2	2
7	Hacer ranura central de $\frac{1}{4}$ " x 1" en el escalón "A"	2	2
8	Hacer ranura de $\frac{1}{8}$ " x $\frac{7}{8}$ " en el escalón "D"	2	2
9	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

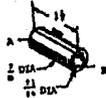
PARTE 16 Perno



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel barra redonda $3 \frac{3}{8}$ " Ø x $5 \frac{3}{8}$ " de largo, SAE 2340	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Refrentado de la cara A y dejar a $5 \frac{3}{8}$ " de largo	Torno de 9" volteo	Buril de $\frac{1}{8}$ "
3	Desbaste y afinado a $3 \frac{1}{2}$ " Ø x 2"	2	2
4	Voltear pieza	2	-
5	Desbaste y afinado a $2 \frac{1}{2}$ " Ø x 4"	2	2
6	Refrentado y afinado cara B	2	2
7	Biselado cara B a $\frac{1}{16}$ " x 45°	2	2
8	Rectificar de "c" a "d"	Rectificadora cilíndrica	Huela
9	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

PARTE 17 Buje



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material, latón barra redonda de 1/2" Ø x 1 1/2" de largo	---	Segueta y arco
2	Colocar y sujetar	Torno de 9" volteo	Chuck
3	Ajustar a 7/16" de largo la pieza	2	Buril 1/8"
4	Refrentar cara A y Cara B y dejar a 1 1/8" de largo	2	Buril 1/8"
5	Agujerear a 21/64" Ø a todo lo largo de la pieza	2	Broca, cabezal móvil broquero
6	Montar en rectificadora rectificando toda la pieza	Rectificadora cilíndrica	Muela
7	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

RUTA DE TRABAJO

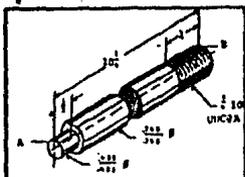
PARTE 18 Eje vertical



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material, acero SAE 1020 barra redonda de 1/2" Ø x 4 1/8" de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Colocar y sujetar	Torno de 9" volteo	Chuck
3	Refrentar cara A	2	Buril 1/8"
4	Voltear y refrentar cara B dejando la pieza a 4" de largo	2	3
5	Agujerear a 1/16" a todo lo largo de la pieza	2	Broca, cabezal móvil broquero
6	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

RUTA DE TRABAJO

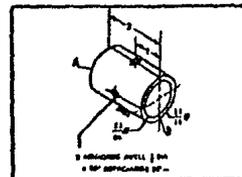
PARTE 19 Varilla Gufa



Nº.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al molibdeno barra redonda de 1/4" de diámetro x 10 1/8" de largo, SAE 4340	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Colocar y sujetar	Torno de 9" volteo	Chuck
3	Desbastar y ajustar a 0.747" Ø x 10 1/4" de largo	2	Buril 1/4"
4	Rebajar a 0.434" Ø en cara A x 1/2" de largo	2	3
5	Voltear pieza	2	-
6	Hacer cuerda de 1/4"-10 UNC-2A x 1" de largo	2	3
7	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

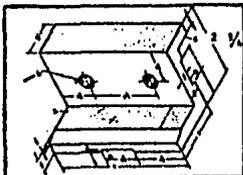
PARTE 20 Soporte



Nº.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel SAE 2340 de 7/8" Ø x 2 1/8" de largo	---	Arco y se-gueta
2	Rebajar a 1 3/16" Ø a todo lo largo	Torno de 9" volteo	Buril 1/4"
3	Refrentado de cara A y cara B y dejar a 2" de largo	2	2
4	Agujear a 1/8" Ø a todo lo largo	2	Cabezal móvil broque-ro broca
5	Trazar centro de 4 agujeros a 1" del extremo igualmente espaciados a 90° uno de otro	-	Compás, aguja de trazador, escuadra, granete, martillo
6	Hacer agujeros a 1/8" Ø en los centros marcados	Taladro	Broca
7	Rectificar la pieza a todo lo largo	Rectificado-ra cilindri-ca	Kuela
8	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

