



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)



19356

Distr. LIMITADA

ID/WG.514/6

5 de septiembre de 1991

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

ORIGINAL: ESPAÑOL

---

Cuarta Consulta sobre la Industria de Bienes  
de Capital, con especial referencia  
a las máquinas herramienta

Praga (Checoslovaquia), 16 a 20 de septiembre de 1991

CONDICIONES DE ENTRADA EN LA INDUSTRIA DE MAQUINAS  
HERRAMIENTAS Y MEDIDAS PARA PROMOVER LA  
COMPETITIVIDAD DE LA PRODUCCION LOCAL\*

Preparado por

Sergio Merino Cisternas\*\*  
Consultor de la ONUDI

---

\* Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. La mención de empresas en el presente documento no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUFI). Este documento no ha pasado por los servicios de edición.

\*\* Director, Promotores Internacionales para el Desarrollo, PROMINDE LTDA., Marín 0124, Santiago de Chile.

## INDICE

	Página
<b>PROLOGO.....</b>	<b>6</b>
<b>PRIMERA PARTE</b>	
<b>LOS PROCESOS BASICOS METALMECANICOS</b>	
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>FUNDICION</b>	
1.- Descripción del Proceso.....	10
2.- Tendencias tecnológicas.....	12
3.- Presencia de la fundición en las máquinas herramientas.....	13
<b>CAPITULO II</b>	
<b>FORJA</b>	
1.- Descripción del Proceso.....	14
2.- Tendencias Tecnológicas.....	14
3.- Presencia de la Forja en las Máquinas Herramientas.....	14
<b>CAPITULO III</b>	
<b>ESTAMPADO</b>	
1.- Descripción del Proceso.....	15
2.- Tendencias Tecnológicas.....	15
3.- Presencia de Piezas Estampadas en las Máquinas Herramientas.....	15
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>MECANIZADO</b>	
1.- Descripción del Proceso.....	16
2.- Tendencias Tecnológicas.....	16
3.- Presencia del Mecanizado en las Máquinas Herramientas.....	20

**CAPITULO V****TRATAMIENTOS TERMICOS**

- 1.- Descripción del Proceso..... 22
- 2.- Tendencias Tecnológicas..... 22
- 3.- Presencias del Proceso en  
las Máquinas Herramientas..... 22

**CAPITULO VI****RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**

- 1.- Descripción del Proceso..... 23
- 2.- Tendencias Tecnológicas..... 23
- 3.- Presencia de los Recubrimientos  
Superficiales en las Máquinas Herramientas..... 24

**CAPITULO VII****PRODUCCION DE ENGRANAJES**

- 1.- Descripción del Proceso..... 25
- 2.- Tendencias Tecnológicas..... 26
- 3.- Presencias de los Engranajes en  
las Máquinas Herramientas..... 26

**SEGUNDA PARTE****OTRAS CONDICIONES DE INGRESO A LA PRODUCCION DE MAQUINAS HERRAMIENTAS**

- INTRODUCCION.....27**

**CAPITULO I****LA SUBCONTRATAACION**

- 1.- Condiciones Generales..... 28
- 2.- Bolsas y Ferias de Subcontratación..... 30
- 3.- Subcontratación Nacional e Internacional..... 31
- 4.- La Nueva Relación con los Proveedores..... 32
- 5.- La Subcontratación en la Producción  
de Máquinas Herramientas..... 32

**CAPITULO II**

<b>CAPACITACION.....</b>	<b>33</b>
--------------------------	-----------

**CAPITULO III**

<b>MERCADO INTERNO.....</b>	<b>35</b>
-----------------------------	-----------

**CAPITULO IV**

<b>PROTECCIONISMO.....</b>	<b>37</b>
----------------------------	-----------

**CAPITULO V****FINANCIAMIENTO**

1.- Antecedentes.....	40
2.- Consideraciones Generales sobre el Leasing.....	40
3.- Ventajas en el Uso de Leasing.....	41
4.- Tipos de Leasing Utilizables.....	42
5.- El Leasing como Instrumento de Comercialización Internacional de Bienes de Capital.....	44
6.- Financiamiento de las Exportaciones.....	44

**CAPITULO VI****CAPACIDAD DE DISEÑO**

1.- Antecedentes.....	47
2.- El Diseño de las Máquinas Herramientas.....	47
3.- Nuevas Tecnologías de Diseño.....	48
4.- Resummen.....	50

**TERCERA PARTE****LA PRODUCCION DE MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMERICO**

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>51</b>
--------------------------	-----------

**CAPITULO I****ESTRUCTURA DEL CONTROL NUMERICO**

1.- Elementos que la componen.....	52
2.- Sistema de Medición.....	53
3.- El Control de Trayectoria.....	54
4.- Programación Asistida por Computación CNC.....	54

**CAPITULO II****CONDICIONES PARA EL INGRESO A LA PRODUCCION DE MHCN EN UN PAIS  
EN DESARROLLO**

1.- Antecedentes.....	56
2.- Condiciones Generales.....	56
3.- Condiciones Específicas.....	57
4.- Servicios de Preventa y Postventa.....	58
<b>ANEXO.....</b>	<b>59</b>

## PROLOGO

En la "Reunión Regional de Expertos para América Latina sobre la Industria de Bienes de Capital con Especial Referencia a las Máquinas Herramientas", que se celebró en Santiago de Chile entre los días 8 y 11 de Abril de 1991 en la sede de la CEPAL, se presentaron distintos trabajos relativos a los problemas que enfrentan los productores y los usuarios de máquinas herramientas y sobre experiencias de cooperación bilateral, regional e internacional.

La idea central contenida en estos trabajos y las exposiciones que hicieron sus autores, fue que la producción de máquinas herramientas era muy deseable por todos los beneficios directos e indirectos que esta producción conlleva. En especial, se destacaron entre estos beneficios el adelanto tecnológico, la capacitación del personal, los altos salarios, el abastecimiento del mercado interno y las posibilidades de exportación.

Algunos asistentes, especialmente los representantes de Brasil y Argentina, países en los que existe producción de máquinas herramientas, abundaron en consideraciones favorables acerca de estos beneficios. Sin embargo, se estimó que era necesario poner, de manifiesto con mucha claridad, las condiciones mínimas que debieran existir en los países para que la producción de máquinas herramientas fuese exitosa y no significaran fracasos como desgraciadamente ha ocurrido a menudo. No hacerlo podría, en los hechos, significar que se están vendiendo ilusiones.

Luego de un breve intercambio de ideas acerca del inicio de producción de máquinas herramientas, se estimó conveniente avanzar un poco más en estos aspectos para su análisis en la Cuarta Consulta sobre la Industria de Bienes de Capital, con Especial Referencia a las Máquinas Herramientas. Este es el objetivo del presente estudio.

De acuerdo a los términos de referencia se trata de un estudio breve que en ningún caso plantea un análisis exhaustivo de los temas tratados, sino, sólo de consideraciones especiales sobre algunos de sus aspectos más relevantes.

En el desarrollo de los trabajos realizados con ese objeto, el consultor ha podido constatar que sería muy conveniente llevar a cabo algunas investigaciones complementarias. El tema es tan importante que, a su juicio, UNIDO podría prestar una gran contribución a los países en desarrollo dentro de un marco pragmático e innovador de cooperación internacional, en el que se realce la participación activa del sector empresarial.

Si bien es cierto que en proyectos como el "Programa Regional de Automatización Industrial del Sector de Bienes de Capital de América Latina" (US/RLA/90/004) se plantea una asesoría técnica a los empresarios, el consultor considera que es preciso identificar proyectos concretos dentro de sectores específicos que involucren la participación activa del sector privado. En efecto, antes de plantear estas asesorías o capacitación es necesario despertar el interés de dicho sector y hacer que él se manifieste en forma expresa.

Ha sido de frecuente ocurrencia que interesantes programas de organismos internacionales no han tenido el éxito que de ellos se esperaba por no haber contado con la participación activa del sector empresarial en las distintas etapas de su elaboración.

En estas circunstancias, parecería ser ésta la ocasión propicia para enmendar estas carencias. A tal propósito y a modo de ejemplo se propone realizar estudios complementarios al presente informe tales como:

- La producción de máquinas herramientas como la culminación de un proceso gradual que se inicia con la mantención del parque existente.
- Las tecnologías de control numérico y la competitividad internacional.
- Efectos de las nuevas tecnologías en la calidad de los productos.
- Posibilidad de adopción de los Sistemas de Manufacturas Flexible en los Países en Desarrollo.
- Influencia de las nuevas tecnologías de mecanizado y de otros procesos básicos en la división del trabajo.
- La cooperación internacional y la participación de los empresarios en el uso de las nuevas tecnologías.
- Los Acuerdos de Complementación Económica de ALADI y la producción conjunta de máquinas herramientas en los países latinoamericanos.
- Impacto en los países en desarrollo por la no adopción de las tecnologías de avanzada.

Con respecto a su contenido el presente informe consta de tres partes y un anexo.

La Primera Parte se refiere a los procesos básicos metalmeccánicos cuyo desarrollo es indispensable para producir máquinas herramientas. Los procesos analizados son: Fundición, Forja, Estampado, Tratamientos Térmicos, Recubrimientos y Fabricación de Engranajes.

Esta primera parte se complementa con un anexo que presenta todos los procesos básicos metalmeccánicos identificando, las principales variedades que hay en cada uno de ellos.

La Segunda Parte presenta las otras condiciones fundamentales para la instalación y progreso de una industria de Bienes de Capital en los países en desarrollo, tales son: Posibilidades de Subcontratación, Capacitación, Mercado Interno, Protección, Financiamiento y Capacidad de Diseño.

La Tercera Parte se refiere a las condiciones necesarias para producir máquinas herramientas de control numérico en un país en desarrollo.

Cada una de las partes de este informe va precedida de una introducción que explica su contenido.

## LOS PROCESOS BASICOS METALMECANICOS (1)

### INTRODUCCION

Una máquina herramienta así como cualquier equipo o bien de capital, está conformada por distintas piezas que se producen utilizando los procesos básicos metalmecánicos. Así es como en ellos se encuentran piezas fundidas y forjadas sometidas a tratamientos térmicos; piezas soldadas y con recubrimientos metálicos, además de piezas especiales tales como engranajes. Todas estas piezas deben ensamblarse para constituir el bien.

La producción de máquinas herramientas requiere entonces en forma ineludible la presencia de estos procesos básicos en un grado de desarrollo tal, que permita obtener piezas de las calidades y tolerancias exigidas para que el desempeño de tales máquinas herramientas, sea el esperado.

En algunos países en desarrollo en los que no existe un adecuado nivel de los procesos básicos metalmecánicos, se ha optado por un esquema de integración vertical en virtud del cual la empresa productora de máquinas herramientas pasa a ser su propia proveedora de las partes y piezas elaboradas por medio de tales procesos. Pero como la demanda de fundición, forja, tratamientos térmicos y elaboración de engranajes es pequeña si se compara la producción de máquinas herramientas con la de otros sectores industriales, como el automotriz que tiene producciones seriadas, estas experiencias de integración vertical no resultan exitosas debido al bajo nivel de utilización de la capacidad de producción instalada.

Por todo lo anterior y considerando que el presente estudio, dentro de sus obvias limitaciones, trata de focalizar las condiciones que son necesarias para que en un país en desarrollo se instale una actividad de producción de máquinas herramientas que sea exitosa, ha parecido adecuado explicar en primer lugar en que consisten los principales procesos básicos metalmecánicos mediante una descripción de los mismos. Asimismo, se ha incluido un resumido comentario para cada uno de ellos acerca de sus principales tendencias tecnológicas, con el fin de tener, hasta donde sea posible, una visión actualizada de cada proceso y las carencias que hay en un determinado país entre su nivel tecnológico y el del mundo desarrollado.

(1).- Sergio Merino. La Industria Metalmecánica Centro para Estudios del Desarrollo CED.

Finalmente, respecto de cada proceso se analiza brevemente también su participación específica en la producción de máquinas herramientas, de manera de comprobar si es posible proyectar la fabricación de estos bienes sin un adecuado desarrollo de estos procesos.

Esta Primera Parte está constituida por siete capítulos dedicado cada uno a un proceso básico en el orden siguiente; Capítulo I Fundición, Capítulo II Forja, Capítulo III Estampado, Capítulo IV Mecanizado, Capítulo V Tratamientos Térmicos, Capítulo VI Recubrimientos, Capítulo VII Producción de Engranajes.

En el Anexo I se identifican en forma muy desagregada los Procesos Básicos Metalmecánicos, pues prácticamente todos ellos están de alguna manera relacionados con la producción de máquinas herramientas y de sus dispositivos complementarios.

## CAPITULO I

### FUNDICION (2)

#### 1.- Descripción del Proceso.

El proceso de fundición consiste en llevar un metal o aleación al estado líquido mediante la aplicación de calor y vaciarlo en moldes que tienen la forma de la pieza que se desea producir.