RUTA DE TRABAJO

PARTE 21 Ménsula de gufa



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al níquel 5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> " x 3" x 3" Ø, SAE 2340	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Fresado de la pieza hasta dejar Ø de 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " x 5"	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Rebajar escalón "A" con 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> " profundidad x 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " de largo	2	2
4	Rebajar con un $\alpha$ de 14' a <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " del extremo	2	2
5	Fresar ranura B a <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " de profundidad de 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " a todo lo ancho	2	2
6	Fresar escalón "C" a <sup>1</sup> / <sub>4</sub> " de profundidad x 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " de largo	2	2
7	Fresar ranura "D" de <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " de profundidad x 1" de ancho a 1" del extremo a todo lo largo	2	2
8	Fresado de centros para agujero a 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> " del extremo superior x 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> " de los extremos laterales	-	Compás, aguja de trazador, granete, martillo
9	Hacer agujeros de <sup>3</sup> / <sub>16</sub> " en ambos centros marcados	Taladro	Broca
10	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

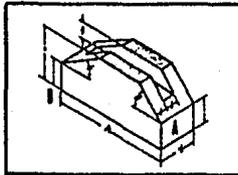
PARTE 22 Válvula



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material varilla de acero al molibdeno de <sup>1</sup> / <sub>16</sub> " de Ø x 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ", SAE 4340	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Colocar y sujetar	Torno	Chuck
3	Desbastar y ajustar a <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " Ø x 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> "	Torno de 9" volteo	Buril de <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "
4	Rebajar a <sup>3</sup> / <sub>16</sub> " Ø x <sup>1</sup> / <sub>16</sub> " de largo (punto A)	3	3
5	Del punto A rebajar a 15° hasta el extremo B	3	3
6	Del punto A con una conicidad de 45°, llevar hasta <sup>1</sup> / <sub>16</sub> " Ø (punto c)	3	3
7	A <sup>3</sup> / <sub>16</sub> " (punto e) del extremo B roscar a <sup>3</sup> / <sub>8</sub> " -24UNF-2A x 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> " de largo (punto d)	3	3
8	Del punto e rebajar con una conicidad de 45° hasta <sup>1</sup> / <sub>16</sub> " Ø (punto f)	3	3
9	Desbastar a <sup>1</sup> / <sub>16</sub> " Ø desde "f" a "c"	3	3
10	A partir del punto d rebajar a <sup>3</sup> / <sub>16</sub> " Ø x <sup>1</sup> / <sub>8</sub> " de largo (punto g)	3	3
11	Cortar a 1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> " de largo	3	Arco y segueta
12	Fresar parte (d-g) un aplanado de <sup>1</sup> / <sub>16</sub> "	Fresadora vertical	Fresa de vástago
13	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

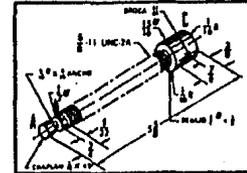
PARTE 23 Pasteca



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al carbono SAE 1020 $4 \frac{1}{4}'' \times 2 \frac{1}{4}'' \times 1 \frac{1}{4}''$	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Fresado de la pieza para dejarla a $4 \frac{1}{2}'' \times 2 \times 1 \frac{1}{2}''$	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Rebajar en $\angle 45^\circ$ la cara A a 1' del extremo	2	2
4	Rebajar en $\angle 30^\circ$ la cara B a 1' del extremo	2	2
5	Hacer el canal central de $\frac{1}{2}''$ a todo lo largo a 1' de profundidad	2	2
6	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

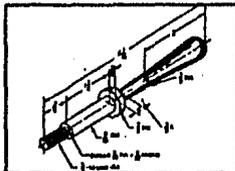
PARTE 24 Tornillo



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al cromo-niquel barra redonda de 1" $\emptyset$ , cortar material a $5 \frac{3}{4}''$ , SAE 3240	Torno de 9" volteo	Arco y se-gueta
2	Rebajar a $1 \frac{1}{16}'' \emptyset \times 5 \frac{3}{4}''$ largo	1	Buril $\frac{1}{4}''$
3	Rebajar-en cara A a $\frac{1}{2}'' \emptyset \times \frac{3}{4}''$	1	2
4	A $1 \frac{3}{32}''$ de la cara A rebajar a $\frac{1}{16}'' \emptyset \times \frac{3}{16}''$ ancho	1	2
5	Hacer el chaflan en la cara A a $\frac{1}{16}'' \times 45^\circ$	1	2
6	A partir del punto B rebajar y hacer rosca de $\frac{1}{8}''$ -11UNC-2A x $\frac{1}{4}''$ largo	1	2
7	En el punto B hacer un rebaje de $\frac{1}{2}'' \emptyset \times \frac{1}{4}''$	1	2
8	Voltear y refrentar cara, y dejar a $5 \frac{3}{8}''$ de largo	1	2
9	Desbastar y hacer radio con $\frac{1}{16}''$ R en cara C	1	2
10	Marcar centros para agujerar a $\frac{1}{8}''$ de la cara C	Mesa de trabajo	Compás y punto
11	Agujerar en el centro marcado con broca $2 \frac{1}{4}''$	Taladro	Broca
12	Desmontar en torno y montar en rectificadora y rectificar de B a C	Rectificadora Cilíndrica	Muela
13	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