Hay por lo tanto dos subprocesos fundamentales: la fusión y el moldeo. El primero se realiza en hornos de distinto tipo, según el elemento calefactor que se use: coque, petróleo, energía eléctrica. El segundo se efectúa en distintos tipos de moldes: arena, costra (shell molding), metálicos. Desde el punto de vista de la forma en que se realiza el vaciado, se distingue entre fundición por gravedad y fundición a presión. Esta última se realiza con máquinas especiales que inyectan el metal fundido en moldes de acero, de gran resistencia al choque térmico y mecánico.

Otros subprocesos fundamentales en el proceso de fundición son: la preparación de arena; la producción de almas, (corazones, noyos, para llenar las cavidades interiores que deberán tener las piezas); el desmoldeo; el transporte de moldes, metal y piezas fundidas; y finalmente, la limpieza.

Las aleaciones metálicas que más frecuentemente se someten al proceso de fundición son las ferrosas (fierro, acero) y las no ferrosas (bronce, latón, zamac, aluminio). En términos generales el fierro constituye el 80%, el acero el 10% y las aleaciones no ferrosas el 10% del total del peso de las aleaciones que se funden a nivel mundial.

#### 1.1.- Fierro Fundido.

El fierro fundido (aleación de fierro con más de 1,9% de carbono) tiene características mecánicas inferiores en general al acero fundido. Sin embargo, su excelente fluidez permite producir piezas más delgadas y de formas mucho más complejas. Cuando el grafito (carbono) se solidifica, se forman laminillas dándoles así al material una gran capacidad de amortiguación, resistencia al

calor y facilidad de mecanizado pero, limitando su resistencia mecánica y su ductibilidad y constituyéndose en un material frágil. Por eso se han investigado otros tipos de fundiciones de hierro como es la nodular o fundición dúctil.

Esta constituye uno de los principales aportes de la metalurgia al proceso de fundición, pues las características mecánicas de las piezas de fundición nodular llegan a ser similares a las fundidas en acero, lo que permite incluso reemplazar el proceso de forja. Tal es el caso de piezas de tantas exigencias como cigueñales para motores.

### 1.2.- El Acero Fundido.

El acero fundido (aleaciones de hierro con menos de 1,9% de carbono) debe distinguirse del laminado, que es producido en las plantas siderúrgicas en forma de barras, perfiles, planchas, etc. Como su nombre lo indica, estos semiproductos se fabrican mediante el proceso de laminación, que es fundamentalmente distinto al de fundición. El acero fundido tiene importante aplicación en la elaboración de los bienes de capital, en piezas que deben satisfacer especiales condiciones de resistencia a distintas exigencias (impacto, abrasión, corrosión, temperatura, etc.). Para ello, al acero se incorporan metales como manganeso, molibdeno, cromo, níquel, vanadio, niobio, sean de baja o de alta aleación (más de un 10% de aleación).

### 1.3.- Fundición no ferrosa.

Son las fundiciones de aleaciones entre las que se destacan: las de cobre (con estaño, zinc, plomo) que son los bronce y latones, las de aluminio (con cobre, silicio, manganeso) las de zinc (con aluminio: zamac).

Con la fundición de estas aleaciones se fabrican productos tales como bombas, válvulas, descansos, hélices, conexiones, etc.

## 2.- Tendencias tecnológicas.

En lo tocante a la fusión, se tiende al reemplazo de los hornos de combustibles fósiles por los de inducción eléctrica, los cuales permiten un mejor control de la composición de las aleaciones y de la temperatura del metal fundido produciendo a la vez menor contaminación ambiental.

El antiguo sistema de moldes a mano, por otra parte, salvo el caso de la producción de muy pocas piezas iguales, ha sido definitivamente reemplazado por el moldeo mecanizado. Este hace posible la producción de muchas piezas por molde y el uso de moldes de mayor tamaño, con ventajas no sólo en la productividad, sino, también en la exactitud de las piezas. Las máquinas moldeadoras pueden producir del orden de 100 moldes por hora.

La tendencia actual apunta al uso de máquinas moldeadoras de alta presión que operan con múltiples pistones. Así se puede ejercer igual presión en toda la superficie del molde, cualquiera sea su forma, y se obtienen piezas de una mayor exactitud dimensional. Otro sistema muy novedoso desarrollado en Dinamarca, consiste en un moldeo vertical de alta presión, sin cajas, que obtiene piezas con tolerancias muy estrechas y reduce costos posteriores de mecanizado.

La mayor exactitud dimensional que se obtiene en las piezas y la ausencia de requerimientos de desbardado y limpieza justifican el uso de moldes metálicos o permanentes, cuando las condiciones de las piezas y de la aleación lo permiten. Si se trata de aleaciones con estaño se recurre para el llenado a las coquillas (válvulas, medidores de agua, etc.). Si por el contrario se trata de aleaciones de bajo punto de fusión, como las de aluminio, se usa en general el sistema de fundición a presión. Este sistema ha tenido permanentes avances tecnológicos que permiten encarar la producción de piezas tan complejas como un block de motor.

La preparación de arena, que consiste en obtener una arena "moldeable" mediante su mezcla con distintos elementos, se ha mejorado con la introducción de equipos de molinos que ahora regulan automáticamente las adiciones de agua, bentonita y otros aditivos.

La producción de almas ha ido evolucionando hacia el uso de resinas fenólicas (shell core) o resinas furánicas (hot box), que evitan el proceso de cocción a que antes debían ser sometidas y las deformaciones a que éste daba origen.

En el desmoldeo, o sea la separación de la arena y de las piezas coladas, se están usando tipos de harneros de vibraciones cada vez más potentes.

En el transporte de metal, de los moldes y de las piezas fundidas, hay una tendencia muy clara hacia la automatización.

En el proceso de proyección abrasivo (granallas), que es el que se utiliza fundamentalmente para limpiar las piezas, se han

desarrollado turbinas más resistentes al desgaste y sistemas que permiten un alto grado de separación de los materiales de moldeo y los elementos abrasivos metálicos, incluyendo la recuperación de arena. Asimismo, se han conseguido mejores condiciones de trabajo disminuyendo ruidos y polvos, condiciones características de las antiguas fundiciones.

Un tipo de fundición, que aunque se ha usado por miles de años tiene en la actualidad una especial vigencia es el llamado "a la cera perdida". Este sistema se utilizó en épocas muy remotas como en las civilizaciones precolombinas de los mayas y los incas, en la fabricación de artículos de orfebrería fundidas en oro. Su principal característica es que usa moldes de una sola pieza, lo que evita la tendencia a separarse de los moldes de dos piezas bajo la presión del metal fundido y con ello la "costura" o línea de separación que casi siempre aparece en las piezas fundidas en moldes de dos piezas.

Actualmente y, gracias al uso de materiales termoplásticos, el sistema se ha perfeccionado de tal manera que se llama "fundición de precisión" (Investment Casting) y puede alcanzar tolerancias de 0,05 mm por cm lineal

### 3.- Presencia de la fundición en las máquinas herramientas.

Las bancadas, bases, columnas y otras piezas semejantes que constituyen fundamentalmente la estructura de las máquinas son de hierro fundido. Especial preocupación deben tener los productores de piezas fundidas para máquinas herramientas de que tanto las partes delgadas como gruesas tengan las mismas propiedades después que la pieza se ha enfriado. Asimismo, la resistencia a la tracción y la dureza del metal son influenciados por la presencia en el hierro fundido de pequeñas cantidades de elementos tales como: carbón, silicio, manganeso, azufre, y fósforo. Por eso, es necesario extraer muestras antes del vaciado del metal a los moldes y analizarlos, por ejemplo, en espectrómetro de emisión al vacío.

Es muy importante que las piezas fundidas a las que se ha hecho referencia como partes fundamentales de las máquinas herramientas, no contengan nitrógeno y oxígeno que quedan atrapados después de la desgasificación, porque pueden producir microporosidades en el proceso de solidificación. Por eso, en las plantas modernas productoras de máquinas herramientas o en las fundiciones que son sus proveedores es muy importante el análisis exacto del oxígeno y nitrógeno disueltos en el metal fundido.

Cuando se trata de piezas pequeñas y de gran precisión que deban incorporarse a las máquinas herramientas, la fundición a la cera perdida puede ser la tecnología más adecuada.

## CAPITULO II

### FORJA (3)

#### 1.- Descripción del Proceso.

La forja consiste en someter los elementos metálicos en caliente o en frío, a fuerzas de impacto, progresivas o dinámicas para darles formas determinadas, basadas en su deformación plástica.

Hay dos tipos generales de forja en caliente: la libre o abierta y la de estampa. La forja libre o abierta se realiza mediante martillos (neumáticos o hidráulicos), que se utilizan de preferencia para la fabricación de piezas muy grandes, de hasta 300 toneladas de peso, como es el caso de los ejes propulsores de motores de barcos y las ruedas de vagones de ferrocarril.

En la forja de estampa, en cambio, se provoca la deformación entre las paredes y cavidades de dos matrices, las cuales al juntarse dan una forma predeterminada al trozo de metal caliente. Las máquinas en que se realiza la forja de estampa son las prensas, que pueden ser de accionamiento mecánico, hidráulico o neumático.

Casi no hay máquina o equipo que no incluya piezas forjadas, máxime si está sometido a requerimientos rigurosos, como es el caso de trituradoras cónicas, molinos de bolas, válvulas para altas presiones, carros de ferrocarril, laminadores para la industria siderúrgica, etc. También en los vehículos motorizados hay un gran número de piezas forjadas, en particular en los motores, cajas de cambio, diferencial, sistemas de freno, etc.

#### 2.- Tendencias Tecnológicas.

En el proceso de forja la tendencia actual apunta al uso de máquinas de mayor presión y velocidad que exigen a su vez como insumos, aceros de mayor resistencia. Asimismo, se avanza hacia una comprensión más cabal del proceso de deformación plástica por medio de complejos análisis de laboratorio.

#### 3.- Presencia de la Forja en las Máquinas Herramientas.

Piezas forjadas se encuentran frecuentemente en las máquinas herramientas como es el caso de engranajes, husillos, flanges, platos, torres para los tornos revólver, elementos de fijación de las piezas, etc.

(3).- Sergio Merino. "Los Procesos de Forja en los Países Medianos y Pequeños de Centro y Sud América". CEPAL 1985.

## CAPITULO III

### ESTAMPADO

#### 1.- Descripción del Proceso.

El estampado es el proceso mediante el cual se deforman planchas de acero en matrices que les dan la forma requerida por medio de prensas que proporcionan el empuje necesario.

#### 2.- Tendencias Tecnológicas.

El uso de planchas de acero de alta resistencia y baja aleación (HSLA) es cada vez mayor, lo que permite disminuir los espesores y por lo tanto el peso de las planchas para obtener la misma resistencia que en las más pesadas fabricadas con los sistemas tradicionales. Esta situación se ha hecho especialmente notable en la industria automotriz, en la cual las estrictas normas para obtener economía de combustible han puesto al acero en frontal competencia con sus sustitutos, principalmente el aluminio y el plástico. Fue en las carrocerías monobloks o compactas, las que mostraron que no sólo era cuestión de reemplazar el acero dulce más pesado y antiguo por uno más liviano y de mayor resistencia, sino que, aprovechando las características del acero la estructura misma asumía los roles de integridad estructural y resistencia al impacto, que en las carrocerías antiguas correspondía a los chasis mucho más pesados. Ha sido pues todo un eficiente desarrollo de diseño, matricería, uso de aceros de alta resistencia y baja aleación, lo que ha permitido disminuir ostensiblemente el peso de los vehículos y por lo tanto cumplir las metas de menores consumos de combustible. Es así como entre 1976 y 1990 el peso del acero contenido en un coche típico fabricado en Estados Unidos disminuyó de 1.035 kgs. a 796 kgs.

Ello pone de relieve, además, que en la referida competencia el acero ha logrado disminuir el peso de los vehículos no tanto en el reemplazo con otros materiales, sino, en la utilización de tipos de acero más livianos.

#### 3.- Presencia de Piezas Estampadas en las Máquinas Herramientas.

En las máquinas herramientas se usan planchas de acero estampado en diversas piezas de tipo estructural y de protección y asimismo en piezas de fijación, como golillas.

## CAPITULO IV

### MECANIZADO

#### 1.- Descripción del Proceso.

Antes de ser incorporadas en un producto metalmecánico, las piezas fundidas o forjadas y las que se fabrican a partir de semielaborados genéricos (barras, perfiles, planchas) deben ser sometidas al proceso de mecanizado. Este consiste en operaciones tales como torneado, taladrado, roscado, cepillado, fresado, rectificando, que dan a las piezas las medidas definitivas para su ensamblado con otras y la formación de conjuntos que han de constituir los equipos a los cuales están destinadas. Estas operaciones se realizan en las llamadas máquinas herramientas (tornos, taladros, roscadoras, cepillos, fresadoras, rectificadoras), productos a su vez del propio sector metalmecánico.