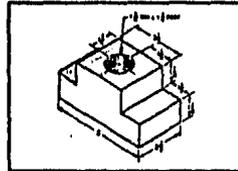
PARTE 25 Manija



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material barra circular de 1" Ø x 7" largo, acero SAE 1020	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Montar y centrar con el contrapunto	Torno de 9" volteo	-
3	Hacer cono de 3/4" Ø a 1/8" en un largo de 2	2	Buril de 1/4"
4	Desbastar a 3/8" Ø después del cono 1/2" de largo	2	3
5	Desbastar 7/8" Ø la parte izquierda	2	3
6	Desbastar a 3/16" Ø después del anillo 1/8" Ø x 3/16"	2	3
7	Desbastar a 3/8" Ø en 7/8" en la parte final izquierda	2	3
8	Desbastar cuello a 3/16" Ø x 2/32" ancho	2	3
9	Hacer-rosca en el desbaste de 1/8" tipo de rosca 16-UNC-2A	2	3
10	Cortar a 6 1/16" de largo	Torno	Arco y se-gueta
11	Hacer bisel a 1/16" x 45° en la otra cara	2	3
12	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

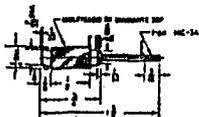
PARTE 26 Portatintero



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero al carbono SAE 1020 de 5 1/4" x 2 1/4" x 2 1/2"	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Fresado de pieza para dejar a 5" x 2 1/2" x 2 1/4"	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Rebajar los escalones a 1 1/8" de profundidad x 1 1/4" de largo	2	2
4	Trazar centro del agujero	---	Aguja de trazador, compás, granete, martillo,
5	Agujearar pieza a 1 1/8" Ø x 1 1/4" de profundidad	Taladro	Broca
6	Desmontar, limpiar y verificar	----	Vernier

RUTA DE TRABAJO

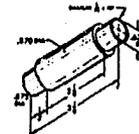
PARTE 27 Mango



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero barra redonda de $1/4$ " $\phi$ x $1 1/4$ " de largo, SAE 3240	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Montar y centrar	Torno de 9" volteo	-
3	Desbaste y afinado a $1/8$ " $\phi$	2	Buril $1/8$ "
4	Rebajar a $7/32$ " $\phi$ x $1/8$ " largo cara A	2	3
5	Redondear cara A a $1/32$ " de largo	2	3
6	Moletear en diamante 33p la parte que está a $1/8$ " $\phi$ hasta $1/2$ " de largo (punto c)	2	Rueda para moletear
7	A partir del punto c rebajar a $1/32$ " $\phi$ x $1/32$ " de largo (punto d)	2	3
8	Voltear pieza		
9	Rebajar a $1/16$ " $\phi$ x $1/8$ " de largo (hasta punto d)	2	3
10	Rebajar a broca $1$ x $1/8$ " de largo	2	3
11	Roscar a $1-54$ NC-2A x $1/16$ " largo	2	Tarjeta cojinete c/soporte
12	Desmontar y montar en rectificadora rectificando de "d" a "e"	Rectificadora cilíndrica	Muela
13	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

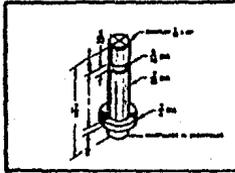
PARTE 28 Eje



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero barra redonda de $1/8$ " $\phi$ x $3 1/16$ " de largo, SAE 1020	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Rebajar y ajustar a $0.870$ " $\phi$ x $3 1/8$ " de largo	Torno de 9" volteo	Buril de $1/8$ "
3	Rebajar a $0.620$ " $\phi$ x $1/2$ " de largo	2	2
4	Biselar a $1/16$ " x $45^\circ$ en el extremo	2	2
5	Voltear y repetir operaciones 3 y 4	2	2
6	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

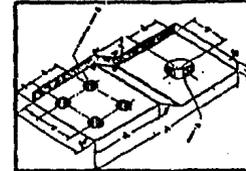
PARTE 29 Eje



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección del material barra de acero $3/16"$ al molibdeno, SAE 4140	-	-
2	Refrentar primera cara	Torno de 9"	Suril de $3/16"$
3	Rebajar a $7/16"$ $\phi$ x $1 1/8"$ largo a partir de la cara	2	2
4	A $3/8"$ del extremo, rebajar a $3/16"$ $\phi$ x $3/8"$ largo	2	2
5	Biselar a $3/16"$ $45^\circ$ en el extremo	2	2
6	A $1 1/2"$ del extremo, rebajar a $7/16"$ $\phi$ x $3/8"$ largo	2	2
7	Cortar y refrentar a un largo de $2 7/8"$	2	2
8	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

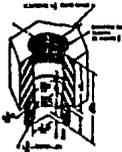
PARTE 30 Placa escalonada



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero SAE 1020, de $6 3/8"$ x $1 1/4"$ x $3 1/8"$	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfín
2	Fresar para dejar pieza a $6 1/2"$ $1" \times 3"$	Fresadora vertical	Fresa de vástago
3	Hacer los escalones con una profundidad de $3/8"$ a partir de $2 7/8"$ de los extremos (uno en cara anterior y otro en cara posterior) y de ahí con un $\phi$ de $60^\circ$ rebajar de "a" a "b" y de "c" a "d"	2	2
4	Trazar centros de agujeros: $1 1/8"$ x $1 1/2"$ en el extremo B y $2 1/8"$ de los extremos y $2 1/8"$ de los anteriores en línea horizontal	-	Aguja de trazador, compás
5	Hacer agujeros en el extremo B de $1 7/16"$ , los restantes de $3/16"$	Taladro	Brocas
6	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

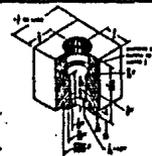
PARTE 31 Tapa



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	herramienta
1	Selección y corte de material acero al Ni-Cr-Mo SAE 8620 barra cuadrada de 1 7/8" x 1 7/8" largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Montar en torno, y refrentar a 1 3/16"	Torno de 9" volteo	Buril de 1/4"
3	Agujerar a 2 7/32" Ø a todo lo largo de la pieza	2	Cabezal móvil broquero y broca
4	Roscar en cara A a 1 5/16" 12UNF 2A a 7/16" de largo	2	Terraja cojineta con soporte
5	Agujerar a 1 1/32" Ø x 1/8" de profundidad en cara A	2	3
6	Voltear pieza y centrar	2	-
7	Agujerar a 2 9/32" Ø x 1 1/8" largo	2	3
8	Tarrajar a 1 5/8" Ø x 1/8" largo	2	Macho de roscar, varilla giramachos
9	Desbastar caras hexagonales a 1 5/8" entre caras	Fresadora vertical	Fresa de vástago
10	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier calibrador de roscas

RUTA DE TRABAJO

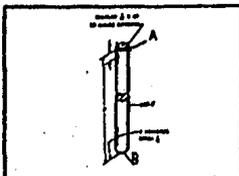
PARTE 32 Tapa



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	herramienta
1	Selección y corte de material acero al Ni-Cr-Mo SAE 8620 barra cuadrada de 1 5/8" x 1 5/8" de largo	Sierra horizontal	Sierra cinta sinfin
2	Montar en torno y centrar	Torno de 9" volteo	Chuck independiente
3	Agujerar a 3/8" Ø x 1 7/16" profundidad	2	Cabezal móvil con broquero y broca
4	Agujerar a 2 1/16" Ø x 2 7/32" de prof.	2	3
5	Roscar para tubo de 1/2" a 3/4" de profundidad	2	Macho de roscar, varilla giramachos
6	Voltear y centrar	2	-
7	Hacer escalón a 2 1/32" Ø x 1/4" de profundidad	2	Buril de 1/4"
8	Hacer escalón a 0.9353" Ø x 5/32" de profundidad	2	7
9	Biselar a 1/16" x 45° el agujero de 7/16" Ø	2	7
10	Desbastar caras a 1 1/2" x 1 13/32"	Fresadora vertical	Fresa de vástago
11	Desmontar, limpiar y verificar	-	Vernier