El 60% de la producción mundial de las máquinas herramientas es generado por Alemania Occidental, Unión Soviética, Italia y Japón. La extensa gama de tipos y modelos utilizados ha llevado a una creciente especialización, favoreciendo el intercambio internacional.

Las máquinas-herramientas podrían agruparse en tres categorías: convencionales; de control numérico, para la producción de pequeñas o medianas cantidades; y automáticas, para la producción en grandes series.

#### 2.- Tendencias Tecnológicas. (4)

Las máquinas de control numérico derivan de las máquinas convencionales. Sus movimientos los comanda un control electrónico, alimentado por cintas, perforadas o magnéticas, o transmitido directamente mediante un computador. Una de sus principales ventajas, especialmente para los países en desarrollo, es que pueden ser operadas por personal de menor nivel de capacitación que el que sería necesario para manejar el conjunto de máquinas convencionales y hacer un trabajo equivalente. El uso de computadores en las máquinas de control numérico permite programar en forma rápida y económica el

(4).- Prominde. "Tendencias Tecnológicas de Avanzada en los Países Andinos". Bco. Interamericano de Desarrollo. INTAL

mecanizado de piezas de cualquier complejidad, aumentando así las posibilidades de competir con el mecanizado convencional, en relación al cual se estima una reducción de costos del orden del 50%. La razón principal de este ahorro es la reducción de los tiempos ociosos de la máquina.

Otra tendencia tecnológica se refiere a los "Centros de Mecanizado", que es una "máquina" de control numérico capaz de realizar diferentes operaciones tales como torneado, fresado, perforado, roscado, en una gran cantidad de piezas. La operación se realiza mediante el cambio automático de las herramientas de corte, posicionamiento automático de las superficies de las piezas a mecanizar y la carga y descarga de las piezas, mientras la máquina se encuentra en operación. Para el cambio de herramientas de corte se dispone de un variado stock de ellas, dispuesto en cargadores especiales al cual se recurre automáticamente conforme a los requerimientos del programa de trabajo.

En el montaje y posicionamiento adecuado de las piezas para acceder a sus superficies de trabajo el centro de mecanizado cuenta con mesas giratorias especiales. Asimismo, para la carga y descarga de las piezas de trabajo se cuenta con pallets y mecanismos especiales, donde se fijan las piezas mientras la máquina se encuentra operando.

Este nuevo y revolucionario concepto de mecanización disminuye el tiempo de transporte de los variados materiales que se presentan en las instalaciones convencionales de mecanizado, donde cada grupo de máquina herramienta similar se ubican en espacios separados y distantes dentro de la planta. Ello significa que la pieza que debe someterse a varios procesos está obligada a recorrer las distancias que separan a cada grupo de máquinas herramientas.

Otra tendencia tecnológica en el mecanizado que es digna de mención son los "Sistemas de Manufacturas Flexible" (FMS). Ellos nacen del deseo de independizar al operador de su máquina de control numérico, a través de las llamadas "Células de Manufacturas Flexibles". Estas consisten básicamente en una máquina de control numérico provista de sistemas de carga y de almacenamiento de las piezas, que le dan una determinada autonomía de operación, vale decir, que pueden trabajar solas sin operador.

En una célula de manufactura flexible pueden distinguirse los siguientes elementos:

- Las piezas que van a ser trabajadas.
- Los programas computacionales correspondientes.
- Las herramientas de corte que serán utilizadas.

Cuando se trabaja con varias de ellas, las "Células de Manufacturas Flexibles" dan origen a los "Talleres de Manufacturas Flexibles", en los que la complejidad es mucho mayor que en cada una de las células ya que se trata de darles una programación conjunta a todas ellas.

Los F.M.S. no consisten en el reemplazo de uno o varios equipos por alguna máquina convencional más moderna o por una dotada de control numérico, o control numérico computarizado, sino, se traducen en un replantéo parcial o total de la planta fabril, combinando equipos existentes y nuevos, lo que requiere una especialización que podría llamarse "ingeniería de procesos discontinuos".

Para comprender lo que es un sistema de F.M.S. se podría, a modo de ejemplo, identificar algunos de los elementos que contiene uno de ellos que aparece en el catálogo de un fabricante de estos equipos (5). Tales elementos son:

- Computador F.M.S. unido a cada máquina herramienta de control numérico, el cual les transfiere los programas y controla la operación de todo el sistema.
- Preposicionador de herramientas que mide exactamente el diámetro y longitud de las herramientas y las transmite automáticamente al computador que controla las herramientas.
- Pañol de herramientas que puede tener una capacidad de 960 herramientas.
- Sistema inteligente de transporte de herramientas que las saca del pañol y las entrega a cada máquina.
- Sistema inteligente de control de herramientas. Los datos de cada herramienta tales como número, nombre, longitud y diámetro son registrados en la memoria del computador de control de herramientas. Este sistema lee por medio de sensores localizados en el pañol de herramientas y en cada máquina los datos correspondientes a cada herramienta y determina si ella es la correcta para la operación que debe realizar.
- Sistema inteligente de bandejas para el transporte de las piezas. Con este sistema es posible controlar el flujo de piezas y confirmar que la operación se está realizando de acuerdo al programa de producción.
- Cadena robotizada de transporte de piezas. Las bandejas son transportadas desde una estación donde recibe las piezas hasta la máquina herramienta que debe mecanizarlas.
- Robot para poner y sacar las piezas desde la máquina herramienta.

Es importante señalar que todos los adelantos incorporados en las nuevas tecnologías, a los que se ha hecho referencia, conducen finalmente a los "Sistemas de Manufacturas Integrados" CIM, que muchos expertos estiman será la gran tecnología del futuro.

El término "Manufactura Integrada por Computación" implica el establecimiento de un vínculo estrecho dentro de la empresa entre planificación, diseño, producción, mercado y abastecedores externos. En realidad, para alcanzar el máximo beneficio del sistema el CIM debe abarcar todas las áreas de la empresa.

La habilidad del computador para transferir datos es la base fundamental del sistema. Sin embargo, la fuente primaria de estos datos que deben ser comunicados es el diseño que se usa en numerosas operaciones posteriores, tales como estimación de costos, control de inventarios y programación de máquinas automáticas. Por ejemplo, una vez que una parte es diseñada la memoria que guarda su descripción puede ser usada para generar un modelo por simulación o análisis de elementos finitos y, además, para producir dibujos u otros documentos técnicos.

Los ingenieros de producción pueden usar esta información para desarrollar prototipos, programas robots y generar las trayectorias de las herramientas en las máquinas de control numérico.

El sistema CIM ha sido desarrollado para manejar la innumerable variedad de problemas inherentes al proceso de producción, tales como fallas en los equipos, abastecimientos que no llegan oportunamente, ausentismo del personal, etc.

Algunos productores han implementado un sistema CIM en la siguiente secuencia:

- 1.- Uso de CAD (Computer Aided Design).
- 2.- Uso de CAD-CAM (Computer Aided Manufacturing) para programar máquinas de control numérico.
- 3.- Relación de los equipos con todos los otros departamentos de la empresa.

Aunque no parece cercana la existencia de sistemas CIM en los países en desarrollo, el consultor ha estimado útil señalarlos porque si se pueden implementar en el futuro significarán cambios organizativos radicales en las empresas y

un elevado desarrollo tanto de hardware como software. Gracias a estas tecnologías de avanzada ya se puede concebir una reconceptualización total del proceso productivo, que implicaría la transformación más fundamental de la industria metalmecánica.

Por otra parte, el "software gerencial" está transformando los sistemas administrativos de manera definitiva, al mismo tiempo que la creciente complejidad de los problemas tecnológicos y de mercado conduce a adoptar formas de administración participativa, tales como círculos de calidad, círculos de productividad, justo a tiempo, cero defectos.

Finalmente, podría afirmarse que aunque los sistemas CIM no se establezcan en el corto ni en el mediano plazo, parece conveniente irse preparando para ellos, a través de las secuencias comentadas, para mantener la competitividad de las manufacturas.

### **3.- Presencia del Mecanizado en las Máquinas Herramientas.**

Puede afirmarse, sin lugar a dudas, que todas las piezas que constituyen cualquier máquina herramienta no sólo deben ser mecanizadas sino que este proceso debe realizarse con un exigente nivel de exactitud. Debe tenerse presente que las máquinas herramientas se fabrican con máquinas herramientas y, por lo tanto, la exactitud que pretende obtenerse en los trabajos de un torno, por ejemplo, depende de la exactitud con la cual las partes de este torno fueron mecanizadas. Esto que es válido para las máquinas herramientas convencionales se hace mucho más crítico cuando se trata de máquinas de control numérico, de manufacturas flexibles FMS o de Manufacturas Integradas por Computación CIM. En estos últimos casos se ha llegado para algunas piezas a la exactitud inimaginable de 0,0001 mm, o sea, las modernas tecnologías de mecanizado permiten extenderse más allá del nivel de precisión submicrónico, lo que significa que esta exactitud puede traspasarse a las piezas que se mecanizan con estas máquinas, entre ellas por cierto, las propias piezas destinadas a máquinas herramientas.

Para alcanzar estos niveles de exactitud se necesitan ambientes cuya temperatura y humedad deben estar estrictamente controlados. Incluso, el polvo que pueden llevar los operarios en sus trajes o sus manos debe ser removido antes que inicien sus actividades. Además, debe disponerse de estaciones de control en cada etapa del mecanizado al que deben someterse las piezas. Estas estaciones controlan las medidas de las piezas y registran los resultados en el sistema de computación que lo trasmite a las últimas operaciones de ensamble y ajuste. El mecanizado de

piezas que pueden afectar más directamente la calidad de las máquinas herramientas, tal como la terminación de los husillos, se realiza en condiciones ambientales aún más estrictas en lugares especialmente dedicados al mecanizado de ultra precisión.

Los instrumentos de metrología usados para controlar estas estrechísimas tolerancias utilizan las más avanzadas tecnologías, como son "Sistemas Automáticos de Medidas basados en la Computación y en el Rayo Laser".

## CAPITULO V

### TRATAMIENTOS TERMICOS

#### 1.- Descripción del Proceso.

Frecuentemente las piezas de metal necesitan ser sometidas a tratamientos térmicos con el objeto de darles mejores condiciones de resistencia a diversos tipos de exigencias, de liberarlas de las tensiones internas con que han quedado después de sufrir distintos procesos de deformación o de prepararlas para el proceso de mecanizado.

En hornos especiales las piezas son sometidas a distintas temperaturas y a enfriamientos posteriores en agua o aceite. En algunos casos se emplean para el calentamiento hornos con baños de sales, en los cuales se produce un efecto termoquímico. Los tratamientos térmicos de uso más frecuente son el "recocido" para aliviar tensiones; "el temple" para endurecer las superficies; y "el revenido" para ablandar superficies endurecidas.

Además, se utilizan tratamientos térmicos especiales cuando se trata de imanes, aceros inoxidables o aleaciones ligeras.

El recocido puede ser de tipo globular o subcrítico. Asimismo, el temple puede ser bonificado, en atmósfera controlada o por inducción.

Los principales tratamientos termoquímicos son la cementación, nitruración y carbonitruración.

#### 2.- Tendencias Tecnológicas.

La principal tendencia tecnológica en los tratamientos térmicos es su automatización, especialmente en lo que se refiere al control del gradiente de temperatura. Este, que es un factor absolutamente crítico para obtener los resultados esperados, puede hacerse por estos procesos automáticos en forma muy exacta y segura.

#### 3.- Presencia del Proceso en la Máquinas Herramientas.

Prácticamente todas las piezas que constituyen una máquina herramienta deben ser sometidas a tratamientos térmicos. Desde las piezas fundidas o forjadas hasta las constituidas por semiterminados (barras, tubos, planchas, etc.) todas deben tener algún tipo de este proceso. Las piezas fundidas, por ejemplo, para evitar distorsiones posteriores deben ser recocidas a temperaturas de 550°C a 580°C, liberando sus tensiones internas. Si no se hiciera así no se podría asegurar el mantenimiento de la exactitud de la máquina herramienta durante todo el largo período de su vida útil.

## CAPITULO VI

### RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

#### 1.- Descripción del Proceso.

Los recubrimientos se usan para dar a las piezas metálicas una mejor resistencia a la corrosión producida por agentes ambientales o de otro tipo, para otorgarles una mejor presentación o para algún otro fin específico.

Los diferentes procesos de recubrimiento podrían agruparse en la forma siguiente:

- Para preparación de la superficie a tratar como es el caso del desengrase, decapado y fosfatizado.
- Electroquímicos, como el anodizado.
- Revestimientos metálicos tales como: cobrizado, niquelado, cromado, galvanizado.
- Revestimientos no metálicos tales como: pintura, esmaltado, plastificado.

Los recubrimientos metálicos se realizan mediante un proceso electro-químico denominado galvanoplastia, por el cual el metal con el que se las quiere recubrir se va depositando en las piezas que están sumergidas en baños especiales, que son sales del citado metal.

#### 2.- Tendencias Tecnológicas.

En relación a los equipos, en estos delicados procesos, se ha tendido a utilizar sistemas automáticos. Para ello, las piezas se cuelgan de una correa sin fin que las va sumergiendo levantando y trasladando en cada baño. Por lo tanto, y como todo el proceso se realiza a la misma velocidad el tiempo de permanencia en cada uno de los baños depende de su largo. Es lo que sucede, por ejemplo, en el proceso de cromado que debe ser precedido de niquelado, cobrizado y desengrasado. Estos sistemas automáticos, desarrollados principalmente en Estados Unidos, han conducido a instalaciones de galvanoplastia con baños extremadamente largos y por lo tanto costosos. Por eso últimamente se están utilizando carros sostenedores de piezas controlados por computador que evitan los largos excesivos de los baños y permiten determinar los tiempos de permanencia en cada uno con gran flexibilidad y exactitud.

Con respecto a los mismos procesos de recubrimientos, una tendencia tecnológica reciente es el depósito de metales sin corriente eléctrica mediante un proceso de reducción química. Este proceso que se controla por medio de catalizadores, permite recubrimientos de gran dureza y mayores espesores que los logrados anteriormente, como es el caso de los recubrimientos con níquel.

En los procedimientos para recuperar piezas valiosas de equipos pero desgastadas por su uso, esta tecnología tiene una gran importancia porque se puede llegar a mayores espesores que los alcanzados con el cromo duro que ha sido la manera de hacerlo los últimos años. En efecto, con el cromo duro se ha podido llegar a 300 micras mientras que con el níquel se obtiene mayor dureza y mayor espesor.

### **3.- Presencia de los Recubrimientos Superficiales en las Máquinas Herramientas.**

En las máquinas herramientas existen varias piezas que necesitan recubrimientos especialmente metálicos para asegurar una mayor duración y mejor resistencia a los agentes externos. Además el uso de recubrimientos de cromo duro o níquel duro permite recuperar piezas desgastadas como husillos y guías de bancada.

## CAPITULO VII

## PRODUCCION DE ENGRANAJES

## 1.- Descripción del Proceso.

Los engranajes son piezas dentadas que al rotar conjuntamente permiten transmitir potencia a distintas velocidades. Los principales tipos de engranajes son: rectos, cónicos, de dientes en ángulo, de tornillo sin fin. de piñon y corona, helicoidales, hipoidales.

Los engranajes constituyen partes fundamentales de los más variados tipos de equipos, como son: variadores de velocidad; cajas de velocidad de vehículos y sistemas de dirección de los mismos, cajas de cambio de cualquier bien de capital que las incorporen.

En los vehículos las cajas de velocidades son realmente la llave de la eficiencia y comportamiento del motor, por eso se les concede tanta importancia y las empresas automotrices empuñan ingentes esfuerzos en mejorarlas, haciéndolas más potentes y silenciosas, lo que depende fundamentalmente de la precisión y calidad de los engranajes.

La producción de engranajes exige operaciones de mecanizado muy delicadas, como son:

- Torneado de precisión.
- Fileteado.
- Tallado cilíndrico.
- Tallado cónico recto.
- Tallado cónico helicoidal.
- Rectificado interior y exterior.
- Brochado interior y exterior.
- Lapeado exterior e interior.

Asimismo, se necesita de tratamientos tales como:

- Temple.
- Revenido.
- Carbonitruración.
- Cementación gaseosa.

Para realizar estas operaciones debe disponerse de máquinas herramientas especiales como: talladoras, afeitadoras y fresadoras.

Estas máquinas herramientas necesitan, a su vez, de aditamentos especiales como: herramientas de corte, brochas, fresas madre, brocas, cuchillos, afeitadores, etc.

Para medir y comprobar las estrechas tolerancias permitidas en los engranajes se deben usar sistemas muy sofisticados de metrología, como son:

- Máquinas de medición en tres coordenadas, que dan precisiones de lectura de hasta 0,0005 mm.
- Máquinas de controles de hélices y perfiles
- Proyectores de perfiles.
- Rugosímetros
- Banco divisor óptico.
- Mármoles de control, columnas micrométricas y material diverso de medición.

## 2.- Tendencias Tecnológicas.

Las principales tendencias tecnológicas se refieren a la mayor exactitud del tallado de engranajes y a los sistemas de medición. La introducción de sistemas de medida con rayo láser y computación ha permitido importantes avances en esta materia.

## 3.- Presencia de los Engranajes en las Máquinas Herramientas.

Las cajas de velocidades de todas las máquinas herramientas tienen como partes fundamentales los engranajes. De ellos depende la exactitud de las velocidades con que puedan trabajar y, por lo tanto, el grado de terminación de las piezas que se están mecanizando. Por ejemplo, en la operación de roscado la exacta relación entre la velocidad de rotación de la pieza y el avance de la herramienta es la garantía que el paso del hilo cumpla con las tolerancias establecidas. Todo ello depende de la caja de velocidad y, en consecuencia, de los engranajes que las constituyen. Por eso, es pertinente destacar que los sistemas de medición a que se ha hecho referencia son capaces de medir con gran precisión el error de posición que puede producirse en cada vuelta de un engranaje y hacer las correcciones correspondientes.

**SEGUNDA PARTE****OTRAS CONDICIONES DE INGRESO A LA  
PRODUCCION DE MAQUINAS HERRAMIENTAS****INTRODUCCION**

En esta Segunda Parte se han reunido los otros aspectos necesarios para la existencia de producciones de máquinas herramientas en un país en desarrollo.

Su contenido por capítulo es el siguiente:

- Capítulo I : Posibilidades de Subcontratación.
- Capítulo II : Personal con Capacitación Suficiente.
- Capítulo III : Mercado Interno.
- Capítulo IV : Protección.
- Capítulo V : Financiamiento.
- Capítulo VI : Capacidad de Diseño.

## CAPITULO I

## LA SUBCONTRATACION (6)

La producción de máquinas herramientas en un país está estrechamente ligada a las posibilidades de subcontratación que existan ya sea en su territorio o en otros países. Por eso ha parecido conveniente analizar en este capítulo las características de este instrumento que ha tenido tan amplia difusión en el mundo desarrollado.

## 1.- Consideraciones Generales.

1.1.- Definición

La subcontratación es un instrumento o sistema, por medio del cual una empresa pequeña o mediana que dispone de capacidades de producción instalada y ociosa, en adelante el subcontratista, se compromete a fabricar para otra empresa (generalmente grande), en adelante el contratante, partes y piezas que esta última comercializará por su cuenta, incorporadas o no a productos finales.

La subcontratación se diferencia de otros contratos de suministros, por el hecho de que implica un acuerdo por el cual el Contratante provee al Subcontratista de las especificaciones de los bienes que se subcontratan. Además, comprende en muchos casos la transferencia de tecnología en diversas formas. Tales podrían ser: adquisiciones de equipos más avanzados; de nuevas tecnologías de procesos; de modernos sistemas de gestión; capacitación intensiva del personal; desarrollo de la capacidad interna de normalización y control de calidad.

1.2.- Ventajas de la Subcontratación

La subcontratación es un sistema beneficioso para las dos partes porque permite:

- Que el contratante no disperse en exceso sus capacidades, produciendo elementos que pueden fabricarse con más eficiencia utilizando la capacidad de empresas pequeñas o medianas. Esto hace que la gran empresa pueda alcanzar mayor especialización y eficiencia en los ámbitos productivos para los cuales está especialmente dotada.

- (6) La Subcontratación en el Grupo Subregional Andino. JUNAC 1984.  
Bolsas de Subcontratación. JUNAC 1985.

- Que las empresas pequeñas o medianas con capacidades ociosas puedan utilizar mejor sus recursos productivos porque son más ágiles y versátiles que las empresas grandes para fabricar cierto tipo de partes o piezas.
- Que las empresas grandes puedan atender mejor las demandas del mercado de ciertos productos, utilizando Subcontratación y evitando así realizar inversiones adicionales para satisfacer ocasionales aumentos de la demanda.

En los países en desarrollo frecuentemente y debido a diversas causas, existe una importante capacidad productiva instalada y ociosa. En este caso la Subcontratación puede contribuir eficazmente a mejorar la situación económica de las empresas y paralelamente a motivar su evolución y mejoramiento tecnológico.

### 1.3.- El Contratante.

El contratante generalmente es una empresa grande que fabrica series numerosas de productos (automóviles, aviones, barcos, equipos, máquinas herramientas, etc.) y que por lo mismo requiere un apreciable número de componentes, partes y piezas, algunos de los cuales no le conviene producir por si misma por razones de economía o condiciones específicas. Por consiguiente dicha empresa aprovecha las capacidades de otras empresas para realizar esta parte de la producción.

A la empresa contratante le conviene asegurar que el subcontratista cumpla con los compromisos de producción con las especificaciones de calidad pactadas, a fin de no dañar su propia imagen y de poder cumplir con los requerimientos de sus mercados. De no ser así, carecerá de motivación para subcontratar.

### 1.4.- El Subcontratista.

El subcontratista es la empresa pequeña o mediana que dispone de capacidad instalada para fabricar determinadas piezas, componentes o conjuntos por encargo del contratante, conforme a sus especificaciones de calidad, a un precio y en cantidades convenidas.

Ocurre muchas veces que el subcontratista no dispone por sí mismo de los diseños y especificaciones de las partes a fabricar y es el contratante quien provee esos diseños, con indicación de la tecnología apropiada cuando es necesario. El subcontratista adquiere la obligación de mantener la reserva necesaria sobre la tecnología y experiencia del contratante y a no utilizar estos recursos sino para los efectos del contrato considerado.

En los Programas de Apoyo a la Pequeña y Mediana Industria de los Países en Desarrollo frecuentemente se estimula a estas industrias a que asuman la calidad de subcontratistas por las ventajas evidentes que ello les significa.

La subcontratación se dirige generalmente a ramas como: metalmecánica, eléctrica, electrónica y producción de automóviles, que corresponden a productos complejos formados por una cantidad de piezas y componentes, lo que hace posible que ellos sean proveídos por empresas distintas a la que produce el bien final.

## **2.- Bolsas y Ferias de Subcontratación.**

### **2.1.- Las Bolsas de Subcontratación.**

Las Bolsas de Subcontratación son organismos públicos o privados, cuya misión consiste en promover el uso efectivo del sistema de Subcontratación. Para este efecto identifican a los posibles contratantes y subcontratistas los ponen en contacto y realizan por encargo de éstos, encuestas destinadas a definir con precisión las demandas y ofertas de servicios de este tipo que podrían estar presentes en un área geográfica determinada, para los diferentes sectores industriales en los que puede operar la Subcontratación.

Las Bolsas de Subcontratación disponen de un sistema de información amplio y detallado que comprende, de una parte, el listado de las empresas que son posibles contratantes, la naturaleza de los servicios que demandan y otros detalles ilustrativos. Por otra parte, disponen del listado de las empresas que son posibles subcontratistas y la descripción de los servicios que ofrecen, principalmente en términos de capacidad industrial instalada, equipos e instalaciones, personal técnico y de operarios, experiencia, y base financiera. Esta información se mantiene actualizada constantemente y se publica periódicamente mediante boletines de información técnica de amplia difusión.

## 2.- Las Ferias de Subcontratación.

Las Ferias de Subcontratación son eventos públicos que propician la manifestación concreta de la demanda y de la oferta de subcontratación. A ellas concurren los posibles contratantes en búsqueda de subcontratistas, para quienes es ventajoso que la Feria disponga de una variedad de opciones de subcontratación a fin de dar con aquellas que satisfagan mejor sus aspiraciones.

Además, las Ferias ofrecen la oportunidad de establecer trato personal y directo entre los eventuales suscriptores de contratos de este orden.

## 3.- Subcontratación Nacional e Internacional.

La subcontratación puede darse tanto a nivel nacional como internacional. En este último caso es interesante mencionar lo que se está realizando en los países del Grupo Andino, (Bolivia - Colombia - Ecuador - Perú y Venezuela) en los cuales se está utilizando la subcontratación como un mecanismo complementario del proceso de integración establecido en el Acuerdo de Cartagena.

Aún cuando el uso de este sistema es muy reciente en el Grupo Andino, ya existen Bolsas de Subcontratación muy activas en Colombia y Perú. Los resultados de estas primeras experiencias son tan favorables que la Junta del Acuerdo de Cartagena se ha propuesto ayudar a Bolivia, Ecuador y Venezuela, a que establezcan sus respectivas Bolsas de Subcontratación.

Otro caso de interés en países de mediano desarrollo en Latinoamérica es el de Chile. En este país el Servicio de Cooperación Técnica dependiente de la Corporación de Fomento de la Producción, ha utilizado la subcontratación industrial como un medio para incentivar la actividad industrial nacional, en especial la del sector metalmeccánico de la Pequeña y Mediana Industria (PYMI). Es así como la subcontratación representa para estas empresas una opción de desarrollo industrial, que les permite mejorar la flexibilidad en las estructuras industriales, el grado de especialización y el nivel de normalización y de control de calidad.