RUTA DE TRABAJO

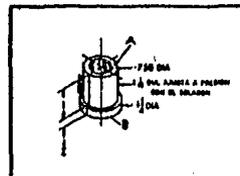
PARTE 33 Eje



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte del material acero SAE 1020 barra redonda de $\frac{3}{8}$ " $\phi$ x $7\frac{1}{4}$ " de largo	Torno 9" de volteo	Arco y segueta
2	Desbastar y afinar a 0.623" $\phi$ a todo lo largo de la pieza	1	Buril de $\frac{1}{4}$ "
3	Refrentar cara A y biselar a $\frac{1}{16}$ " x $45^\circ$	1	2
4	Voltear la pieza y repetir el paso 3 en la cara B	1	2
5	Desmontar la pieza y marcar centros de agujeros a $\frac{1}{4}$ " de la cara A y 1" de la cara B	Mesa de trabajo	Compás gra- nete, marti- llo, aguja de trazador
6	Hacer agujeros de $\frac{3}{16}$ " $\phi$ en las marcas	Taladro vertical	Broca
7	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

RUTA DE TRABAJO

PARTE 34 Buje



No.	OPERACION	MAQUINA EMPLEADA	HERRAMIENTA
1	Selección y corte de material acero SAE 4140 barra redonda de $1\frac{1}{16}$ " $\phi$	---	Segueta y arco
2	Colocar y sujetar	Torno de 9"	Chuck
3	Refrentar cara A	2	Buril $\frac{1}{4}$ "
4	Desbastar a $1\frac{1}{4}$ " DIA en $1\frac{1}{4}$ "	2	3
5	Desbastar a $1\frac{3}{16}$ " DIA x 1" largo	2	3
6	Agujear a 0.75" DIA en $1\frac{1}{4}$ "	2	Cabeza mó- vil broque- ro y broca
7	Cortar a $1\frac{3}{16}$ " de largo y desmontar	2	Segueta y arco
8	Voltear pieza y refrentar cara B a $1\frac{1}{4}$ "	2	3
9	Montar en rectificadora y rectificar de "A" a "C"	Rectificadora cilíndrica	Muela
10	Desmontar, limpiar y verificar	---	Vernier

## BIBLIOGRAFIA

Abou, Zeid; Mohammad, Raafat: *Group Technology* (USA, Industrial Engineering, v7 n5, May 1975 p 32-39).

Abou, Zeid, Mohammad, Raafat: *Manufacturing System Analysis and Evaluation for Group Technology Application* (USA, Proc AIIE Annu Conf 26th, May 1975, p 279-286).

Barash, Moshe: *Group Technology considerations in planning manufacturing systems* (USA, SME Tech Pap Ser, CAD/CAM 4 Conf, Dallas, Tex; Nov 1976, 14 p).

Basak, P.C.; Tripathi, D.K: *Group Technology in CRS through PFA* (India, Journal Institute Engineering, v65, Mar 1981, p 204-206).

Buffa, Eldwood; Taubert, William: *Sistema de Producción e Inventario* (México, Limusa, 1a. Ed, 1975).

Burbidge, John: *A.T.D.A. and Group Technology* (USA, Int J Prod Res, v11 n4, Oct 1973 p 315-324).

Dutkowsky, Robert; Hitomi, Katsundo; Ham, Inyong: *Production scheduling in Group Technology application: yesterday's concept in tomorrow's world* (USA, SME Tech Pap Ser, Annu Conf-Book 2, Cleveland, Ohio, Abr 1976, 15 p).

Gallagher, C.C.; Southern, G; Abraham, B.L.: *Factory component profile for Group Technology* (USA, Machine Production Engineering, v122 n3145, Feb 1973, p 284-289).

Ham, Inyong: *Group Technology applications for higher manufacturing productivity* (México, Sem. Fac. Ing. 1981).

Murch, Lawrence: *Group Technology in Assembly - The reprogrammable feeding and orienting system* (USA, SME Tech Pap Ser, Assemblex 3 Conf Rosemont, III; Oct 1976, 13 p).

Oficina Internacional del Trabajo: *Introducción al estudio del trabajo* (Suiza, OIT, 3a. Ed., 1980).

Singh, C.K.; Kumar, Pramil: *Economic analysis of Group Technology* (India, Journal Institute Engineering, Sep 1978 p 63-69).

Suresh, N: *Optimizing intermittent production systems through Group Technology and MRP systems* (USA, Prod Invent Manage, v20 n4, 1976 p 76-84).