Recientemente se ha concluido el estudio de un proyecto para la creación de una Bolsa de Subcontratación de Santiago, tomando como punto de partida los sectores metalmeccánico, plástico, caucho y textil. En relación con la subcontratación internacional, es pertinente señalar que este proyecto contempla entre sus objetivos llegar a integrar la Bolsa de Subcontratación Latinoamericana, que patrocina y proyecta actualmente ONUDI para el desarrollo tecnológico de la Región.

#### 4.- La Nueva Relación con los Proveedores.

La subcontratación, que se ha utilizado de manera tan generalizada en el mundo desarrollado, ha llevado a establecer tipos de relaciones de las empresas con sus proveedores que hasta hace relativamente corto tiempo eran absolutamente desconocidas. Entre ellos tal vez el más revolucionario es el "Justo a Tiempo" que con tanto éxito han llevado a cabo y perfeccionado las empresas japonesas.

La esencia del "Justo a Tiempo" es que el fabricante mantiene un mínimo de inventario en existencia y confía en sus proveedores para recibir las partes justo a tiempo para ser montadas. Esta filosofía contrasta con la tradicional, en la que se opta por tener grandes inventarios para asegurarse que, aunque el proveedor no cumpla, la producción no será interrumpida.

La práctica de Justo a Tiempo se basa en una relación mucho más estrecha con los proveedores formando, por ejemplo, equipos conjuntos para trabajar en asuntos tales como: el desarrollo de nuevos productos, ahorro de recursos, rebajas en los costos. En relación a los controles de calidad de las partes encargadas a un proveedor, los empresarios japoneses estiman que se debe realizar en tres etapas: en la primera se revisa todo el lote entregado, en la segunda se revisa sólo por muestreo y en la tercera no se revisa nada. Es en esta tercera etapa cuando se ha establecido una relación que permite el Justo a Tiempo. El sistema exige una confianza total en el proveedor en relación con la calidad de sus productos y, además, en la precisión de la fecha de entrega para ser ensambladas. Es así como este sistema representa el modelo más perfecto de subcontratación.

La introducción en Estados Unidos de las prácticas de Justo a Tiempo que han desarrollado las empresas japonesas, especialmente las productoras de autos y camiones, pone de relieve las ventajas de estas relaciones con los subcontratistas que nacen de un trabajo conjunto y una mutua confianza.

#### 5.- La Subcontratación en la Producción de Máquinas Herramientas.

Por todo lo expresado anteriormente, no es concebible que una empresa productora de máquinas herramientas que las fabrique íntegramente, sin recurrir a subcontratistas que fabriquen las diversas piezas que las constituyen. Las empresas productoras debieran concentrarse en otras actividades como las labores de controles de calidad a las piezas subcontratadas, de mecanizarlas cuando corresponda, de montarlas y de comprobar la calidad y desempeño de las máquinas terminadas. Todo lo demás podría subcontratarse con proveedores externos. Por eso, la carencia de una red de fábricas y talleres capaces de abastecer a la empresa fabricante de máquinas herramientas de las partes y piezas que necesitan constituyen, a juicio del consultor, una valla definitiva para la producción de estas máquinas.

## CAPITULO II

## CAPACITACION (7)

Otra condición ineludible para iniciar la producción de máquinas herramientas en un país en desarrollo es que en él existan ingenieros, técnicos y operarios con conocimientos de los procesos metalmeccánicos y experiencia práctica adecuada.

El aprendizaje puede definirse como el período durante el cual un alumno recibe instrucciones de una persona con conocimientos y experiencias. Históricamente, y por siglos, ésta ha sido la forma como se han transmitido conocimientos de manera individual del maestro al aprendiz incluso de padres a hijos. Si bien este sistema fue apropiado en épocas en que el tiempo no importaba mucho frente a la posibilidad de recibir instrucciones de maestros de gran prestigio, actualmente ni los individuos ni las empresas, están en condiciones de seguirlo. El concepto básico de "aprender haciendo" se mantiene pero suplementado con textos y sistemas modernos audiovisuales que reducen significativamente el período de aprendizaje. Es así como pueden usarse películas o diapositivas mostrando como trabajan los distintos tipos de máquinas herramientas; a que operaciones precisas están destinadas; que piezas las componen; como están hechas estas piezas; que procesos básicos involucran; como se controlan las tolerancias de las piezas trabajadas en las máquinas herramientas, etc.

La capacitación para producir máquinas herramientas debe entenderse a lo menos en tres niveles: el operador de la máquina; el técnico o supervisor que tiene a su cargo varias máquinas o un taller completo; y el ingeniero que dirige en general las operaciones de producción.

En términos generales, para esta capacitación en países en desarrollo, deberían tenerse en consideración al menos dos aspectos. El primero se refiere a los conocimientos previos. Que obviamente tendrán una profundidad y extensión creciente a medida que se asciende en el nivel del trabajo a realizar, en todo caso, es necesario que se tenga muy presente que aún en el nivel más bajo de operario se debe tener conocimientos generales, por ejemplo, de geometría y aritmética que permitan una fácil lectura de planos y una comprensión adecuada de las medidas y tolerancias. Por eso es importante el nivel de educación primaria y secundaria que deben tener los aprendices de operarios antes del inicio de su aprendizaje. En los países desarrollados, particularmente en Japón, este nivel de educación es muy alto, lo que facilita la capacitación técnica posterior.

(7) Design, manufacture and utilization of dies and jigs in developing countries. United Nations

El segundo aspecto es que aún en países desarrollados, es frecuente que universidades e instituciones técnicas produzcan excelentes ingenieros con conocimientos teóricos científicos pero que tienen muy poca o ninguna experiencia industrial. En Estados Unidos, por ejemplo, se han establecido programas de capacitación para superar esta situación y llenar las necesidades del desarrollo industrial. En programas de cuatro años de duración el estudiante alterna entre la educación teórica y el trabajo práctico, bajo la dirección de expertos e ingenieros.

En Seminarios organizados por universidades y agencias gubernamentales, se discuten temas específicos con la colaboración de empresas privadas que facilitan materiales y elementos audiovisuales.

Los cursos que se desarrollan en el sector metalmecánico ponen énfasis en temas como los siguientes:

- Programación y Control de Producción.
- Lay-out de las plantas.
- Procesos básicos.
- Diseño de herramientas y dispositivos.
- Metrología.
- Operación de las máquinas herramientas.

En los países latinoamericanos, los gobiernos e instituciones privadas se han preocupado preferentemente de la capacitación en su más amplio sentido. Es así como existen organismos gubernamentales como el SENATI en Perú, SENA en Colombia e INACAP en Chile.

En el caso de las máquinas herramientas, existen también centros de entrenamiento especializados, algunos de ellos vinculados a los Programas de Bienes de Capital en los cuales ha tenido presencia muy activa el PNUD y UNIDO.

El Centro Amerigo Vespucci de Bogotá, creado con la colaboración del gobierno Italiano, merece especial mención por los resultados obtenidos en la capacitación que está dando en distintos niveles en las tecnologías de avanzada.

### CAPITULO III

#### MERCADO INTERNO

El mercado interno para máquinas herramientas depende prioritariamente del grado de desarrollo de sus industrias mecánicas.

Prácticamente todos los productos del sector metalmeccánico (división 38 de la CIIU) se fabrican con máquinas herramientas de tal manera que del avance que experimente este sector depende la demanda de estas máquinas. Subsectores como: automotriz; equipos eléctricos; maquinaria para la minería; bombas; válvulas; intercambiadores; grifería, quincallería, etc., requieren para sus productos del proceso de mecanizado y por ende de máquinas herramientas.

Un país donde el sector metalmeccánico tenga un crecimiento escaso tendrá una demanda también pequeña de máquinas herramientas y por lo tanto no se justificará su producción. Por el contrario, un país en el cual este sector crece a tasas elevadas necesitará reponer la maquinaria usada con máquinas nuevas con tecnologías de avanzada haciendo crecer la demanda de máquinas herramientas.

En este último caso, por ejemplo, está Corea donde entre 1986 y 1989 la industria metalmeccánica tuvo un crecimiento espectacular que se tradujo en un alza de los salarios. Por ello, esta situación creó una demanda interna muy importante de máquinas herramientas y al mismo tiempo se exigió que ellas tuvieran un mayor grado de automatización para compensar el aludido aumento de salarios.

Por otra parte es también digno de destacarse el caso de Taiwan porque es el octavo exportador mundial y porque es el único país en desarrollo que exporta máquinas herramientas más que las que importa.

En América Latina los principales países donde existe una producción de máquinas herramientas son Argentina y Brasil. Las características de las producciones en estos países como asimismo los Programas de integración entre ellos han sido motivo de diversos análisis presentados en la Reunión regional de un grupo de expertos para América Latina sobre la industria de bienes de capital, con especial referencia a las máquinas herramientas, celebrada en Santiago de Chile del 8 al 11 de abril de 1991, por eso en este informe no se incluye más información acerca de las mismas.

En definitiva los países en desarrollo con una industria metalmeccánica incipiente o poco diversificada y por lo tanto con una demanda escasa de máquinas herramientas, la decisión de producirlas o importarlas, debe tomarse teniendo muy en cuenta esta circunstancia. Para ello debería ineludiblemente realizarse, en forma muy conservadora, un estudio de mercado y un análisis económico financiero que justifique tal decisión en caso que ella sea de producir.

Por otra parte, si el mercado interno lo justifica y el análisis económico financiero resulta favorable, deberían analizarse las posibilidades de exportación como elementos complementario para elevar las escalas de producción y así mejorar la productividad.

La cooperación internacional debería también considerarse para iniciar producciones conjuntas o buscar el acceso en conjunto al mercado de terceros países. En el caso de los países latinoamericanos existe un mecanismo que puede utilizarse para ello, como son los Acuerdos de Complementación Económica en el marco de ALADI. Asimismo, el acuerdo económico entre Argentina, Brasil y Uruguay puede ser otro ejemplo de mecanismos existentes que pueden utilizarse para la cooperación internacional en este campo.

## CAPITULO IV

### PROTECCIONISMO

Para poder producir máquinas herramientas en los países en desarrollo y competir adecuadamente con la producción de los países desarrollados, se necesitan algunos tipos de incentivos, particularmente durante el primer período en el cual estas producciones podrían calificarse como industria naciente.

Tradicionalmente, las barreras arancelarias han sido un mecanismo muy utilizado, no solo en el mundo en desarrollo sino también en el desarrollado. Es así como Estados Unidos estableció sus primeros derechos de aduana en 1816 y en 1819 en Prusia sucedió lo mismo. Es digno de destacar que ya a fines del siglo XIX los productores de máquinas-herramientas de este último país se organizaron para pedir protecciones más significativas para sus productos. Adicionalmente a los aranceles aduaneros, también se han usado con mucha frecuencia las barreras paraarancelarias. Entre estas últimas se usan frecuentemente la prohibición de importar lo que se produce en el país y las cuotas de importación total por empresa, que, en la práctica, también orientan las importaciones solamente hacia aquellos rubros que no se producen localmente. Los resultados de estas políticas, que con la prohibición de importar se transforman en protecciones infinitas, son ampliamente conocidos y conducen a la existencia de productos nacionales caros, de mala calidad y de tecnologías anticuadas, mientras que la importación de productos que no se producen en el país es obstaculizada con engorrosos trámites burocráticos. En ambos casos en perjuicio del consumidor nacional.

Frecuentemente estas políticas han significado encarecimiento y atraso tecnológico, porque por proteger a un pequeño sector de empresas se encarecen las producciones del amplio sector de las que usan máquinas herramientas y, lo que es más grave, se les impide su avance tecnológico haciéndolas menos competitivas. En resumen, la intención de proteger se ha traducido en el encarecimiento y deficiente calidad de la inmensidad de productos fabricados con máquinas herramientas.

Por eso, si se desea estimular una producción naciente de máquinas herramientas habría que diseñar mecanismos para abaratar las producidas nacionalmente, en lugar de encarecer las máquinas importadas.

Ello podría obtenerse a través de sistemas tales como:

- Ventajas tributarias
- Subvenciones fiscales directas
- Créditos a tasas preferenciales
- Política de adquisiciones de las empresas estatales que privilegien las máquinas herramientas nacionales cuando están, al menos, en igualdad de condiciones a las similares importadas, en materia de precio, calidad, oportunidad de entrega y servicios postventa.

Por otra parte, la producción de máquinas herramientas sería conveniente que se hicieran por etapas, las cuales, en líneas generales, serían del tipo de las siguientes:

- 1.- Actividades de reparación y mantenimiento del parque de máquinas herramientas existente.
- 2.- Acuerdo con una empresa extranjera, de reconocido prestigio internacional, para el suministro de piezas y tecnología de montaje de máquinas convencionales.
- 3.- Importación de componentes específicos y normalizados (pernos, tuercas, motores eléctricos, circuitos hidráulicos) y montaje nacional de máquinas convencionales.
- 4.- Capacitación de personal en todas las operaciones de montaje y en el conocimiento de las piezas y componentes.
- 5.- Preparación y capacitación de proveedores de forja, fundición y otros procesos básicos y de proveedores de componentes normalizados.
- 6.- Iniciar un proceso gradual de sustitución de importaciones de partes y componentes, con la asesoría técnica de la empresa extranjera cuando el mercado lo justifique, haya personal suficientemente adiestrado y un estudio económico-financiero así lo recomiende. Previo a ello, sería necesario alcanzar un acuerdo de coproducción con la empresa extranjera bajo la forma de joint-venture, con su correspondiente compromiso de asistencia técnica.
- 7.- Fabricación de máquinas convencionales con un alto grado de integración nacional.
- 8.- Exportación de máquinas convencionales.
- 9.- Inicio en la producción de máquinas de control numérico.

Programas como el indicado evitarían las tendencias a volver hacia prácticas proteccionistas indiscriminadas, mostrando que no sólo son inconvenientes sino de adopción prácticamente imposible. En efecto, la política de apertura al comercio internacional y la elección de la economía social de mercado, que cada vez se hacen más generalizadas, así lo demuestran. Estas políticas han probado su eficacia en varios países de la región como es el caso de Chile y más recientemente el de México, casos que contrastan con lo que sucede en otros países en desarrollo para los cuales la década pasada, desde el punto de vista de su crecimiento, muchos consideran pérdida.

En definitiva, frente a la alternativa de producir o importar máquinas herramientas y al uso de mecanismos de incentivos para proteger las producciones nacionales, debe tenerse en cuenta no solo el interés de las empresas productoras, sino, el de todos los consumidores y con ese propósito buscar mecanismos que no encarezcan las máquinas importadas y que disminuyan los costos de las nacionales.

Estos mecanismos deberían considerar prioritariamente disposiciones que con rapidez y eficiencia protejan contra las prácticas desleales del comercio, como son el dumping y otras similares. Tales prácticas que buscan la desaparición de los competidores, si bien pueden traducirse en la oferta de productos importados a más bajos precios en el corto plazo, van dejando a los consumidores en el mediano y largo plazo dependientes de monopolios que pueden fijar los precios a su arbitrio.

Finalmente, es necesario recalcar que no se trata de enfrentar una posición de apertura total al comercio internacional con otra de un proteccionismo que impida las importaciones y permita producir cualquier bien, porque ambos extremos son en definitiva perjudiciales. Cada país, aprovechando sus ventajas comparativas, debe diseñar mecanismos imaginativos como los señalados en este capítulo, que den la mejor solución para sus consumidores.

## CAPITULO V

### FINANCIAMIENTO

#### 1.- Antecedentes.

El tema del financiamiento para la producción y comercialización de bienes de capital en general y de máquinas herramientas en particular, ha sido ampliamente debatido en variados foros nacionales e internacionales y analizado en numerosas publicaciones de expertos y de Organismos Internacionales. Todo ello porque el financiamiento constituye una clara desventaja comparativa para la producción de bienes de capital en los países en desarrollo.

El problema se manifiesta porque los productores de bienes de capital de los países desarrollados están en situación de ofrecer condiciones de financiamiento que los productores locales no pueden dar, tales como tasas de interés más bajas, mejores plazos de amortización y, sobre todo, atractivos periodos de gracia. Incluso las empresas estatales de países en desarrollo que tienen políticas de adquisiciones preferentes hacia los productos locales, se encuentran en grandes dificultades para poner en práctica estas preferencias, por no contar con los favorables financiamientos que les ofrecen los productores extranjeros. Financiamientos que frecuentemente son condiciones ineludibles para que los proyectos de inversión puedan realizarse. Los productores extranjeros pueden ofrecer estas condiciones tan favorables porque disponen de todo un sistema nacional, que buscando el aumento de las exportaciones de esos países desarrollados, las incentivan por la vía de las ventajas financieras.

No se pretende en este Capítulo volver a analizar, lo tantas veces ya analizado. Lo que sí parece pertinente considerar es una nueva fuente de financiamiento que podría constituir una solución adecuada para este problema tan permanente y frustrante en los países en desarrollo. Esta nueva fuente de financiamiento es el leasing.

#### 2.- Consideraciones Generales sobre el Leasing.

El contrato de leasing es un mecanismo cuya utilización ha ido en aumento, por cuanto viene a llenar un vacío en la necesidad de financiamiento para la adquisición de bienes de capital por aquellas empresas, en especial pequeñas y medianas, que no tienen acceso a líneas financieras tradicionales particularmente por las garantías que se les exigen y que no están en condiciones de otorgar.

Dentro de las modificaciones que ha experimentado el uso del leasing, es importante resaltar que el concepto de bien de capital que se utiliza para calificar una operación de esta naturaleza es bastante amplio y va más allá del marco normal que se da a ese término, abarcando edificios, galpones industriales y otros bienes similares.

Para las explicaciones posteriores se designa como arrendador la empresa leasing y arrendatario: al empresario que requiere el financiamiento.

Etapas en un contrato de Leasing y sus principales características.

- El arrendatario escoge el bien que desea y su proveedor, sea nacional o extranjero.
- El arrendador adquiere el bien.
- El arrendador lo da en arrendamiento al arrendatario, en los términos que se fijan en el contrato respectivo.
- El arrendatario se hace responsable de pagar las rentas en los plazos establecidos.
- El arrendatario está obligado a mantener el bien en buen estado de conservación y mantenimiento.
- El contrato no puede ser rescindido por el arrendatario. No obstante, es importante incluir en el contrato respectivo la posibilidad de prepago.
- El arrendatario tiene derecho a optar por la compra del bien al término del contrato.

### 3.- Ventajas en el uso del leasing.

Las principales ventajas del leasing son:

- Provee hasta el 100% del monto de la inversión requerida, al contrario de un préstamo normal que exige que el prestatario financie una parte del proyecto
  - Para el pago de las cuotas se puede contar con el ahorro de gastos o la generación de utilidades derivadas del uso del bien.
- Ahorro en el costo de la gestión.
  - Si la operación implica diferentes fechas de pago a distintos proveedores, el arrendador los hace.

- Si se trata de una importación, el arrendador realiza, el servicio de comercio exterior y las actividades conexas, sin costo adicional.
- No compromete las líneas de crédito tradicionales porque es una fuente de financiamiento adicional. En estas circunstancias, el leasing permite una máxima disponibilidad de recursos.
- Disminuye el impacto tributario en aquellos casos, muy frecuentes, en que el plazo estipulado es inferior al período de depreciación del bien, pues ello permite una mayor aceleración del gasto que se traduce en menor tributación. Este aspecto es muy importante para evaluar adecuadamente el costo del leasing, que en general se estima muy alto, frente a los créditos tradicionales.
- Su gran flexibilidad permite minimizar los déficits de caja proyectados, haciendo que los desembolsos por pago de las cuotas se produzcan en los períodos de mayores ingresos.
- Como el arrendador adquiere el bien al contado, puede obtener los beneficios ofrecidos por el vendedor en una operación de esta naturaleza.
- Al distribuirse el pago de las rentas en el largo plazo se hace posible sacar el máximo provecho al capital de trabajo proyectado.
- Además debe considerarse como ventajas aunque difícilmente cuantificables:
  - El ahorro de tiempo en la aprobación de la operación. En ocasiones, puede ser en pocos días o incluso en pocas horas, y
  - La ninguna exigencia de garantías.

#### 4.- Tipos de Leasing Utilizables.

##### 4.1.- Leasing Financiero.

- El arrendador compra el bien según indicación, especificación y responsabilidad del arrendatario.
- El arrendatario asume el riesgo de mantenimiento y reparación, tomando los seguros del caso.
- El contrato es de plazo fijo, pues parte importante en la determinación de la renta está en ese elemento.

- El valor de la opción de compra al término del contrato es sustancialmente inferior al precio de mercado del bien pues sólo es su valor residual.
- Los pagos de las cuotas que deben hacerse incluyen:
  - El arrendamiento del bien elegido.
  - Los seguros correspondientes.
  - Los gastos del contrato
  - Los impuestos que correspondan.
- Los pagos se hacen en cuotas mensuales, las que pueden ajustarse a situaciones estacionales de acuerdo al flujo de ingresos de la empresa.
- Aún cuando se ha ampliado considerablemente el campo de uso del leasing, subsiste el concepto de que debe recaer sobre bienes susceptibles de su venta al final del contrato.

#### 4.2.- Leasing Operativo.

- El arrendador adquiere el bien y lo arrienda al cliente.
- Los pagos involucrados no cubren el costo del bien, o sea, el valor presente del valor residual representa un porcentaje importante, por ejemplo 25% del valor original del bien.
- Para llegar a la amortización total es preciso suscribir nuevos contratos en períodos sucesivos.
- El contrato puede ser fijo, revocable o indefinido
- Se utiliza principalmente en el caso de bienes de uso común que tienen un mercado secundario desarrollado, como en el caso de las flotas de vehículos, que pueden ser arrendados varias veces durante su vida útil.

#### 4.3.- Sale lease-back.

Este sistema, de uso más restringido que los anteriores, consiste en que una empresa leasing (arrendador) adquiere un bien que se está usando en la producción de una compañía (arrendataria) y aquella se lo arrienda a ésta con un compromiso de recompra al término del arrendamiento. El bien por lo tanto sigue operando y solo sale de los registros contables de la empresa pues ya no es de su propiedad, pero ésta

obtiene el valor del bien incrementando su capital de trabajo. Esta operación beneficia a empresas con un alto grado de endeudamiento y con capitales de trabajo restringidos.

Por otra parte, el arrendatario puede también sacarle otro provecho a este sistema cual es usarlo para modernizar sus equipos. En efecto, el arrendatario puede pedirle al arrendador que utilice el valor del bien ya usado, para adquirir uno nuevo y que se lo arriende ajustando las diferencias en los valores de las cuotas.

#### 5.- El Leasing como instrumento de comercialización internacional de bienes de capital.

De todo lo expresado en este capítulo se deduce que el leasing ha tenido un desarrollo sostenido a nivel mundial y en las dos últimas décadas en Latinoamérica. Sin embargo, poco se ha hecho en su utilización como instrumento adecuado para incentivar la comercialización de bienes de capital en la Región. Esta podría constituir una tarea prioritaria para superar las barreras que crea la falta de financiamiento tradicional para la comercialización general de estos bienes y, en particular, para las máquinas herramientas.

#### 6.- Financiamiento de las Exportaciones.

##### 6.1.- Consideraciones generales.

La composición de las exportaciones de los países en desarrollo demuestra la dificultad de estos para acceder a terceros mercados con productos manufacturados de cierto grado de complejidad, particularmente hacia los mercados de los países desarrollados.

Aparte de las condiciones relacionadas con la producción, la ausencia de recursos financieros adecuados les impide ofrecer condiciones de venta que les permitan competir con productores de países más desarrollados, los que disponen de recursos propios o cuentan con el respaldo de instituciones financieras dotadas de generosos recursos.

En consideración a esta ausencia de recursos propios y por carecer de instituciones financieras privadas dispuestas a participar en este tipo de actividades a un costo compatible con las posibilidades del exportador, en muchos países en desarrollo es el Estado el que ha debido crear mecanismos que suplan esa carencia en lo relacionado con el financiamiento de exportaciones y el establecimiento de seguros a las exportaciones. También existen mecanismos puestos en funcionamiento por instituciones financieras regionales o internacionales destinados a facilitar el referido financiamiento.

No obstante, aparte de lo limitado que es el uso de estos mecanismos nacionales e internacionales como consecuencia de la gran demanda por esos recursos y la escasa disponibilidad de los mismos para satisfacer esa demanda, las actuales tendencias del comercio internacional hacia una completa liberalización y la eliminación de todo tipo de ayudas que puedan considerarse desleales, están limitando aún más la participación de mecanismos distintos a los estrictamente comerciales. Un claro ejemplo de lo dicho lo constituyen los acuerdos que se están negociando en el marco del GATT, en virtud de los cuales se prohíben los subsidios y derechos compensatorios que incidan sobre las exportaciones y, en general, toda medida que pueda estimarse altera las condiciones de la libre competencia.

#### 6.2.- Exportación de máquinas herramientas.

Si la exportación de bienes de uso corriente puede considerarse difícil para los productores de países en desarrollo, es fácil imaginar los mayores problemas que presenta la posible exportación de bienes más sofisticados como las máquinas herramientas.

No obstante, es indudable que la exportación de este tipo de bienes resulta a veces esencial para poder abordar su producción a nivel nacional, en países cuyo mercado local es muy pequeño para alcanzar niveles mínimos de escala a nivel internacional.

De allí que la iniciación de estas producciones debe estar respaldada por políticas gubernamentales que hagan posible el acceso de los potenciales exportadores a líneas de crédito nacionales e internacionales destinadas a financiar sus exportaciones. Al mismo tiempo, es preciso compromisos internacionales con la necesidad de otorgar el respaldo que requiere la producción local de bienes que contribuyen a provocar un cambio tecnológico significativo, como es el caso de las máquinas herramientas en la actualidad.

En algunos países latinoamericanos existen normas de promoción de las exportaciones que contemplan aspectos de financiamiento, particularmente en el caso de exportaciones no tradicionales como sería el de las máquinas herramientas. Estas normas varían según el país que las otorga y según la amplitud de las operaciones que se desea cubrir.

En algunos existe también un complemento muy importante que es el seguro de crédito sobre las exportaciones, tal es el caso de Argentina, Brasil y Méjico.

Ambos instrumentos pueden traducirse en importantes herramientas de promoción, siempre que abarquen todas las actividades relacionadas con la exportación y que van desde la investigación de mercado hasta la venta misma del producto. Además, deben ser ágiles y de fácil acceso para el exportador.

Asimismo, este es un campo en el que existe un gran potencial de cooperación regional a través de la acción conjunta de países asociados en esquemas de cooperación o integración económica. En el marco de los mismos pueden realizarse actividades de cooperación en materia de información, asistencia técnica, operaciones conjuntas, armonización y promoción relacionadas con el financiamiento de exportaciones.

## CAPITULO VI

### CAPACIDAD DE DISEÑO (8)

#### 1.- Antecedentes.

Para que un país en desarrollo pueda iniciar con seguridad de éxito la producción de máquinas herramientas es absolutamente indispensable que en él exista una capacidad suficientemente desarrollada de diseño.

A menos que exista algún tipo de cooperación internacional o que se decida simplemente copiar modelos extranjeros, el proceso de construir una máquina herramienta se inicia con su diseño, que debe tener por especial finalidad satisfacer las necesidades específicas de los usuarios.

Diseño consiste en definir las características estructurales fisonómicas y funcionales necesarias para que un producto pueda materializarse y cumplir su cometido con la máxima eficiencia y calidad.

Así aparece el diseñador como la persona que conoce mejor un producto porque él tuvo la misión de desarrollarlo. Por eso el diseñador se constituye como el eje central del patrimonio tecnológico de la empresa.

En la mayoría de los países en desarrollo la forma tradicional de innovar ha sido el diseño más que los procesos formales de investigación. De ahí, la importancia de este proceso.

Un aspecto muy relevante a considerar en el diseño es que debe facilitar al máximo los procesos de producción, comercialización y transporte de los productos. Para cumplir esta exigencia es preciso tener en cuenta: la simplicidad, la disminución del número de piezas, la disminución del tamaño y peso, la estandarización de los componentes, la modularidad de los productos.

#### 2.- El Diseño de las Máquinas Herramientas.

El diseño de las máquinas herramientas debe incluir todas las características de la máquina y de sus aditamentos, como podrían ser las siguientes:

- (8) PROMINDE.- Tecnología de Avanzada en los Países Andinos BID-INTAL 1990.  
C.E. Bernal/J. Bessant. Innovación, Planificación, Selección y Desarrollo. 1987.

- Tipo de productos que podrían ser mecanizados, material del que están constituidos, dimensiones máximas, etc.
- Velocidades relativas entre las herramientas y las piezas que van a ser trabajadas.
- Potencia necesaria para que la máquina trabaje con determinadas velocidades de corte, teniendo en cuenta que de esta velocidad depende el costo del mecanizado de la pieza.
- Resistencia estructural de la máquina para que soporte, sin deformarse, los esfuerzos, tanto mecánicos como térmicos, producidos en el proceso de arranque de viruta de las piezas.
- Controles de las máquinas especialmente de desplazamiento y de secuencia y grado de automatización de estos controles.
- Especificación de los materiales con los que están constituidas las diferentes piezas de la máquina como serían: fundición gris, nodular o de acero; forja de aceros aleados; e identificación de las partes normalizadas (rodamientos, descansos, sellos, elementos de fijación, conexiones, controles eléctricos, etc.).
- Elección de los subconjuntos como: bombas de lubricación válvulas hidráulicas y neumáticas, motores eléctricos, que deberán ser incorporados a la máquina.
- Identificación de los aditamentos con que operará la máquina tales como platos, plantillas, etc..
- Determinación de los sistemas para controlar las medidas de las piezas trabajadas y constatar si están dentro de los límites de las tolerancias establecidas.
- Tipos de herramientas de corte que se utilizarán: acero rápido, carburo de tungsteno, cerámica, diamante.

### 3.- Nuevas Tecnologías de Diseño.

En los últimos años se ha ido generalizando cada vez más el uso de computadores como ayuda para el diseño como es el llamado "Computer Aided Design, más conocido por su abreviatura CAD. Este es un sistema que incorpora uno o más computadores para realizar las funciones y los cálculos necesarios en el proceso de diseño. Vale decir, es una tecnología resultante del empleo de la informática para el diseño de un producto cualquiera.

El CAD fue desarrollado inicialmente por el "Massachusetts Institute of Technology" (MIT), a principios de los años 60, como una respuesta a la búsqueda de un sistema que permitiera visualizar la geometría de las piezas mecanizadas antes del mecanizado mismo. En esta forma se podrían hacer los cambios necesarios en el diseño sin los costos inherentes al trabajo de las máquinas herramientas.

Los sistemas CAD se utilizan tanto para el dibujo (dos dimensiones) como para el diseño de los productos (tres dimensiones).

Se podría resumir el trabajo de un sistema CAD en las etapas siguientes:

- El diseñador dibuja un modelo tridimensional del producto. El computador genera cualquier vista, sección, detalle, perspectiva en cualquier ángulo, isométricas etc.
- Con la geometría del producto ya definida se realizan cálculos y simulaciones más complejas como cálculos de tensiones, simulaciones de comportamientos aerodinámicos, transferencia de calor, etc.
- Con los datos anteriores se visualizan gráficamente los resultados de los programas de cálculo. Por ejemplo, utilizando colores diferentes se puede mostrar el estado de tensión de un elemento bajo la influencia de determinadas solicitaciones. Ello permite corregir y rediseñar para mejorar el comportamiento del producto.
- Finalmente, se produce el diseño definitivo y en el caso de usar máquinas de control numérico se genera una cinta para la fabricación del prototipo del objeto diseñado.

Un aspecto importante de mencionar es que el uso del CAD posibilita la definición y construcción de una "base de datos" que alimenta todo el sistema de información interno de la empresa y que, además, dota al diseñador de una capacidad de diseño gráfico interactiva con el producto que se está diseñando.

Aunque no corresponde propiamente a diseño, que es el objetivo de este Capítulo, no podría dejar de mencionarse otro sistema que se complementa muy adecuadamente con el sistema CAD.

Es el sistema de "Manufactura Asistida por Computación" con su abreviatura CAM que permite integrarse al CAD constituyendo un sistema altamente sofisticado CAD-CAM mediante el cual se puede controlar la fabricación de piezas desde la sala de ingeniería o computación.

#### 4.- Resumen.

En resumen, para la producción de máquinas herramientas en un país en desarrollo es necesario que exista una capacidad de diseño para la cual debe realizarse esfuerzos de capacitación, como los señalados en el Capítulo correspondiente de este informe. Además debe destacarse que es muy deseable que los sistemas CAD que representan una ayuda tan extraordinaria para el proceso de diseño, se adopten cada vez más en los países en desarrollo, como ya está ocurriendo en alguno de ellos.

### **TERCERA PARTE**

#### **LA PRODUCCION DE MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMERICO**

#### **INTRODUCCION**

Esta Tercera Parte, tiene como objetivo, explicitar lo que son las máquinas herramientas de control numérico y poner de relieve las condiciones mínimas para que sea posible iniciar estas producciones en un país en desarrollo.

El contenido de esta Tercera Parte es el siguiente:

Capítulo I : La Estructura de Control Numérico.

Capítulo II : Las Condiciones de Ingreso en la Producción de Máquinas de Control Numérico.

## CAPITULO I

## ESTRUCTURA DEL CONTROL NUMERICO

## 1.- Elementos que la componen.

Una máquina de control numérico se compone de tres elementos fundamentales: el programa de instrucciones, la unidad de control y la máquina misma. A continuación se explica brevemente cada uno de estos elementos.

1.1.- Programas de Instrucciones.

El Programa da las instrucciones que indican a la Máquina Herramienta cuales son las operaciones que debe realizar. Estos programa está contenido en caracteres alfanuméricos que son codificados en algún medio de ingreso: cinta perforada, medio magnético o teclado que puede ser interpretado por la unidad de control.

1.2.- Unidad de Control.

El segundo componente básico del sistema de CN es la Unidad de Control. Esta consiste en componentes electrónicos y hardware que leen e interpretan las instrucciones del programa y las convierten en las acciones mecánicas de la Máquina Herramienta. Los elementos típicos de la Unidad de Control CN son: dispositivos de entrada y salida de datos, un CPU (microprocesador de 8 o 16 bits), memoria fija (ROM), memoria viva (RAM), visualizadores de datos, canales para la señal de salida hacia la máquina herramienta y un control de la secuencia para coordinar las operaciones generales de los elementos anteriores.

Debería notarse que casi todos los sistemas modernos de CN, hoy en día son vendidos con un microcomputador como Unidad de Control. Este tipo de CN es llamado Control Numérico Computarizado CNC.

1.3.- Máquinas Herramientas y Accesorios.

Esta es la parte del CN que realiza el trabajo útil. El ejemplo más común de un sistema CN es el diseñado para realizar operaciones de mecanizado. La Máquina Herramienta consta de una mesa de trabajo, ejes de accionamiento así como de los motores necesarios para manejarlos. También se incluyen herramientas de corte, elementos para sujetar la pieza de trabajo, y otros equipos auxiliares necesarios en la operación de maquinado. El rango de complejidad de las máquinas de CN va desde un simple taladro controlado por una cinta hasta los más versátiles y sofisticados centros de mecanizado.

## Sistemas de Accionamiento.

En MHCN se usan principalmente sistemas de accionamiento con velocidad variable para mantener las velocidades de corte y avances en sus valores óptimos. De esta manera se usa completamente la capacidad de corte de la máquina, haciéndose los cambios de velocidad de acuerdo a la programación del proceso de corte.

Hay sistemas de accionamiento para el husillo principal, y para los carros.

El sistema de accionamiento empleado para el husillo puede ser mecánico (un motor con caja de engranajes, que es poco utilizado en las MHCN); eléctrico donde la variación de velocidad se controla eléctricamente utilizando los motores de corriente alterna y servomotores de corriente continua; y por último hidráulico.

El accionamiento de los carros puede ser con motores hidráulicos o motores eléctricos de corriente continua.

## 2.- Sistema de Medición.

El control de la posición de los carros y otros órganos móviles de las MH se consigue por el retorno de señales de los sistemas de medición de los desplazamientos de los carros en cada eje, que son comparadas en un comparador-captador con las señales recibidas del microprocesador.

Los captadores de posición pueden ser analógicos o digitales, directos o indirectos.

## 3.- El Control de Trayectoria.

Dependiendo de la máquina herramienta que se usa y del tipo de trabajo que se realiza, se aplica alguna de las siguientes formas de Control de Trayectoria.

### 3.1.- Control Punto a Punto.

Este tipo de control se encuentra en las máquinas herramientas que realizan operaciones de taladrado. El sistema mueve el husillo con un rápido cruce entre los puntos de trabajo sin cortar material en el trayecto. Una vez que el punto objetivo es alcanzado, el maquinado se ejecuta. Es decir, la pieza de trabajo y la herramienta deben mantener sus posiciones relativas mientras se esté desarrollando el proceso de corte.

### 3.2.- Control por Tramos Simples.

En este caso la pieza de trabajo y/c herramienta pueden desplazarse durante el proceso de corte, pero sólo paralelamente a los ejes. Apto para procesos de mecanizado en máquinas de ejes paralelos como tornos, (torneado cilíndrico y fresas, fresados paralelos).

### 3.3.- Control por Tramos Ampliados.

La pieza de trabajo y la herramienta pueden desplazarse relativamente en dirección rectilínea, la cual tiene una inclinación cualquiera respecto a los ejes de la máquina. Apto para procesos de mecanizados en máquinas paraiales como torneado cónico y fresado inclinado.

### 3.4.- Control de trabajo rotativo.

La pieza de trabajo y la herramienta se mueven respecto a un tercer eje durante el proceso de corte. Los ejes se controlan continua y simultáneamente. Apto para máquinas de trabajo rotativo como tornos, rectificadoras, fresadoras, etc.

Tanto el Control por Tramos Ampliados como el de trabajo rotativo necesitan de un interpolador el cual es un dispositivo que calcula puntos intermedios de un tramo de la pieza para determinar las velocidades de desplazamiento relativas entre pieza y herramienta. Existen Sistemas de interpolación lineal, circular y parabólico.

El interpolador permite coordinar los movimientos de los ejes de tal forma que los pasos de la curva programada se mantengan constante entre su inicio y su término.

## 4.- Programación Asistida Por Computación. CNC

Para facilitar la programación CN se han diseñado software de apoyo a la programación. Básicamente se aprovecha el diseño de la pieza y se sigue el recorrido de la herramienta. Para programar el mecanizado de una pieza es necesario definir perfectamente la trayectoria de las herramientas, fijar la velocidad del husillo principal, el avance según la calidad del material con que se trabaje y prever en el programa los cambios automáticos de herramientas, si se trata de un centro mecanizado por ejemplo.

Especialmente cuando se realizan trabajos de piezas complejas, es conveniente utilizar programación asistida por computador.

Las fases de la programación son las siguientes:

- a) Formulación del programa: donde se entregan todos los datos referentes al tipo de mecanizado que se realiza (punto a punto, contorneado a dos ejes, etc.). En la formulación se emplea un lenguaje adecuado a la necesidades de mecanizado.
- b) Procesado del programa en la pieza que se va a trabajar: se realiza un diseño geométrico de la pieza y se calculan las cotas de acabado y corte.
- c) Formulación del programa en la máquina. Se realiza una adaptación de los datos y cálculos sobre la mecanización de la pieza, al formato de la máquina de CN, a través de un periférico, cinta perforada o magnética.

## CAPITULO II

### CONDICIONES PARA EL INGRESO A LA PRODUCCION DE MHCN EN UN PAIS EN DESARROLLO

#### 1.- Antecedentes.

En la Primera y Segunda parte de este informe se hizo referencia a las condiciones necesarias para que un país en desarrollo se iniciara en la producción de máquinas herramientas convencionales.

En el presente capítulo se analizan estas condiciones para un tipo específico de máquinas herramientas, mucho más sofisticadas como son las máquinas herramientas de control numérico.

En términos generales puede afirmarse que para que la producción de MHCN sea exitosa es necesario que tal producción sea la culminación de un proceso ya iniciado en la producción de máquinas herramientas convencionales de creciente complejidad.

Por ejemplo, esta producción se podría iniciar con pequeños taladros, cepillos, limadoras, tornos paralelos, y continuar con tornos revolver, para terminar con fresadoras, rectificadoras y prensas.

Estas producciones permiten: capacitar personal en el conocimiento de todos los procesos a que deben ser sometidas las piezas que constituyen una máquina herramienta; aprender a interpretar los planos que las representan con sus medidas y tolerancias; conocer las normas técnicas correspondiente a cada tipo de máquina; controlar su desempeño, etc.

Asimismo, la producción de máquinas convencionales podrá ir desarrollando toda una red de proveedores que garantice un sistema de subcontratación eficiente como fue señalado en el Capítulo Primero de la Segunda Parte.

#### 2.- Condiciones Generales.

Todas las condiciones señaladas en la Primera y Segunda Parte para la producción de máquinas herramientas convencionales, no sólo son válidas sino mucho más críticas para la producción de máquinas herramientas de control numérico.

En la medida que estas máquinas tienen tolerancias más estrechas, para poder producir piezas con mayor exactitud, todos los procesos básicos de fundición, forja, estampado, mecanizado, tratamientos térmicos y recubrimientos deben responder a estos exigentes niveles de tolerancia. Lo que significa que deben existir proveedores que suministren piezas de calidades exigidas, con cumplimiento estricto en fechas de entregas, y a precios que puedan competir con proveedores extranjeros.

La capacitación del personal tanto de operadores como de técnicos e ingenieros debe ser más completa, en especial con un conocimiento profundo de las características mecánicas y matemáticas del control numérico. Asimismo, la capacidad de diseño debe ser objeto de principal atención para optimizar el funcionamiento de las MHCN.

### 3.- Condiciones Específicas.

Además de las condiciones descritas que como ya se expresó son las mismas que para las máquinas convencionales, pero en grado máximo de exigencia, las MHCN requieren de condiciones específicas para su desarrollo.

Estas condiciones específicas se refieren en particular a los soportes físicos y lógicos cuyos principales componentes son los siguientes:

#### Soporte físico

##### Equipo electrónico

- Unidad central de procesamiento
- Monitor y teclado
- Controlador programable

##### Equipo eléctrico y mecánico

- Transformador
- Servomotor
- Instrumentos de medición

#### Soporte lógico

##### Para las herramientas

- Motor
- Controlador de ejes múltiples

##### Para los equipos periféricos

- Control de secuencias
- Interfaz
- Soportes lógicos específicos
- Gráficos
- Control numérico

De todos estos elementos deben existir en el país capacitación suficiente para comprenderlos y usarlos y proveedores nacionales o extranjeros que garanticen su calidad y eficiencia.

#### 4.- Servicios de Preventa y Postventa.

Para la difusión en el uso de estas tecnologías de avanzada es indispensable para los usuarios disponer de servicios de preventa de parte de los fabricantes. Mediante estos servicios se podrán identificar las ventajas del uso del control numérico frente a las máquinas convencionales. Además, considerando que el inicio en el uso de MHCN puede ser complejo, es necesario que los usuarios cuenten con servicios de postventa que los orienten en el manejo de los equipos que han adquirido de manera de obtener de ellos el máximo provecho. Todo lo referente a la mantención de las MHCN debe ser asumido en la garantía que de el fabricante como parte de este servicio de postventa.

Cualquier fabricante que inicie la producción de estas máquinas herramientas debe tener muy presente la exigencia de ambos servicios que le harán sus compradores.

## ANEXO

## LOS PROCESOS BASICOS METALMECANICOS

## 1.- FUNDICION.

## 1.1.- FUNDICION DE HIERRO

- 1.1.1.- Fundición gris
- 1.1.2.- Fundición blanca
- 1.1.3.- Fundición maleable
- 1.1.4.- Fundición aleada
- 1.1.5.- Fundición nodular
- 1.1.6.- Otras fundiciones

## 1.2.- FUNDICION DE ACERO

- 1.2.1.- Aceros al carbono
- 1.2.2.- Aceros aleados
- 1.2.3.- Aceros inoxidables

## 1.3.- FUNDICION DE ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

- 1.3.1.- Fundición de aluminio
- 1.3.2.- Fund. de aleaciones de Al y Cu
- 1.3.3.- Fund. de aleaciones de Al. y Si
- 1.3.4.- Fund. de aleaciones Al al Cu-Si
- 1.3.5.- Fund. de aleaciones de Al al Mg
- 1.3.6.- Fund. de aleaciones Al al Cu-Mg-Ti

## 1.4.- FUNDICION DE COBRE Y SUS ALEACIONES

- 1.4.1.- Fund. de cobre
- 1.4.2.- Fund. de bronce al estaño
- 1.4.3.- Fund. de bronce al aluminio
- 1.4.4.- Fund. de bronce especiales
- 1.4.5.- Fund. de latones
- 1.4.6.- Fund. de latones especiales

## 1.5.- FUNDICION DE ZINC Y SUS ALEACIONES

- 1.5.1.- Zinc
- 1.5.2.- Zamac

## 1.6.- FUNDICION DE OTROS METALES

- 1.6.1.- Fund. de magnesio
- 1.6.2.- Fund. de titanio
- 1.6.3.- Otras fundiciones

**1.7.- MOLDEO**

- 1.7.1.- Moldeo a mano
- 1.7.2.- Moldeo mecánico
- 1.7.3.- Moldeo en coquilla metálica
- 1.7.4.- Moldeo en cáscara
- 1.7.5.- Moldeo a la cera perdida
- 1.7.6.- Moldeo por gravedad
- 1.7.7.- Moldeo por centrifugación

**2.- MECANIZADO SIN ARRANQUE DE VIRUTA.****2.1.- SINTERIZACION**

- 2.1.1.- Metales refractarios
- 2.1.2.- Sinterizado

**2.2.- FORJA EN CALIENTE**

- 2.2.1.- Forja libre
- 2.2.2.- Forja por estampación en caliente

**2.3.- FORJA EN FRIO****2.4.- ESTAMPACION**

- 2.4.1.- Estampación en frío
- 2.4.2.- Embutición

**2.5.- REPUJADO**

- 2.5.1.- Manual
- 2.5.2.- Mecánico

**2.6.- CONFORMACION DE TUBO**

- 2.6.1.- Doblado
- 2.6.2.- Conformado

**2.7.- CONFORMACION DE CHAPA**

- 2.7.1.- Curvado
- 2.7.2.- Laminación en frío

**2.8.- EXTRUSION**

- 2.8.1.- De perfiles
- 2.8.2.- Barras

**2.9.- TREFILADO**

**2.10.- CONFORMADO DE ALAMBRE****2.10.1.- Fabricación muelles****2.11.- PUNZONADO****2.11.1.- Manual****2.11.2.- Programado****2.12.- CIZALLADO****2.12.1.- De chapas****2.12.2.- De perfiles****2.13.- SOLDADURA****2.13.1.- Soldadura al arco****2.13.2.- Soldadura oxi-acetilénica****2.13.3.- Soldaduras especiales****2.14.- OXICORTE****2.14.1.- Manual****2.14.2.- Seguimiento óptico****2.14.3.- Con plasma****2.15.- CALDERERIA****2.15.1.- Gruesa****2.15.2.- Media****2.15.3.- Fina****3.- MECANIZADO DE PIEZAS CON ARRANQUE DE VIRUTAS****3.1.- ASERRADO TRONZADO****3.1.1.- Sierra alternativa****3.1.2.- Cinta horizontal****3.1.3.- Cinta vertical****3.1.4.- Tronzado con sierra circular****3.1.5.- Tronzado con disco abrasivo****3.2.- CEPILLADO - LIMADO****3.3.- TORNEADO****3.3.1.- Torneado en torno paralelo****3.3.2.- Torneado en torno revólver****3.3.3.- Torneado en torno automático de barra****3.3.4.- Torneado en automático de plato****3.3.5.- Torneado en torno vertical****3.3.6.- Torneado en torno C.N.C.**

**3.4.- FRESADO**

- 3.4.1.- Fresado universal
- 3.4.2.- Fresado horizontal
- 3.4.3.- Fresado vertical
- 3.4.4.- Fresado con C.N.C.

**3.5.- MANDRINADO**

- 3.5.1.- Mandrinado horizontal
- 3.5.2.- Mandrinado vertical
- 3.5.3.- Mandrinado con C.N.C.

**3.6.- TALADRADO**

- 3.6.1.- Taladrado en taladro de sobremesa
- 3.6.2.- Taladrado en taladro de columna
- 3.6.3.- Taladrado en taladro radial
- 3.6.4.- Taladrado en taladro radial con CN

**3.7.- TALLADO DE ENGRANAJES**

- 3.7.1.- Engranajes cilíndricos
- 3.7.2.- Engranajes cónicos
- 3.7.3.- Engranajes helicoidales
- 3.7.4.- Engranajes cilíndricos interiores

**3.8.- MORTAJADO****3.9.- ROSCADO**

- 3.9.1.- Interior
- 3.9.2.- Exterior
- 3.9.3.- Roscado por laminación

**3.10.- RECTIFICADO**

- 3.10.1.- De superficies planas
- 3.10.2.- De superficies cilíndricas y cónicas
- 3.10.3.- Sin centros
- 3.10.4.- De roscas
- 3.10.5.- De engranajes

**3.11.- CENTROS DE MECANIZADO****3.12.- MAQUINAS TRANSFER****3.13.- MECANICA DE PRECISION****3.14.- MICROMECANICA****3.15.- ELECTRO-EROSION**

**4.- TRATAMIENTOS TERMICOS**

4.1.- RECOCIDO

4.2.- REVENIDO

4.3.- TEMPLE

4.3.1.- Temple en atmósfera controlada

4.3.2.- Temple por inducción

4.4.- TRATAMIENTOS TERMOQUIMICOS

4.4.1.- Cementación

4.4.2.- Nitruración

4.4.3.- Carbonitruración

**5.- RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES**

5.1.- PREPARACION DE SUPERFICIES

5.2.- TRATAMIENTOS ELECTROQUIMICOS

5.3.- RECUBRIMIENTOS METALICOS

5.3.1.- Cobrizado

5.3.2.- Niquelado

5.3.3.- Cromado

5.3.4.- Galvanizado

5.4.- RECUBRIMIENTOS NO METALICOS

5.4.1.- Pintura

5.4.2.- Esmaltado

5.4.3.- Plastificado

5.5.- REVESTIMIENTOS POR PROYECCION

**6.- MOLDES, MODELOS MATRICES Y TROQUELES**

6.1.- MOLDES

6.1.1.- Para inyección de plásticos

6.1.2.- Para metales no férricos

6.1.3.- Electroformados

6.2.- MODELOS

6.2.1.- De madera

6.2.2.- De poliestireno

6.2.3.- De otras resinas

6.2.4.- Placas modelo metálicas

6.2.5.- Originales en resinas expóxicas y otras resinas.

**6.3.- MATRICES**

- 6.3.1.- Convencionales
- 6.3.2.- Transfer
- 6.3.3.- Progresivos
- 6.3.4.- De corte

\*